



MEMORIAS

*Durango, Durango
Septiembre 2023*

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tomo 1



COMITÉ CIENTÍFICO

– *Coordinadora general*

Dra. Esperanza Herrera Torres

– *Colaboradores*

Dr. Erikson Basave Villalobos

Dr. Gerardo Pámanes Carrasco

Dr. Jaime Herrera Gamboa

Dr. Manuel Armando Salazar Borunda

Dr. Martín Emilio Pereda Solís

Dr. Rafael Jiménez Ocampo

Dra. Abbi Ortiz Sánchez

Dra. Cinthya Adriana Nava Berumen

Dra. Elia Esther Araiza Rosales

Dr. Daniel Sierra Franco

MC. Pablo Domínguez

Compiladores

Dr. Manuel Armando Salazar Borunda

Dr. Martín Emilio Pereda Solís

MVZ. Andres Saucedo Rentería



Este tomo I comprende los resúmenes de las presentaciones orales y carteles de la mesa de trabajo denominada “*Producción Animal Sustentable*”, llevada a cabo en el marco del XII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. (SOMMAP), realizado del 27 al 29 de septiembre de 2023 en Durango, México. Los trabajos se reproducen tal como fueron aceptados por el Comité Científico del Congreso. Los autores de cada trabajo son responsables de su contenido.

PRODUCCIÓN ANIMAL SUSTENTABLE



XII CONGRESO INTERNACIONAL
DE MANEJO DE PASTIZALES

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE <i>ATRIPLEX CANESCENS</i> DESARROLLADA EN DIFERENTES AMBIENTES CON SOBREEXPOSICIÓN DE CO₂	1
Luis Cuauhtemoc Muñoz-Salas ¹ , Federico Villarreal-Guerrero ² , Héctor Gutiérrez-Bañuelos ¹ , Daniel García-Cervantes ¹ , Francisco J. Gutiérrez-Piña ¹ Alberto Muro-Reyes ¹ , Alejandro Espinoza-Canales ^{1*}	
ALTERACIONES ERITROCITARIAS EN ANATIDOS DE DOS HUMEDALES DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO	
Andres Saucedo Rentería ¹ , Manuel Armando Salazar Borunda ^{2*} , José Hugo Martínez Guerrero ² , Luis Antonio Tarango Arámbula ³ , Martín Emilio Pereda Solís ² , Pablito Marcelo López Serrano ⁴	6
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE <i>DIGITARIA ERIANTHA</i> STEUD CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES DE SIEMBRA	
Anadelia Antonio-Medina ¹ , Sergio Iban Mendoza-Pedroza ^{*1} , Eusebio Ortega-Jiménez ² , Javier Francisco Enríquez-Quiroz ³ , José Guadalupe Herrera-Haro ¹ , Glafiro Torres-Hernández ¹ , Aurelio Morales-Rivera ⁴ , Eliseo Sosa-Montes ⁵ , Benito Bello Olivera ¹	11
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS <i>IN VITRO</i> DE ARBOREAS DEL NORTE DE MÉXICO	
Araiza-Ponce Karina ^{1*} , Murillo-Ortiz Manuel ² , Cervantes-Guerrero Maribel ² , Bujdud-León Aixa ¹	17
ESTIMACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE TRES RANCHOS PRODUCTORES DE CARNE EN EL SISTEMA VACA-CRÍA	
Eduardo Daniel Bolaños Aguilar ^{1*} , Delcer Guadalupe Ruíz Pérez ² , Pedro Pablo Vidal Rodríguez ² , Gabriel Carina Zurita Valencia ²	22
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE DIETAS PARA GANADO BOVINO A BASE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE <i>CANNABIS SPP.</i>	
Claudia Moreno Ramírez ^{1*} , Elia Esther Araiza Rosales ² , Esperanza Herrera Torres ³ , Gerardo Antonio Pámanes Carrasco ⁴ , Manuel Murillo Ortiz ⁵ y Damián Reyes Jáquez ⁶	27
COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE VERANO DE UNA POBLACIÓN REINTRODUCIDA DE BISONTE AMERICANO (<i>Bison bison</i> L.) EN COAHUILA, MÉXICO	
Fernando Alejandro Galavíz Alvarado ¹ , Francisco Cruz García ^{1*} , Genaro Esteban García Mosqueda ¹ , Héctor Darío González López ¹ , José Isidro Uvalle Saucedo ²	32
ACTIVACIÓN GENICA DE TRANSPORTE REGULADA POR SELENIO EN OVARIO DE OVEJAS	
Erick Ramón Guzmán Landeros ¹ , Leonor Miranda Jiménez ^{1*} , Adrián Raymundo Quero Carrillo ¹ , Ma. Monserrat López Velázquez ¹	38
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE BIOMASA RESIDUAL PRODUCIDA DURANTE LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS ALCOHOLICAS EN LA REGIÓN, COMO INGREDIENTE DIETARIO EN RUMIANTES	

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Fanny Olivia Reveles Saucedo ^{1*} , Luis Leonardo Calleros Cabada ¹ , Maribel Guerrero Cervantes ¹ , Mayela Patricia Gallegos De La Hoya ¹	41
EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ADN GENÓMICO DE HOJAS DE <i>Lotus corniculatus</i> PARA SECUENCIACION MASIVA	
Areli Fabiola Gutiérrez Arenas ¹ , Sergio Iban Mendoza Pedroza ¹ , Gabino García de los Santos ¹ , Said Cadena Villegas ¹ , Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca ¹ , Miguel Jorge García Winder ² , David Hernández Sánchez ¹ , Itzel López Ramírez ³ , Jorge Armando Villarreal González ¹ , Martha Hernández Rodríguez ^{1*}	45
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y PROTEÍNA CRUDA DE ECOTIPOS DE PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>) EN ESTADO VEGETATIVO	
Karla Esther Gutiérrez Acevedo ¹ , Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez ^{2*} , Alan Álvarez Holguín ³	50
CARACTERIZACIÓN PARTICIPATIVA DEL USO ADAPTATIVO DE TERRITORIOS PASTORILES AFECTADOS POR DEGRADACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO	
Andrea V. Guzmán Miranda ¹ , Roberto I. Márquez Hernández ² , Elisabeth Huber-Sannwald ^{1*} , Natalia Martínez Tagüeña ¹ , Claudia Lorena Lauterio Martínez ¹ , Ziadany Mayoral Solís ¹ , Juan Hernández Medrano ³ , Gloria Sánchez ⁴ , Sandra Lázaro ⁴ , Gregorio Martínez ⁴ , Javier González ⁴ , José López ⁴ , Abraham de León ⁴ , Gonzalo González ⁴ , Miguel López ⁴ , Ramon Cedillo ⁴ , Rafael Peña ⁴ , Abelardo Guadiana ⁴ , Margarita ⁴ , Mariana Moreno ⁴ , Benito Sánchez ⁴ , María Sánchez ⁴ , Ismael Mares ⁴ , José Carranza ⁴ , Eulalio Galván ⁴ , Jovita España ⁴ , Bernardino Galván ⁴ , José Flores ⁴	54
CÓMO CALCULAR EL VALOR ECONÓMICO DE LOS NUTRIENTES, FORRAJES Y CULTIVOS FORRAJEROS	
Carlos Urban Häubi Segura ^{1*}	60
EVOLUCIÓN PRODUCTIVA 2018-2019 vs 2022-2023 DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAPRINO EN ESTABULACIÓN EN MAPIMI, DURANGO, MÉXICO	
Gonzalo Hernández Ibarra ^{1*} y Miguel Ángel Mata Espinosa ¹	66
LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO DE NOPAL FORRAJERO CON <i>KLUYVEROMYCES MARXIANUS</i> REDUCE LA PRODUCCIÓN DE METANO RUMINAL <i>IN VITRO</i>	
Esperanza Herrera-Torres ^{1*} , Esther Araiza-Rosales ² , y Gerardo Pámanes-Carrasco ³	71
POTENCIAL <i>in vitro</i> DE LOS ACEITES ESENCIALES DE CÍTRICOS PARA LA MITIGACIÓN DE METANO ENTÉRICO	
Rafael Jiménez Ocampo ^{1*} , Esperanza Herrera Torres ² , Jorge Alonso Maldonado Jaquez ³ , Pablo Alfredo Domínguez Martínez ¹ , Francisco Javier Pastor López ³ , Jacobo Arango ⁴ , Juan Carlos Ku Vera ⁵	76
ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA MORTALIDAD DE LARVAS DE <i>Rhipicephalus microplus</i> CON APLICACIÓN DE UN HONGO ENTOMOPATÓGENO PROTEGIDO	
Leonor Miranda Jiménez ^{1,2*} , Adrián R. Quero Carrillo ^{1,2} , Raquel Alatorre Rosas ¹ , Nancy Olivia Munivez Castro ¹	81
RENDIMIENTO DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILADOS DE SORGO EN CONDICIONES SUBTROPICALES	

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Fernando Lucio Ruiz¹, Ulises Aranda Lara², Jonathan Raúl Garay Martínez³, Juan Eduardo Godina Rodríguez¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*} 86

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE SISTEMAS CAPRINOS EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DE ZACATECAS, MÉXICO

Diana Luna-Coronel¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1 *}, Blanca Isabel Sánchez -Toledano², Jorge A. Zegbe-Domínguez³, Daniel García-Cervantes¹, Alberto Muro-Reyes¹ 91

IMPACTO DEL PASTOREO DE GANADO BOVINO SOBRE VARIABLES ECOLÓGICAS DEL SUELO EN UN BOSQUE ENCINO-PINO

Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Carlos Raúl Morales Nieto^{1*}, Raúl Corrales Lerma¹, Federico Villarreal Guerrero¹, Alfredo Pinedo Álvarez¹, José Humberto vega Mares¹, Nelson Guadalupe Aguilar Palma¹ 96

VALOR NUTRICIONAL DE PELLETS A PARTIR DE HUESO DE MANGO COMO ALIMENTO PARA GANADO

Cynthia Adriana Nava Berumen^{1,2}, Artemio Carrillo Parra², Rigoberto Rosales Serna³, Gerardo Antonio Pámanes Carrasco⁴ 101

VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJE DE AVENA (*Avena sativa*) CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN

Cynthia Adriana Nava Berumen¹, Sonia Valdez Ortega², Ixchel Abby Ortiz Sánchez², Anjuly Sánchez Velazquez², Oscar Gilberto Alaniz Villanueva² y Rigoberto Rosales Serna³ 105

DIGESTIBILIDAD Y PROTEÍNA CRUDA DE OCHO ECOTIPOS DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA

Arlet Michel Nieto Mauricio¹, Ricardo A. Sánchez Gutiérrez^{2*}, Alan Álvarez Holguín^{3,4}, Jesús Manuel Ochoa Rivero³ 109

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS NUTRICIONALES DE ENSILAJE EN SORGO (*Sorghum X Drummondii*) Y MAÍZ (*Zea mays*) INOCULADOS CON DIFERENTES ADITIVOS

Damary Nataly Ruiz Ibarra¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Daniel García-Cervantes¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹ Alberto Muro-Reyes¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*} 113

ESTIMACION DE CARBONO DEL SUELO CON EL MODELO CARBONPAST EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, Héctor Ramírez Garduño¹ 119

EVALUACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO EXTRUDIDO PARA GANADO BOVINO EMPLEANDO SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA MEZCALERA

Sarai Maya Paura¹, Elia Esther Araiza Rosales², Jorge Iñaki Gamero Barraza¹, Hiram Medrano Roldán¹, Damián Reyes Jáquez^{1*} 123

MONITOREO DEL PASTOREO EXTENSIVO DEL GANADO CHAROLÁIS MEDIANTE EL USO DE COLLARES GPS

Juan Emmanuel Segura Carmona¹, Hugo Bernal Barragán^{1*}, Nydia Corina Vásquez Aguilar¹, Jesús Guadalupe Delgado Torres¹ 128

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

EVALUACIÓN DE UNA FORMULACIÓN PELETIZADA CON LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS COMO SUPLEMENTO PARA RUMIANTES

Diana Sofía Torres Velázquez¹, Jesús Bernardo Páez Lerma³, Damián Reyes Jáquez³, Gerardo Pámanes Carrasco⁴, Karina Araiza Ponce², Manuel Murillo Ortiz^{2*}134

PLUMAS DE CERCETA ALAS VERDES (*Anas crecca*): INDICADORAS DE CONTAMINACIÓN POR METALES EN EL AMBIENTE

Andrea Vargas Duarte¹, Martín E. Pereda Solís^{1*}, Manuel A. Salazar Borunda¹, Genaro Olmos Oropeza², Daniel Sierra Franco¹139

SUPLEMENTACIÓN EN BECERROS POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO SUBHÚMEDO

Joel Ventura Ríos^{1*}, Karina Abigail Quiñones Cortes¹, Mario Alberto Santiago Ortega², María Fernanda Martínez Hernández³144

INCLUSIÓN DE EXTRUDIDOS DE FOLLAJE DE AJO EN LA PRODUCCIÓN DE GAS Y LA FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO*

Elizabeth Yazmin García Piña¹, Gerardo Pámanes Carrasco², Esperanza Herrera Torres³, Manuel Murillo Ortiz⁴ y Francisco Oscar Carrete Carreón⁵149

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE VARADULCE (*EYSENHARDTIA POLYSTACHYA*) CON POTENCIAL FORRAJERO PARA RUMIANTES DEL SEMIDESIERTO ZACATECANO EN CUATRO ESTACIONES DEL AÑO

Pedro Velázquez-Gómez¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}, Daniel García-Cervantes¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Luis Humberto Díaz-García¹, Daniel Rodríguez Tenorio¹154

PRODUCCIÓN DE GAS Y NITRÓGENO MICROBIANO *IN VITRO* DE ESPECIES NATIVAS DEL NORTE DE MÉXICO

Bujdud-León Aixa Najla^{1*}, Guerrero- Cervantes Maribel², Murillo-Ortiz Manuel², Araiza- Ponce Karina¹158

EFFECTO DEL BIOL EN LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE TRES VARIEDADES DE MAÍZ FORRAJERO

Juan Manuel Cuevas Solís¹, Carlos Meza López^{1*}, Rómulo Bañuelos Valenzuela¹, Francisco Guadalupe Echavarría Chairez³, Lucía Delgadillo Ruiz², Ramón Gutiérrez Luna³, Daniel Rodríguez Tenorio¹163

IDENTIFICACION DE LEVADURAS NATIVAS DE NOPAL DURAZNILLO (*Opuntia leucotricha*), PARA SU APROVECHAMIENTO BIOTECNOLOGICO

Raúl Alejandro Cuevas-Jacquez^{1*}, Elia Esther Araiza-Rosales², Luis Manuel Valenzuela-Nuñez³, Esperanza Herrera-Torres⁴, Gerardo Antonio Pámanes-Carrasco⁵, Francisco Oscar Carrete-Carreón⁶168

EVALUACIÓN DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE PELETS ADICIONADOS CON *Acacia farnesiana*

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Emmely Pamela Dimas Villalobos ¹ , Damián Reyes Jáquez ^{1*} , Elia Esther Araiza Rosales ³ , Hiram Medrano Roldán ¹ , Francisco Oscar Carrete Carreón ³ , Diana Sofía Torres Velázquez ² , Jesús Bernardo Páez Lerma ¹	172
EVALUACIÓN FINANCIERA DEL BAGAZO DE AGAVE MEZCALERO (<i>Agave durangensis</i>) COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS	
Jessica Lizeth Gómez Vargas ¹ , Oscar Gilberto Alaniz Villanueva ^{1*} , Jaime Herrera Gamboa ¹ , Oscar Silva Marrufo ¹	178
ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL DE UN ÁREA DE PASTIZAL EXCLUIDO AL PASTOREO DENTRO DEL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS	
Alfredo Martínez-Salazar ¹ , Amaury Esquivel-Romo ¹ , Arturo Bustamante-Andrade ¹ , María Esther Ríos-Vega ¹ , Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán ^{1*}	183
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILADO DE DOS CULTIVARES DE SORGO FORRAJERO	
Francisco Muñoz López ^{1*} , Perpetuo Álvarez Vázquez ² , Leopoldo Pérez Rojas ² , Antonio Flores Naveda ² , María Julia García ² , Josué García Lopez ²	188
INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL <i>in-vitro</i> DE RASTROJO DE MAÍZ TRATADO CON TRES ESPECIES DE <i>Pleurotus</i>	
Ulises Oltehua Cruz ^{1*} , José Guadalupe Martínez Martínez ¹ , Luis Alberto Miranda Romero ¹	198
AUMENTO DE PROTEÍNA EN GRANOS DE MAÍZ MEDIANTE LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO CON <i>Aspergillus oryzae</i>	
Faviola Ortiz Robledo ^{1*} , Gerardo Antonio Pámanes Carrasco ¹ , Carlota Jurado Marrufo ² , Elia Esther Araiza Rosales ³ , Rosa Bertha Rubio Graciano ²	203

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE *ATRIPLEX CANESCENS* DESARROLLADA EN DIFERENTES AMBIENTES CON SOBREEXPOSICIÓN DE CO₂ NUTRIMENTAL COMPOSITION OF *ATRIPLEX CANESCENS* DEVELOPED IN DIFFERENT ENVIRONMENTS WITH CO₂ OVEREXPOSURE

Luis Cuauhtemoc Muñoz-Salas¹, Federico Villarreal-Guerrero², Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Daniel García-Cervantes¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

²Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor por correspondencia: alejandroespinoza@uaz.edu.mx

RESUMEN

El CO₂, ha captado gran atención porque se considera como la principal fuente de lo que se le conoce como efecto invernadero (GEI) al tener mayor importancia debido a la su concentración con respecto a los demás gases. Para el año 2150, se prevén cinco distintos escenarios climáticos, el medianamente adverso contempla un aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera de hasta 950 ppm, y el más adverso de hasta 1,737 ppm. En un invernadero de tamaño comercial, se instalaron tres estructuras de invernadero a escala. Cada uno represento un tratamiento, que consistió en mantener un nivel determinado de concentración de CO₂ en su atmósfera interior (ambiente 1, 2 y 3 con concentraciones de CO₂ de 380, 800 y 1200 ppm respectivamente, y en donde se establecieron plantas de la arbustiva forrajera *Atriplex canescens*. Se tomaron muestras vegetativas de cada planta en dos épocas diferentes del año a las que se les determinó el perfil químico se realizando los métodos del AOAC. Existe diferencia y tendencia numérica hacia aumentar su concentración de proteína cruda durante el mes de mayo (13.64, 11.33 y 10.97 % en Ambientes 1, 2 y 3 respectivamente. La FND aumenta su concentración cuanto más CO₂ ambiental existe y se mantiene en valores superiores durante el mes de noviembre.

Palabras clave: CO₂, proteína, FND, FAD, invernadero, ambiente.

ABSTRACT

CO₂ has attracted great attention because it is considered the main source of what is known as the greenhouse effect (GHG) as it is more important due to its concentration compared to other gases. For the year 2150, five different climate scenarios are forecast, the moderately adverse scenario contemplates an increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere of up to 950 ppm, and the most adverse of up to 1,737 ppm. In a commercial size greenhouse, three scale greenhouse structures were installed. Each one represented a treatment, which consisted of maintaining a certain level of CO₂ concentration in its interior atmosphere (environment 1, 2 and 3 with CO₂ concentrations of 380, 800 and 1200 ppm respectively, and where shrubby plants were established. forage *A. canescens*. Vegetative samples were taken from each plant at two different times of the year for which the chemical profile was determined using the AOAC methods. There is a difference and numerical trend towards increasing its crude protein concentration during the month of May (13.64, 11.33 and 10.97% in Environments 1, 2 and 3 respectively. The FND increases its concentration the more ambient CO₂ exists and remains at higher values during the month of November.

Keywords: CO₂, protein, FND, FAD, greenhouse, environment.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas han contribuido de forma notoria al incremento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), entre ellos el dióxido de carbono (CO₂), en la atmósfera. En el caso del CO₂, éste ha captado gran atención porque se considera como la principal fuente de lo que se le conoce como efecto invernadero (Marjanovic *et al.*, 2016). El CO₂ es uno de los GEI con mayor importancia debido a la su concentración con respecto a los demás gases. Para el año 2150, se prevén cinco distintos escenarios climáticos. De ellos, el medianamente adverso contempla un aumento en la concentración de CO₂ en la atmósfera de hasta 950 ppm. Mientras tanto, el más adverso de los escenarios proyecta un aumento en la concentración de CO₂ de hasta 1,737 ppm (Meinshausen *et al.*, 2020). El CO₂ y la alta temperatura son variables que están produciendo el cambio climático, a la vez que son parámetros importantes que afectan el crecimiento y la fisiología en muchas especies de plantas. Como consecuencia de ellas, también se está alterando la estructura y la distribución agrícola y de los ecosistemas naturales, lo cual, en estos últimos, modifica su función de vertederos de carbono. Las altas concentraciones de CO₂ afectan directamente y, en general positivamente, el metabolismo del carbono (Yepes y Buckeridge, 2011).

Las plantas C₄ muestran mayores tasas de fotosíntesis en condiciones áridas con altas temperaturas. Éstas pudieran adaptarse más al cambio climático que las plantas con ruta fotosintética C₃ (Sague y Kubien, 2007). Sin embargo, el conocimiento sobre las respuestas de las plantas C₄ ante el cambio climático, específicamente ante concentraciones elevadas de CO₂, es limitado y los pocos estudios llevados a cabo a la fecha reportan hallazgos contradictorios (Reddy *et al.*, 2010). Con base en lo anterior, Maxwell y Johnson (2000) comentan que existe incertidumbre si algunas de las especies forrajeras seguirán siendo una fuente disponible de alimento para el ganado. Existen estudios previos que demuestran la factibilidad de reproducir escenarios del cambio climático en cámaras climáticas o invernaderos (Morales *et al.*, 2014). El sistema de cámara es adecuado para cultivar una amplia gama de tamaños de plantas, en un sistema con sensores calibrados, capaz de mantener los objetivos establecidos de temperatura y concentración de CO₂ proporcionando un medio relativamente fiable y estable para estudiar las respuestas a largo plazo de las plantas al cambio ambiente (Zhou *et al.*, 2012).

Los arbustos nativos del Desierto Chihuahuense son de importancia ganadería para la región por a su buena calidad, desde el punto de vista forrajero, así como por su amplia distribución. Entre estas especies de arbustos nativos se encuentran la costilla de vaca (*Atriplex canescens*), que se considera como una alternativa para mejorar el estado nutricional del ganado en pastoreo, especialmente, en la época de estiaje e invierno y en periodos críticos para evitar la mortalidad de los animales por falta de alimento (Kronberg, 2015). Además, es la especie nativa forrajera de mayor importancia en las zonas semiáridas de Norteamérica; dadas sus características como alto contenido de proteína cruda en la hoja de 16 - 20 % (Enríquez *et al.*, 2011; Vásquez *et al.*, 2012), altas concentraciones de calcio (Ca), fibra, grasa y nutrimentos digestibles. El contenido de fibra cruda aumenta con la madurez del arbusto, a diferencia de su contenido en proteína que permanece constante durante la mayor parte del año (Romero y Ramírez, 2003).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es evaluar la composición química de la arbustiva costilla de vaca (*A. canescens*) ante escenarios de cambio climático bajo condiciones elevadas de CO₂ dentro de un invernadero.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación. El estudio se desarrolló en invernaderos la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, los cuales están equipados para generar condiciones similares a las de cambio climático con altas concentraciones de CO₂. El estudio de la composición nutrimental se realizó en el laboratorio de metabolismo animal y fisiología ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Establecimiento del experimento. Dentro de un invernadero de tamaño comercial, ubicado en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, se instalaron tres estructuras de invernadero a escala. Estas estructuras ocupan una superficie de 1.5 m² (1.5 x 1.0 m), con diseño tipo capilla y una altura de 1.5 m a la cumbre. Cada uno de los invernaderos a escala representó un tratamiento, el cual consiste en mantener un nivel determinado de concentración de CO₂ en su atmósfera interior. Para el primer tratamiento no se incluyó inyección de CO₂ y se mantuvo a una concentración de CO₂ ambiental (380 ppm). Para el segundo tratamiento o invernadero a escala, la inyección de CO₂ se mantuvo a una concentración aproximada de 800 ppm en su ambiente. En el tercer tratamiento, la inyección de CO₂ se mantuvo a una concentración aproximada de 1200 ppm. El mantenimiento de los niveles de CO₂ dentro del segundo y tercer invernadero a escala se realizó por medio de un sistema de monitoreo y control de la concentración de este gas. Primeramente, el monitoreo de las concentraciones de CO₂ se realizó con una sonda (GMT222, Vaisala Inc. Helsinki, Finlandia; 0-2000 ppm, +/- 1.5 %). Las mediciones de esta sonda sirvieron de base para la toma de decisiones sobre la operación de una válvula solenoide (2W-025-08, CEIV, México; AC 120 V), la cual permitió el ingreso del CO₂ a los invernaderos a escala. El CO₂ se contuvo almacenado en un cilindro de acero industrial con una capacidad de 25 kg de CO₂ (INFRA, México) conectado a un regulador con flujómetro para CO₂ (COR*RF_{CO2}, Cortec-Okila, CDMX, México). Esta configuración fue instalada por duplicado en el segundo y tercer invernadero a escala. La obtención de datos de concentración de CO₂ y el control de las válvulas solenoides, fue posible a través de su conexión a un datalogger (CR1000, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT). El sistema de monitoreo anterior y la lógica de control de CO₂ se configuraron a través de un programa elaborado en la plataforma CRBasic que contiene el software Loggernet (ver. 4.2.1.1, Campbell Scientific, Inc., Logan, UT).

Material vegetativo a evaluar. La especie a evaluar fue la costilla de vaca (*A. canescens*). Esta especie se encuentra distribuida en poblaciones naturales en el Desierto Chihuahuense, incluidas superficies extensas en el estado de Chihuahua. Caracterizada por su alto valor forrajero y su importancia en la dieta del ganado en el sistema de producción extensivo de ganado en la entidad (Vásquez *et al.*, 2012). Semillas de costilla de vaca (*A. canescens*) recolectadas en la región de Villa Coronado Chihuahua, fueron puestas en charolas de germinación, una vez obtenidas las plantas, fueron trasplantadas a macetas con suelo de campo.

Diseño experimental. El diseño experimental fue completamente al azar. Cada unidad experimental fue representada por una planta. Cada invernadero a escala contenía 3 plantas de costilla de vaca (*A. canescens*) colocadas en macetas individuales. Las plantas se pusieron previamente en macetas y fueron llenadas con suelo de campo. La edad de las plantas al momento del inicio del este experimento fue de 56 meses. Durante el periodo de la ejecución del experimento las plantas estuvieron continuamente expuestas a las concentraciones de CO₂ designadas.

Determinación de la composición nutrimental. Se tomaron muestras de follaje de las plantas experimentales y se pesaron en fresco, se deshidrataron a 65°C durante 48h, y por diferencia de peso, se determinó la materia seca. Posteriormente se molieron en un molino con una criba de 1 mm.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

A las muestras se les determinó la cantidad de cenizas (C) incinerándolas a 600 °C en una mufla durante 6 h, y por diferencia entre la materia seca (MS) y la ceniza, se obtuvo la materia orgánica (MO). La proteína cruda (PC) se obtuvo mediante la determinación de nitrógeno total (N) por análisis de combustión de Dumas (Leco FP-528, Leco Corporation, St. Joseph, MI). Las soluciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se llevaron a cabo secuencialmente mediante el análisis de fibras detergentes de Van Soest, utilizando el analizador de fibras Ankom²⁰⁰ (AnkomTechnology).

Análisis estadísticos.

Los datos recabados fueron procesados y analizados en una prueba de análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1, se observa el análisis químico proximal de plantas de *A. canescens* recolectadas en el mes de mayo de 2022, y se muestra que cuanto más aumenta la concentración de CO₂ en el ambiente, el contenido de proteína cruda disminuye, mostrando valores de 13.64, 11.33 y 10.97 % para los ambientes 1, 2 y 3 respectivamente. Valores inferiores a los 17.4 y 17.3 % de proteína cruda reportado por Urrutia *et al.* (2007) y Vázquez *et al.*, (2012) en condiciones de CO₂ ambiental. Y por el contrario, la FND aumentó en 38.48, 43.48 y 44.31% para los ambientes 1, 2 y 3 respectivamente. Valores superiores al 28.32% reportado por Vázquez *et al.*, (2012) en condiciones de CO₂ ambientales. De igual manera, la FAD incrementó 23.06, 24.32 y 26.08% para los ambientes 1, 2 y 3 respectivamente, existiendo diferencias significativas (P>0.05). Valores superiores a los 13.46% reportados por Vázquez *et al.*, (2012). En el cuadro 2, se observa el análisis químico proximal de plantas de *A. canescens* recolectadas en el mes de noviembre de 2022, donde no existe diferencia (P>0.05) a la concentración de CO₂ en el ambiente sobre el porcentaje de proteína cruda, FND y la FAD.

Cuadro 1. Análisis químico proximal de plantas de *A. canescens* desarrolladas en diferentes ambientes con sobreexposición de CO₂ recolectadas en el mes de mayo de 2022

	% CENIZAS	% PROTEÍNA	% FND	%FAD
Ambiente 1 (380 ppm)	19.83	13.64	38.48	23.06
Ambiente 2 (800 ppm)	17.72	11.33	43.91	24.32
Ambiente 3 (1200 ppm)	37.02	10.96	44.31	26.08
Probabilidad	0.35	0.03	0.00	0.01

Cuadro 2. Análisis químico proximal de plantas de *A. canescens* recolectadas en el mes de noviembre de 2022

	% CENIZAS	% PROTEÍNA	% FND	%FAD
Ambiente 1 (380 ppm)	15.41	11.13	64.69	56.08
Ambiente 2 (800 ppm)	20.88	12.78	56.33	49.07
Ambiente 3 (1200 ppm)	18.26	11.47	57.90	45.54
Probabilidad	0.00	0.08	0.08	0.06

CONCLUSIONES

Durante el mes de mayo la concentración de proteína cruda disminuyó en 2.31 % (A2) y 0.37 % (A2), es decir, cuanto mayor concentración de CO₂ hubo en los ambientes. Y en los tres ambientes disminuyó durante el mes de noviembre, sin tener diferencias significativas entre ellos. En ambas épocas, la FND aumentó su concentración cuanto más CO₂ ambiental existió, pero se mantuvo en valores superiores durante el mes de noviembre que durante el mes de mayo.

LITERATURA CITADA

- Enríquez C.; E., M. A. Parra G. y F. Ramírez M. 2011. Producción y valor nutritivo de forraje de Atriplex en un suelo salino. *Biotecnia* 13 (2): 29-34. Doi: 10.18633/bt.v13i2.86.
- Marjanovic, V., M. Milovancevic y I. Mladenovic. 2016. Prediction of GDP growth based on carbon dioxide (CO₂) emissions. *J. CO₂ Util.* 16: 212-217.
- Meinshausen, M., Nicholls, Z. R., Lewis, J., Gidden, M. J., Vogel, E., Freund, M., ... & Wang, R. H. 2020. The shared socio-economic pathway (SSP) greenhouse gas concentrations and their extensions to 2500. *Geoscientific Model Development*, 13(8): 3571-3605.
- Morales, F., Pascual, I., Sánchez-Díaz, M., Aguirreolea, J., Irigoyen, J. J., Goicoechea, N., Antolín, M. C., Oyarzun, M., & Urdiain, A. 2014. Methodological advances: Using greenhouses to simulate climate change scenarios. *Plant Science*, 226: 30-40. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2014.03.018>
- Kronberg, S. L. 2015. Improving cattle nutrition on the Great Plains with shrubs and fecal seeding of fourwing saltbush. *Rangeland Ecology and Management* 68: 285-289. Doi: 10.1016/j.rama.2015.03.003.
- Maxwell, K. y G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence. A practical guide. *J. Exp. Bot.* 51(345):659-668.
- Reddy, A. R., G. K. Rasineni y A. S. Raghavendra. 2010. The impact of global elevated CO₂ concentration on photosynthesis and plant productivity. *Current Science*. 99:46-57.
- Romero P., J. I. y R. G. Ramírez L. 2003. *Atriplex canescens* (Purch, Nutt), como fuente de alimento para zonas áridas. *Ciencia UANL* 6 (1): 85-92. Sague R. F. y D. S. Kubien. 2003. Quo vadis C₄? An ecophysiological perspective on global change and the C₄ plants. *Photosynth. Res.* 77:209-225.
- Sage, R. F., & Kubien, D. S. 2007. The temperature response of C₃ and C₄ photosynthesis. *Plant, cell & environment*, 30(9): 086-1106.
- Urrutia M. J., S. Beltrán-López, C. Loredó-Osti, M. O. Díaz-Gómez y H. G. Gámez-Vázquez. 2007. *Chamizo; Forraje de Calidad en Zonas Semiáridas*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. Folleto técnico 30. San Luis Potosí, México.
- Vásquez, M. S., C. H. Domínguez y R. J. Figueroa. 2012. Nutritional quality of native forage shrubs of south central Chihuahua. En 17th. Wildland Shrub Symposium: Humans in changing landscapes. Las Cruces, New Mexico, U.S.A
- Yepes, A., & Buckeridge, M. S. 2011. Respuestas de las plantas ante los factores ambientales del cambio climático global: Revisión. *Colombia forestal*, 14(2): 13-232.
- Zhou, X., Ge, ZM, Kellomäki, S., Wang, KY, Peltola, H., Martikainen, PJ, ... & Ikonen, R. 2012. Sistema de cámara ambiental multiobjetivo para estudiar las respuestas de las plantas al cambio climático. *Photosynthetica*, 50 (1): 4-34.

ALTERACIONES ERITROCITARIAS EN ANATIDOS DE DOS HUMEDALES DEL ESTADO DE DURANGO, MÉXICO
ERYTHROCYTIC ALTERATIONS IN WATERFOWL SPECIES IN TWO WETLANDS OF THE STATE OF DURANGO, MÉXICO

Andres Saucedo Rentería¹, Manuel Armando Salazar Borunda^{2*}, José Hugo Martínez Guerrero², Luis Antonio Tarango Arámbula³, Martín Emilio Pereda Solís², Pablito Marcelo López Serrano⁴

¹Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Boulevard del Guadiana #501, Ciudad Universitaria, Durango, México. C.P. 34160.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango–El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. México, C.P. 78620.

⁴Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Boulevard del Guadiana #501, Ciudad Universitaria, Durango, México. C.P. 34160.

*Autor por correspondencia: borunda@ujed.mx

RESUMEN

Los anátidos utilizan los humedales mexicanos durante su migración en el invierno. Durante su estadía, estas aves representan un recurso valioso pues aportan servicios ecosistémicos diversos. Asimismo, son organismos sensibles a la contaminación y pueden ser considerados bioindicadores de la salud del ecosistema, especialmente en sitios contaminados por sustancias genotóxicas. El objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia de Eritrocitos Policromáticos (EPC), Eritrocitos con Micronúcleos (EMN) y Eritrocitos con Prolongaciones Nucleares (EPN) en anátidos que invernán en dos humedales de Durango, México. Para ello, se analizó microscópicamente la sangre periférica de cuatro especies de anátidos. Las frecuencias se detectaron en cercetas de alas azules (*Spatula discors*, n = 33, EPC = 35.1, EMN = 0.06, EPN = 3.09), alas verdes (*Anas crecca*, n = 31, EPC = 25.3, EMN = 0.12, EPN = 2.20), pato cucharón nortero (*S. clypeata*, n = 15, EPC = 24.53, EMN = 0.08, EPN = 3.20) y ganso blanco (*Anser caerulescens*, n = 30, EPC = 27.5, EMN = 0.0, EPN = 2.65). Este es el primer estudio que determina la frecuencia de anomalías eritrocitarias en cerceta de alas azules y pato cucharón nortero. Los valores calculados para *A. crecca*, y *A. caerulescens* fueron diferentes a lo reportado en otros estudios.

Palabras clave: Daño genotóxico, *Spatula clypeata*, *Spatula discors*, *Anas crecca*, *Anser caerulescens*, Anormalidad Eritrocitaria.

ABSTRACT

Anatids use Mexican wetlands during their winter migration. During their stay, these birds represent a valuable resource as they provide various ecosystem services. Additionally, they are sensitive organisms to pollution and can be considered bioindicators of ecosystem health, especially in areas contaminated by genotoxic substances. The objective of this study was to determine the frequency of Polychromatic Erythrocytes (PCE), Micronuclei (MN), and Nuclear Extensions (NE) in Anatids that winter in two wetlands in Durango, Mexico. For this purpose, the peripheral blood of four Anatid species was microscopically analyzed. The frequencies were detected in the following species: Blue-winged Teal (*Spatula discors*, n=33, PCE=35.1, MN= .06, NE: 3.09), Green-winged Teal (*Anas crecca*, n=31, PCE=25.3, MN= 0.12, NE: 2.20), Northern Shoveler (*S. clypeata*, n=15, PCE=24.53, MN= .08, NE: 3.20), and Snow Goose (*Anser caerulescens*, n=30, PCE=27.5, MN= 0, NE: 2.65). This is the first study that determines the frequency of erythrocytic abnormalities in Blue-winged Teal and Northern Shoveler. The calculated values for *A. crecca* and *A. caerulescens* were different from those reported in other studies.

Keywords: Genotoxic damage, *Spatula clypeata*, *Spatula discors*, *Anas crecca*, *Anser caerulescens*, erythrocytes abnormality.

INTRODUCCIÓN

Las aves migratorias adquieren sus recursos de ecosistemas diversos. En este numeroso grupo, se incluyen familias, géneros y especies cuya abundancia y distribución varía en todo el mundo (Ramadhani *et al.*, 2022 y Barraquand *et al.*, 2022). En México, las aves acuáticas representan un grupo biológico importante y numeroso durante la época de migración al generar cambios en el paisaje de los humedales intercontinentales (Mera-Ortiz *et al.*, 2016; Güitrón y Huerta, 2018); especialmente en aquellos designados por la Organización de las Naciones Unidas como diversos, extensos e importantes (RAMSAR, 2022).

En estos sitios, las aves que invernan representan un recurso ecológico y económico valioso pues aportan materia orgánica al humedal (Blanco, 1999) y a su vez, pueden ser aprovechadas cinegéticamente y representar a través de las Unidades de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre (UMA; SEMARNAT, 2000), una derrama económica para las comunidades.

El norte de México tiene importancia económica de sus sitios agrícolas, en los cuales se utilizan pesticidas de manera intensa sin un manejo adecuado y termina en sus ecosistemas acuáticos (Covantes, 2014). Las aves son utilizadas como bioindicadores debido a su sensibilidad y su respuesta a contaminantes ambientales como los que son empleados en la producción agrícola (Quero *et al.*, 2015). En este sentido es indispensable poder hacer un monitoreo sobre la salud de esta población por medio de algunos bioindicadores como son los núcleos de los eritrocitos ya que al verse expuesto a algunos contaminantes orgánicos como inorgánicos que pueden llegar a ocasionar genotoxicidad. Los micronúcleos son biomarcadores de efecto y daño genético, generados por exposición a sustancias genotóxicas que actúan a nivel subcelular. El incremento a la presencia de los micronúcleos se cree que es una respuesta al daño cromosómico. Es considerado micronúcleo a todo cuerpo extranuclear formado por material genéticos o de porciones cromosomáticos que no lograron la incorporación dentro del núcleo (Quero *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia de Eritrocitos Policromáticos (EPC), con Micronúcleos (EMN) o con Prolongaciones Nucleares (EPN) en cuatro especies de anátidos que invernan en dos humedales de Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la temporada cinegética 2022-2023, en las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre para el aprovechamiento de aves acuáticas migratorias: “Santiaguillo” (SEMARNAT/UMA/EX/0150–DGO) y “Los Alamos” (SEMARNAT/UMA/EX/0097–DGO; Figura 1).

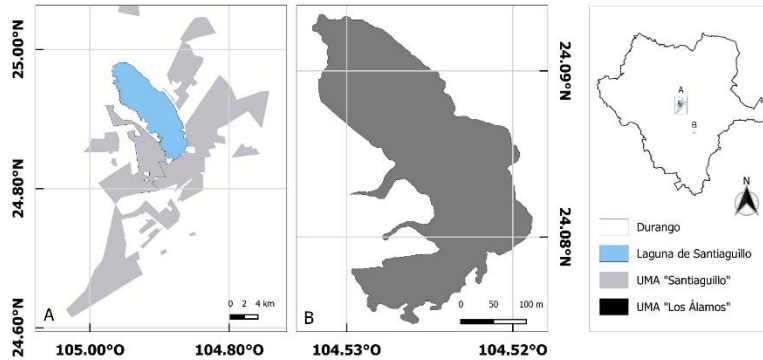


Figura 1. Área de estudio

Se extrajo la sangre de cuatro especies de aves por venopunción de la cava caudal. La sangre se depositó en un tubo capilar (Corning®, 75 mm) y sobre un portaobjeto de vidrio se realizó un extendido sanguíneo. Cada uno se fijó en etanol (80 %, 10 min) y se tiñó con anaranjado de acridina (Sigma–Aldrich®) para distinguir el DNA nuclear verde, de los RNA anaranjados. Posteriormente, se depositaron 50 µl de solución buffer de fosfato a cada extendido sanguíneo para observarlo posteriormente en el microscopio de fluorescencia (Carl Zeiss®, modelo Axiostar plus) bajo el aumento alto húmedo (100 ×). En cada extendido sanguíneo, se calculó el promedio, desviación estándar, máximo y mínimo de Eritrocitos Policromáticos (EPC), Eritrocitos con Micronúcleos (EMN) y Eritrocitos con Prolongaciones Nucleares (EPN).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la temporada cinegética 2022-2023, se colectó la sangre de cercetas de alas azules (*Spatula discors*, n=33), cercetas de alas verdes (*Anas crecca*, n=31), pato cucharón norteño (*S. clypeata*, n=15) y gansos blancos (*Anser caerulescens*, n=30). Las anomalías eritrocitarias por especie se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Frecuencia de anomalías eritrocitarias detectadas en cuatro especies de anátidos, en dos humedales del estado de Durango, México

Especie	EPC/ 1000 ET	EPN/ 10000 ET	EMN/10000 ET
	Mín –Máx	Mín – Máx	Mín – Máx
<i>Spatula discors</i> n=33	35.1 ± 28.4 11–173	3.09 ± 1.8 0–7	0.06 ± 0.24 0–1
<i>Anas crecca</i> n=31	25.3 ± 12.7 7–52	2.2 ± 1.3 0–5	0.12 ± 0.34 0–1
<i>Anser Caerulescens</i> n=30	27.5 ± 11.45 11–53	2.65 ± 1.5 1–5	0.0 ± 0.00 0
<i>Spatula clypeata</i> n=15	24.53 ± 15.48 8–68	3.2 ± 1.2 1–5	0.08 ± 0.44 0

EPC: Eritrocitos policromáticos, EPN: Eritrocitos con prolongaciones nucleares. EMN: Eritrocitos con micronúcleos ET: Eritrocitos totales. Valores promedio ± error estándar de la media

Algunas anomalías eritrocitarias se han utilizado como biomarcadores de daño genotóxico en aves. En este estudio, se detectaron EPC, EMN y EPN en cuatro especies de anátidos. No se observaron EPC con micronúcleos o prolongaciones nucleares. Los EPC, EMN y EPN son alteraciones generadas por cambios en el material genético como respuesta a la exposición a agentes genotóxicos (Martínez *et al.*, 2017).

Los EPC son células inmaduras de citoplasma obscuro y cromatina dispersa. Esta apariencia es generada por la presencia de ARN ribosomal y su presencia puede asociarse a citotoxicidad (Pereda-Solís *et al.*, 2022) o pérdidas sanguíneas (Clark, 2015). En este estudio ésta fue la anomalía que presentó mayores frecuencias en las cuatro especies de anátidos, especialmente en la cerceta de alas azules. Aunque no se logró determinar la existencia de hemorragias o anemias en las aves colectadas, es probable que el ir acompañada de otras lesiones eritrocitarias puedan indicar un daño genotóxico. Esta lesión ha sido detectada en otras especies de anátidos en menor proporción (Martínez *et al.*, 2017).

Los remanentes nucleares redondos observados en los EMN se presentan en individuos expuestos a agentes genotóxicos. Estas sustancias dañan el sistema reticuloendotelial del ave y producen que la presencia de las células viejas o con micronúcleos, aumente en sangre periférica (Torres-Bulgarín *et al.*, 2019). En ese sentido, la eficiencia de este sistema puede ser diferente entre los anátidos de este estudio, su hábitat o comportamiento migratorio (Quero *et al.*, 2016; Torres-Bulgarín *et al.*, 2019). En este estudio, la especie que presentó mayores frecuencias de esta anomalía fue la cerceta de alas verdes y probablemente cuyo sistema reticuloendotelial sea menos eficiente. Otros estudios han detectado frecuencias similares en pájaros antárticos (*Catharacta maccormicki*) y han asociado estas frecuencias a otras variables hemáticas como indicadores de salud de las aves y del estado de conservación del ecosistema (Krusa y Bezrukov, 2017) y probablemente represente una oportunidad para estudios futuros en humedales.

La exposición aguda del ave hacia agentes genotóxicos genera cambios estructurales en la cromatina del eritrocito y genera prolongaciones nucleares (Torres-Bulgarín *et al.*, 2019; Sommer *et al.*, 2020). Se han detectado frecuencias menores de EPN en *A. caerulescens* que migran a los humedales de Durango, México (Martínez *et al.*, 2017).

CONCLUSIÓN

Este estudio detectó frecuencias basales de Eritrocitos Policromáticos, Eritrocitos con Micronúcleos y Eritrocitos con Prolongaciones Nucleares en cercetas de alas azules (*Spatula discors*), cercetas de alas verdes (*Anas crecca*), pato cucharón nortero (*S. clypeata*) y gansos blancos (*Anser caerulescens*) que invernan en dos humedales en Durango, México. Los cambios morfológicos generados en los eritrocitos de las aves que han tenido contacto a sustancias genotóxicas sin duda es un fenómeno complejo que debe ser estudiado a corto, mediano y largo plazo en las especies de aves acuáticas que migran a los humedales de importancia internacional. Se sugiere que su estudio sea acompañado de otros valores hematológicos que puedan indicar la eficiencia del sistema retículo endotelial, la presencia de pérdidas sanguíneas y estimaciones de la edad del ave.

LITERATURA CITADA

- Barraquand, F.; C. Picoche; C. Aluome; L. Carassou; C. Feidné. 2022. Looking for compensation at multiple scales in a wetland bird community. *Ecology and Evolution* 12(6): e8876.
- Blanco, D.E. 1999. Los humedales como hábitat de aves acuáticas en Malvárez 1ª Ed. Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica. Buenos aires Argentina. pp. 219 - 227
- Clark P. 2015. Assessment of avian erythrocytes that exhibit variant nuclear morphology. *Comparative Clinical Pathology*. 24 (3): 485–490. <https://doi.org/10.1007/s00580-014-1926-6>
- Covantes C. 2014. Evaluación de la exposición a plaguicidas organoclorados en el bobo de patas azules (*Sula nebouxi*) y su efecto en biomarcadores hematológicos. Tesis para obtener el grado de maestría. Mazatlán, Sinaloa. México. pp. 20
- Güitrón, M. M. y F.M Huerta. 2018. Nuevos registros de aves acuáticas para el interior del Estado de Jalisco: caso Laguna de Sayula, México. *Acta universitaria*, 28(6): 14–19.
- Krusa, M. y V. Bezrukov. 2007. Health status in an Antarctic top predator: micronuclei frequency and white blood cell differentials in the South Polar Skua (*Catharacta maccormicki*). *Polarforschung* 77(1):15.
- Martínez, M. C.; O. Torres; J. H. Martínez; T.G. Delgado; J.M. Salas; M.E. Pereda. 2017. Relación heterófilo/linfocito, frecuencia espontánea de eritrocitos micronucleados y prolongaciones nucleares en el ganso nevado (*Chen caerulescens*): Una propuesta como posible biomonitor de estrés y genotóxicos ambientales. *Huitzil*, 18(1): 102–111.
- Mera-Ortiz, G.; G. Ruiz-Campos; A. E. Gómez-González; E. Velázquez-Velázquez. 2016. Composición y abundancia estacional de aves acuáticas en tres paisajes de la laguna Mar Muerto, Oaxaca–Chiapas. *Huitzil*, 17(2): 251–261.
- Pereda-Solís M. E.; S. Guillén-González; C. K. Ramírez-Carreño; J.H. Martínez-Guerrero; D. Sierra-Franco; M.A. Salazar-Borunda; O. Torres-Bugarín. 2022. Perfil leucocitario, micronúcleos y prolongaciones nucleares eritrocitarios en gorriones (*Centronyx bairdii* y *Ammodramus savannarum*) del Desierto Chihuahuense durante el invierno. *Agrociencia*, 56(1): 46-60.
- Quero, M.; D. Ferré; A. Zarco; M.J. Tornello; N. Gorla. 2015. Comparación de dos modos de análisis observacional en el ensayo micronúcleos–citoma en eritrocitos de aves. *Revista Jornadas de Investigación – UMaza*: ISSN 2314-2170. Consultado en línea 18/07/2023. <http://repositorio.umaza.edu.ar/bitstream/handle/00261/408/38%20SALUD%20Resumen%20Poster%20Quero%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quero, M.; D. Ferré; A. Zarco; P. Cuervo; N. Gorla. 2016. Erythrocyte micronucleus cytome assay of 17 wild bird species from the central Monte desert, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (24): 25224–25231. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7638-5>.
- Ramadhani, A.; R. Ambarwati; R. Gumilang 2022. Diversity and abundance of water birds in the mangrove area of south coast of Bangkalan, Madura Island, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(6).
- RAMSAR. 2022. The RAMSAR convention secretariates. *UNESCO*. <https://www.ramsar.org/es/humedal/mexico>
- SEMARNAT. 2000. Programa de conservación de la vida silvestre y diversificación productiva en el sector rural. Instituto Nacional de Ecología, México, 1997. Consultado en línea el 18/07/2023. <http://legismex.mty.itesm.mx/progs/pcvs.pdf>
- Torres-Bugarín O; C.S. Carillo-Gómez; J.A. Armijo-Gómez. 2019. Evaluación de genotóxicos ambientales mediante la prueba de micronúcleos en sangre periférica. En *Ecología y salud de la fauna silvestre*. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. Pp. 59–89. ISBN-13:9786075032238.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE *DIGITARIA ERIANTHA* STEUD CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDADES DE SIEMBRA

CHEMICAL COMPOSITION OF *DIGITARIA ERIANTHA* STEUD WITH DIFFERENT DOSES OF FERTILIZATION AND PLANTING DENSITIES

Anadelia Antonio-Medina¹, Sergio Iban Mendoza-Pedroza*¹, Eusebio Ortega-Jiménez², Javier Francisco Enríquez-Quiroz³, José Guadalupe Herrera-Haro¹, Glafiro Torres-Hernández¹, Aurelio Morales-Rivera⁴, Eliseo Sosa-Montes⁵, Benito Bello Olivera¹

¹Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

²Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz C.P. 91700

³Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277.

⁴Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670.

⁵Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, México. CP. 56230.

*Autor por correspondencia: simpedroza@hotmail.com

RESUMEN

Conocer la calidad nutricional de las gramíneas es de suma importancia para determinar su contenido. El objetivo de este estudio, fue evaluar la composición química del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidades de siembra, el experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara; con un diseño de parcelas divididas en arreglo factorial de 3X5, donde parcela grande, densidad de siembra (DS): (DS1= 1500, DS2=2000, DS3=2500) kg ha⁻¹; parcela chica, dosis de fertilización nitrogenada (DFN): (DFN1=0, DFN2=100, DFN3=200, DFN4=300, DFN5=50) kg ha⁻¹. Se tomaron variables de cosecha: peso verde-seco g (PV, PS), materia seca t ha⁻¹(MS), cantidad de pacas 23 k (PACAS), se realizó un análisis proximal: [ceniza (CZ), humedad (Hum), extracto etéreo (EE), proteína cruda (P), fibras detergentes neutro y acida (FDN, FDA), sílice (SI) y lignina detergente ácido (LDA)]. Se efectuó un análisis de varianza, con prueba Tukey ($\alpha < 0.05$), para las medias. Se encontró que para PV, MS, MSHA, PACAS y P, la combinación de la DS3*DFN3, existió mayor contenido de digestibilidad en DS2 y DFN3, para efectos principales, el mejor tratamiento, en densidad de siembra DS3. Se concluye que con una densidad de 2500 kg y una dosis de fertilización nitrogenada de 200 kg ha⁻¹, el pasto Pangola, bajan los contenidos de lignina (1.9 g) e incrementa la proteína cruda (15.9 %) materia verde, seca y mejora la productividad de pacas por ha⁻¹, 432 (23 kg), en la estación de verano.

Palabras clave: análisis proximal, gramíneas, lignina, proteína cruda.

ABSTRACT

Knowing the nutritional quality of pastures is extremely important to determine their content. The objective of this study was to evaluate the chemical composition of Pangola grass (*Digitaria eriantha* Steud) with different doses of nitrogen fertilization and planting densities. The experiment was established at the Juan Rodríguez Clara Higher Technological Institute; with a divided plot

design in a 3X5 factorial arrangement, where a large plot, planting density (DS): (DS1= 1500, DS2=2000, DS3=2500) kg ha⁻¹; small plot, dose of nitrogen fertilization (DFN): (DFN1=0, DFN2=100, DFN3=200, DFN4=300, DFN5=50) kg ha⁻¹. Harvest variables were taken: green-dry weight g (PV, PS), dry matter t ha⁻¹ (DM), number of bales 23 k (PACAS), a proximal analysis was performed: [ashes (CZ), humidity (Hum), ethereal extract (EE), crude protein (P), neutral and acid detergent fibers (NDF, FDA), silica (SI) and acid detergent lignin (LDA)]. An analysis of variance was performed, with the Tukey test ($\alpha < 0.05$), for the means. It was found that for PV, MS, MSHA, PACAS and P, the DS3*DFN3 combination, there was a higher digestibility content in DS2 and DFN3, for main effects, the best treatment, in the sowing density of DS3. It is concluded that with a density of 2500 kg and a nitrogen fertilization dose of 200 kg ha⁻¹, the Pangola grass decreases the lignin content (1.9 g) and increases the crude protein (15.9%), green matter, dries and improves productivity. of bales per ha⁻¹, 432 (23 kg), in the summer season.

Keywords: proximal analysis, grasses, lignin, crude protein.

INTRODUCCIÓN

Digitaria eriantha pangola como comúnmente se conoce, originaria de África, del río Pongola (Tikam *et al.*, 2013), actualmente en México se cultiva en estados como, Campeche, Chiapas, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (Ortega-S *et al.*, 2013), pasto que crece y se desarrolla en precipitaciones de entre 700 y 4,000 mm por año en temperaturas entre 15.9 a 27.8 °C, suelos arenosos y pH de 4.3 a 8.5 (Nyeleti y Mashau, 2020), se siembra material vegetal de 1 a 2 ton ha⁻¹ (1000, 1500 a 2000 kg ha⁻¹) (Guarneros-Altamirano *et al.*, 2000; Enríquez-Quiroz *et al.*, 2011), el consumo puede ser en pastoreo en estaciones de verano, en invierno es consumido en heno por animales rumiantes (Nyeleti y Mashau, 2020). En estaciones de primavera-verano donde la precipitación se incrementa, las gramíneas tienden a depender del agua, radiación solar, para cantidad, calidad de materia seca y digestibilidad, como sucede en otros pastos. Por otro lado, hasta los 40 días, el pasto *Megathyrsus maximus* conserva sus nutrientes, y conforme aumentan los días, existe una disminución de la proteína cruda, aumentos de la fibra detergente neutro, ácida (FDN, FDA) y lignina a los 50 días (Hernández *et al.*, 2020). Por otra parte, al usar fertilizantes nitrogenados con dosis de 50 hasta cantidades de 500 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Marqués *et al.*, 2020), podría existir un cambio en los carbohidratos con un decremento en los niveles de pectina, hemicelulosa, pero no de celulosa, además de mayor producción de biomasa, materia seca, aumentos del valor nutricional y de proteína (Berça *et al.*, 2021). En el presente estudio se espera que al menos una dosis de fertilización nitrogenada tenga diferencia entre las demás, así como la intervención de la densidad de siembra en la producción. Es por ello que evaluar la composición química de pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y densidades de siembra se podrá manifestar el contenido nutricional y su rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara en la temporada de otoño. La institución se ubica en Juan Rodríguez Clara, Veracruz, coordenadas geográficas 18° 00 6.1 LN y 95° 24 1.7 LO, con 133 m, según Köppen modificado por García (2004) el clima es cálido subhúmedo (AW0), temperatura media de 24.5° C, precipitación media anual de 1100 mm, suelo, Cambisol dístico, pH fuertemente ácido (Tosquy-Valle *et al.*, 2020).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Establecimiento de la semilla

Con fecha de siembra, 15 de octubre del 2021, en 432 m² de terreno, se dieron dos pases de rastra, y posteriormente se aplicó, herbicida Picloram+2, 4-D. Variables estimadas, peso verde kilos (PV), materia seca % (MS) y materia seca t ha⁻¹ (MS), pacas (PACAS 23 kg), cenizas (CZ), humedad (Hum), extracto etéreo (EE), proteína cruda (P), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), sílice (SI), lignina detergente ácido (LDA).

Análisis estadístico

Se establece un diseño de parcelas divididas con un arreglo factorial de 3x5 con 3 repeticiones. Parcela grande de 9 x 16 m, densidades de siembra (DS: DS1=1500, DS2=2000, DS3=2500) kg ha⁻¹, parcela chica de 9 x 3.4 m, dosis de fertilización nitrogenada (DFN: DF1=0, DF2=100, DF3=200, DF4=300, DF5=50) kg ha⁻¹. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey; p < 0.05), por medio del paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia estadística) de las variables de respuesta

FV	G L	VARIABLES											
		PV	MS	MSHA	PACA S (23 kg)	CZ	Hu m	EE	PC	FDN	FD A	SI	LDA
REP	2	0.03	19.4	1585773.62	3002.4	0.33	0.19	0.14	0.17	3.52	4.8	1.17	0.1
DS	2	15.19* *	618* *	40431597.6 *	76197 *	13.78 *	1.4	2.9* *	13.79* *	27.2	3.6	22.86* *	2.2**
REP*DS	4	0.28	15.1	777234.7	1449.4	0.76	1.04	0.17	0.68	35.5	6.14	3.06	0.04
DFN	4	0.2	363.5 *	22469266.3 *	42544 *	5.3	2.7	7.6* *	47.93* *	58.6	13.0 2	12.4* *	2.13* *
DS*DFN	8	0.7**	100.7	6317805.6	11945. 6	2.64	2.19	2.4* *	5.44* *	26.07	11.7 2	22.36* *	2.54* *
Error		0.09	52.4	3893673.6	7355.6	1.4	1.27	0.23	0.99	24.07	2.27	1.39	0.07
Total		40.3	4853. 2	321011359. 1	60647 3	109.5	66.5	62.6	289.8	1224. 9	241. 9	322.52	35.6
CV (%)		8	15	31	31	16	19	19	8	7	3	14	15

† Fuente de variación (FV), grados de libertad (GL), peso verde (PV), materia seca (MS), materia seca por hectárea (MSHA), cenizas (CZ), humedad (Hum), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), sílice (SI), lignina detergente ácido (LDA), repetición (REP), densidad de siembra (DS), dosis de fertilización nitrogenada (DFN), Coeficiente de variación (CV). ** Altamente significativo * Significativo, (Tukey, 0.05).

Se puede observar en el Cuadro 1, como existe una diferencia estadística ($\alpha < 0.005$) para PV, P, SI, Lig, para densidades de siembra, por otra parte, cuando se hizo la interacción de DS*DFN tuvo la misma tendencia a excepción EE, se observa como la variación de los datos a través del CV conforme al error en relación con la media se mantienen dentro del margen de confiabilidad de experimentos de campo que va de 3 a 31% (Farias *et al.*, 2013; Shechtman, 2013).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 2. Efecto de las medias en densidades de siembra (DS) y cinco dosis de fertilización nitrogenada (DFN) sobre las variables de respuesta

DS	DFN	PV	MS	MSHA	PACAS	CZ	Hum	EE	PC	FDN	FDA	SI	LDA
DS1	DFN1	3.3 ^{def}	35.3 ^d	3156 ^c	137 ^c	7.4 ^{abc}	5.5	1.8 ^{de}	8.5 ^{fg}	69.4	44.1 ^{ab}	6.9 ^b	1.5 ^{cd}
	DFN2	3.5 ^{def}	46 ^{abcd}	5389 ^b	234 ^{abc}	8.1 ^{abc}	5.1	4.4^a	14 ^{abc}	70.4	42.6 ^b	6.5 ^b	1.5 ^{cd}
	DFN3	3.1 ^{ef}	60 ^{ab}	9081 ^{ab}	395 ^{ab}	6.1 ^{abc}	5.3	2.3 ^{cde}	12.3 ^{cde}	73.2	46.3 ^{ab}	8 ^b	1.8 ^{bcd}
	DFN4	2.5 ^f	39 ^{cd}	3853 ^{bc}	168 ^{bc}	6.9 ^{abc}	6.2	2.9 ^{cd}	14.9 ^{abc}	72.9	45.9 ^{ab}	7.2 ^b	1.2 ^{cde}
	DFN5	3.6 ^{cde}	50.3 ^{abcd}	6518 ^{abc}	283 ^{abc}	7.1 ^{abc}	6.6	3.3 ^{bc}	12.2 ^{cde}	61.8	42.5 ^b	6.7 ^b	1.3 ^{cde}
DS2	DFN3	3.2 ^{ef}	47.6 ^{abcd}	5821 ^{abc}	166 ^{bc}	6.8 ^{abc}	5.1	1.8 ^{de}	15.5 ^{ab}	70.2	49.2^a	8.5 ^b	1.3 ^{cde}
	DFN1	3.3 ^{def}	38.6 ^{cd}	3824 ^{bc}	166 ^{bc}	5.2 ^c	6.6	2.1 ^{cde}	7.5 ^g	72.7	41.2 ^b	7.2 ^b	1.0 ^{de}
	DFN5	3.4 ^{def}	57.3 ^{abc}	8243 ^{abc}	359 ^{abc}	5.7 ^{bc}	5.3	2 ^{cde}	13.9 ^{abcd}	68.6	44.2 ^{ab}	7.4 ^b	1.4 ^{cd}
	DFN4	3.3 ^{ef}	42.6 ^{abcd}	4548 ^{abc}	198 ^{abc}	7.5 ^{abc}	4.6	2.3 ^{cde}	13 ^{bcde}	69.6	44.6 ^{ab}	8.03 ^b	1.8 ^{bcd}
	DFN2	2.8 ^{ef}	40.6 ^{bcd}	4157 ^{bc}	181 ^{bc}	9.5^a	6.0	2.2 ^{cde}	11.2 ^{def}	70.8	45.3 ^{ab}	12.5^a	2.6^a
DS3	DFN4	5.2 ^{ab}	62.3^a	9726^a	423^a	9.3^a	4.5	2 ^{cde}	14.4 ^{abc}	67.5	45.1 ^{ab}	13.8^a	3.6^a
	DFN5	4.3 ^{ab}	55.3 ^{abcd}	7901 ^{abc}	344 ^{abc}	8.4 ^{abc}	7.5	1.3 ^e	14.7 ^{abc}	69.1	45.9 ^{ab}	13.3^a	3.7^a
	DFN1	5.3 ^{ab}	47.3 ^{abcd}	5670 ^{abc}	246 ^{abc}	8.2 ^{abc}	6	1.4 ^e	10.5 ^{ef}	75.5	44.8 ^{ab}	6.0 ^b	0.56 ^e
	DFN3	5.7^a	62.3^a	9939^a	432^a	8.7 ^{ab}	5.7	1.5 ^{de}	15.9^a	73.9	44.2 ^{ab}	6.8 ^b	1.9 ^{bc}
	DFN2	4.6 ^{ab}	57 ^{abc}	8225 ^{abc}	357 ^{abc}	8.8 ^{ab}	7.0	5.5^a	14.3 ^{abc}	74.9	46.1 ^{ab}	7.5 ^b	1.2 ^{cde}

[†] a, b, c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). Peso verde (PV) k, materia seca (MS) g, Materia seca por hectárea (MSHA) t ha⁻¹, Pacas (PACAS) k, ceniza (CZ), humedad (Hum), extracto etéreo (EE), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro (FDN) y acida (FDA) sílice (SI) y lignina detergente ácido (LDA).

Las variables PV, MS, MSHA, PACAS, CZ, EE, P, FDA, SI y LDA, mostraron diferencias estadísticas entre DS y DFN ($p \leq 0.05$). Se sabe que a medida que incrementa la edad de la planta también desarrolla concentración de lignina y disminuye la digestibilidad del forraje por la formación del complejo indigerible lignina-carbohidrato (Braga *et al.*, 2017), por otro lado, con respecto a los contenidos de proteína mejoran durante la época de lluvia además de favorecer la producción de forraje (Hernández *et al.*, 2020). En el Cuadro 2, se observa que densidades de 1500 y 2500 kg de material vegetativo presentan mayores contenidos de lignina, a razón de dosis de fertilización nitrogenada DFN2, DFN4 y DFN5 (100, 300 y 50 kg N ha⁻¹), esto nos indica que está ligado a los contenidos de FDA y FDN, donde FDA tiene que ser menor a FDN, esta última es menos digerible; sin embargo, ayuda a calcular la cantidad de consumo de alimento en un animal; en este mismo cuadro, se observa, como el mayor contenido de FDA (material más digerible) está en densidad de 2000 kg con 200 kg N ha⁻¹ o (DS2 con DFN3) con (49.2%) y menor proporción en densidad de 2000 kg y fertilización cero (DS2 con DFN1) con (41.2%) esto indica que aunque la densidad sea la misma, si no se fertiliza afecta los contenidos de FDA haciendo que exista menos contenido digestible, en cuanto a FDN, no presenta diferencia estadística, sin embargo, se observa que el mayor contenido de fibra no digerible es para una densidad mayor de 2500 kg y fertilización cero (DS3 con DF1) y en menor cantidad en densidad de 1500 kg con fertilización de 50 kg de N Ha⁻¹ (DS1con DFN5) (61.8%), al analizarlo se entiende que en poblaciones altas se tiene que fertilizar, para bajar el contenido no digerible de la planta, por otra parte, si se tiene una población baja, y se fertiliza, se pueden mejorar los contenidos de digestibilidad. Así mismo en mayor población DS3 (2500 kg), con fertilización de 200 kg N ha⁻¹ (DFN3), se obtuvo, contenido bajos de lignina (1.9 g), mejores contenidos de proteína (15.9 %) Gonçalves *et al.*, (2021), mayor productividad para PV (5.7 kg), MS (62.3%), MSHA (9,939 k), PACAS (432), estadísticamente tuvo un efecto similar para DFN4, en variables MS (62.3 %), MSHA (9726 k), PACAS (423), CZ;

sin embargo, fueron los que presentaron mayores contenidos de lignina detergente ácida, junto con (DFN2, DFN5) en investigaciones realizadas por Cardoso *et al.*, (2021); Chaves *et al.*, (2021), mencionan que cuando se realizaron fertilizaciones nitrogenadas de 200 y 300 kg de N ha⁻¹, existió una mejor acumulación del forraje, que en dosis bajas de 100 kg de N ha⁻¹, esto se debió al efecto del nitrógeno en la aceleración del metabolismo e incrementa procesos morfogénicos provocando acumulación de forraje.

CONCLUSIONES

Se concluye que en el establecimiento del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud), con densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada se tiene un incremento en el contenido nutricional, con una mayor densidad de población (2500 kg) de material vegetativo por ha⁻¹, la planta tiene un mejor comportamiento en la absorción del fertilizante en dosis de 200 kg ha⁻¹ en dos aplicaciones durante el desarrollo hasta el primer corte, obteniendo incrementos en proteína cruda (15.9 %), materia verde y seca, mejor productividad de pacas por ha⁻¹ (432 pacas de 23 kg), más digestible, por contener menor proporción de lignina detergente ácida, durante la estación de verano.

LITERATURA CITADA

- Berça AS, Cardoso AdS, Longhini VZ, Tedeschi LO, Boddey RM, Reyes RA, Ruggieri AC. 2021. Protein and Carbohydrate Fractions in Warm-Season Pastures: Effects of Nitrogen Management Strategies. *Agronomy*, 11(5): 1-15
- Braga AP, Cortes ALCdSL, Alves dLJ, Silva dLJS, Barbosa BTF, Ferreira AAVdA, Castro AFGd, Fonseca PG. 2018. Fractionation of nitrogen compounds and carbohydrates in forages of different ages.
- Cardoso SCC, Baptaglin MD, Romeiro de AA, Batista EVP, dos Santos DG, Chaves Gurgel AL, Lopes de SD. 2021. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. The soil-plant interface in *Megathyrus maximus* cv. Mombasa subjected to different doses of nitrogen in rotational grazing. 12 (4):1098-1116
- Chaves GAL, dos Santos DG, Baptaglin MD, Romeiro de AA, Batista EVP. 2021. The effect of residual nitrogen fertilization on the yield components, forage quality, and performance of beef cattle fed on Mombasa grass. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNCuyo*. 53(1): 296-308
- Enríquez-Quiroz J.F., Meléndez-Nava F., Bolaños-Aguilar E.D, Esqueda-Esquivel V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 404
- Farias CM, Peternelli LA, Pereira BMH. 2013. Classification of the coefficients of variation for sugarcane crops. *Ciência Rural*, Santa Maria. 43(6): 957-961
- García A.E. 2004 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246.
- Gonçalves LR, da Silva CA, Boas FNV, Curvelo SML, Orlindo TL, Maneck DL, Ruggieri AC, Andrade RR. 2021. Effects of nitrogen fertilization on protein and carbohydrate fractions of Marandu palisadegrass. *Scientific Reports*. 11: 1-8
- Guarneros-Altamirano R., De los Santos-Valadez S.G., González-Valenzuela E.A. 2000. Recomendaciones prácticas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 85
- Hernández HM, López OS, Jarillo RJ, Ortega JE, Pérez ES, Díaz RP, Crosby G MM. 2020. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maximus* cv. Tanzania. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 2(1): 53-69.
- Hernández HM, López OS, Jarillo RJ, Ortega JE, Pérez ES, Díaz RP. 2020. Rendimiento forrajero y calidad nutricional en *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maximus* cv. Tanzania en un sistema silvopastoril intensivo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 11(1): 53-69.
- Marques CC, Graciano da CAB, de Farias TG, dos Santos DG, Chaves GAL, Santos SJC, Camargo FC, Menezes de AE. 2020. The 4R management for nitrogen fertilization in tropical forage: A review. *Australian Journal of Crop Science*. 14 (11):1834-1837
- Nyeleti, S. C. & Mashau, A. C. (Julio de 2020). *Digitaria eriantha* Steud. National Herbarium Pretoria. SANBI, Biodiversity for Life, South African National Biodiversity Institute. Consultado 12-06-2023 en <https://pza.sanbi.org/digitaria-eriantha>
- Ortega-S, J.A., Ibarra-Flores, F.A., Melgoza, A., Gonzalez-Valenzuela, E.A., Martin-Rivera, M.H., Ávila-Curiel, J.M., Ayala-Alvares, F., Pinedo, C. y Rivero, O., 2013. Exotic grasses and wildlife in northern Mexico. *Wildlife Society Bulletin*, 37(3) 537-545. doi: 10.1002/wsb.325

- Shechtman O. 2013. The Coefficient of Variation as an Index of Measurement Reliability. In: Doi, S., Williams, G. (eds) *Methods of Clinical Epidemiology*. Springer Series on Epidemiology and Public Health. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37131-8_4
- Tikam, K., Phatsara, C., Mikled, C., Vearasilp, T., Phunphiphat, W., Chobtang, J., Cherdthong, A. y Südekum, K. H. 2013. Pangola grass as forage for ruminant animals: a review. *SpringerPlus*, 2 (604) <https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-604>.
- Tosquy-Valle OH, Zetina-Lezama R, López-Salinas E, Ibarra-Pérez FJ, Villar-Sánchez B. y Rodríguez-Rodríguez JR. 2020. Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*. 38: 91-102. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE ARBÓREAS DEL NORTE DE MÉXICO

CHEMICAL COMPOSITION AND *IN VITRO* GAS PRODUCTION OF TREE SPECIES OF NORTHERN MEXICO

Araiza-Ponce Karina^{1*}, Murillo-Ortiz Manuel², Cervantes-Guerrero Maribel², Bujdud-León Aixa¹

¹Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Autor por correspondencia: kari_araiza@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la composición química, los parámetros de la cinética de producción de gas, la producción de gas y metano *in vitro* de arbóreas nativas del norte de México. Se colectaron plantas de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa* Née) y encino rojo (*Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.). Se evaluó la composición química y para realizar la fermentación *in vitro* se utilizaron jeringas de vidrio (100ml) e inóculo ruminal obtenido de bovinos fistulados del rumen, la cinética de producción de gas se extendió hasta 96 horas y se utilizó el modelo propuesto por Orskov y McDonald. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar. La composición química de las especies mostró diferencias ($p < 0.05$), el huizache y mezquite son las especies que aportan más proteína respecto a encino blanco y rojo. El contenido de fibra detergente neutra fue diferente ($p < 0.05$), se obtuvieron valores entre 54 y 63%, lo que clasifica a las especies como alimentos de calidad media. La producción de gas *in vitro* fue diferente ($p < 0.05$) entre especies, pero el resultado más destacable fue la reducción del 25% de metano registrada por encino blanco y rojo. En conclusión, las arbóreas son una fuente de forraje de calidad media durante todo el año, además que sus efectos sobre la producción de metano podrían mejorar la eficiencia productiva del ganado en pastizales.

Palabras clave: fermentación ruminal, cinética de producción de gas, metano, dióxido de carbono.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the chemical composition, gas production kinetics parameters, *in vitro* gas and methane production of native trees from northern Mexico. Plants of huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mesquite (*Prosopis juliflora*), white oak (*Quercus rugosa* Née) and red oak (*Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.) were collected. The chemical composition was evaluated, *in vitro* fermentation was carried out using glass syringes (100 ml) and rumen inoculum obtained from rumen fistulated bovine. The kinetics of gas production ranged from 0 to 96 hours and the model proposed by Orskov and McDonald was used. A completely randomized design was used for statistical analysis. The chemical composition of the treatments showed differences ($p < 0.05$), huizache and mezquite were the treatments that provided more protein than white and red oak. The neutral detergent fiber content was different ($p < 0.05$); however, the four treatments fall into the classification of medium quality foods. *In vitro* gas production was different ($p < 0.05$) among treatments, and the most remarkable effect is the reduction in methane production registered by white and red oak. In conclusion, trees are a source of medium quality forage throughout the year, and their effects on methane production could improve the productive efficiency of grazing cattle.

Keywords: rumen fermentation, gas production kinetics, methane, carbon dioxide.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de carne y leche a nivel mundial requiere el suministro constante de alimento para el ganado, sin embargo, en las zonas áridas y semiáridas del país cubrir esta demanda de alimento es cada vez más difícil, la sequía, el sobrepastoreo y el cambio climático son situaciones que afectan directamente la producción de forraje y por lo tanto la producción pecuaria (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). En los pastizales donde la disponibilidad de forraje de buena calidad es baja, el follaje de los árboles y arbustos como fuente de alimento es una opción relevante, ya que no compite con la alimentación humana y además pueden proporcionar nutrientes de buena calidad durante todo el año (Fernández, 2017). Un beneficio adicional del consumo de estas plantas es el aporte de metabolitos secundarios que pueden modificar la fermentación ruminal y entre otros efectos reducir las emisiones de metano (Canul-Solis *et al.*, 2020). El objetivo de este trabajo fue evaluar la composición química, los parámetros de la cinética de producción gas, la producción de gas y metano *in vitro* de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa* Née) y encino rojo (*Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El presente trabajo se realizó en el laboratorio de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se recolectaron muestras de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa* Née) y encino rojo (*Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.), las plantas se colectaron al azar en la sierra de Canatlán, Durango durante el mes de junio de 2023. Se recolectaron plantas con longitud promedio de 1 m, a cada una se les retiró el follaje manualmente, se secaron y se molieron.

Composición química y nutricional: Cada especie se evaluó por triplicado y se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) (AOAC, 2005). Además, se determinó el contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina (Goering y Van Soest, 1970).

Producción de gas y metano *in vitro*: Se evaluó la producción de gas por triplicado en jeringas de vidrio con capacidad de 100 mL y el procedimiento reportado por Theodorou *et al.* (1994). Para la incubación de utilizó 0.5 g de muestra y 30 ml de una mezcla compuesta por líquido ruminal y saliva artificial (1:2) y se adicionó CO₂. Las jeringas se mantuvieron a temperatura constante (39°C) en un baño maría. Los tiempos de lectura para la medición de la producción de gas fueron los siguientes: 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 76 y 96 horas. Para la estimación de los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* se utilizó el modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979):

$$PG = a + b(1 - e^{(-c*t)})$$

Donde: PG es el volumen de gas producido al tiempo t, a es la producción de gas a las 0 h, b es la producción potencial de gas en el tiempo y c es la velocidad de producción de gas.

La determinación de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) se realizó a las 24h de incubación y el procedimiento descrito por Fievez *et al.* (2005).

Análisis estadístico: Se utilizó un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza y para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de Tukey (p< 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los especies experimentales se muestran en la Tabla 1. El contenido de proteína cruda fue diferente entre especies ($p < 0.05$), huizache y mezquite son las especies que aportan más proteína respecto a encino blanco y rojo. Estos resultados coinciden con los reportados por Araiza-Rosales *et al.* (2022) quienes declaran que, debido a su contenido de proteína cruda, tanto mezquite como huizache se pueden clasificar como forrajes de calidad mediana. Por su parte, el encino rojo y blanco reportan valores del 8- 8.2% de proteína cruda, mientras que Infascelli *et al.* (2007) le atribuyen este valor al estado fisiológico de la planta, ya que en su estudio demostraron que la cantidad de proteína cruda de los ejemplares de la familia *Quercus* varía significativamente a lo largo del año; del mismo modo, Carrillo (2014) demostró que el contenido de proteína cruda de *Quercus* va desde del 10.0% en primavera y desciende al 8.6% en verano.

Tabla 1. Composición química de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa* Née) y encino rojo (*Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl.)

	Huizache	Mezquite	Encino blanco	Encino rojo	EEM
MS Total (%)	94.8 ± 0.06 ^c	94.2 ± 0.11 ^c	95.8 ± 0.12 ^b	96.8 ± 0.37 ^a	0.21
Materia orgánica (%)	93.0 ± 0.23 ^b	92.1 ± 0.08 ^b	96.5 ± 0.12 ^a	93.1 ± 0.58 ^b	0.32
Proteína cruda (%)	13.9 ± 0.28 ^a	15.3 ± 0.42 ^a	8.2 ± 0.21 ^b	8.0 ± 0.30 ^b	0.32
FDN (%)	58.9 ± 2.71 ^{ab}	54.2 ± 0.57 ^b	61.4 ± 1.53 ^{ab}	63.5 ± 1.20 ^a	1.69
FDA (%)	47.8 ± 2.35 ^a	40.1 ± 2.04 ^b	53.1 ± 1.44 ^a	53.3 ± 3.03 ^a	2.29
Hemicelulosa (%)	11.1 ± 0.32 ^a	14.1 ± 2.64 ^a	8.3 ± 0.24 ^{ab}	10.1 ± 1.90 ^a	1.64
Celulosa (%)	39.5 ± 3.44 ^{ab}	26.2 ± 3.45 ^b	43.0 ± 2.51 ^a	42.8 ± 4.28 ^a	3.48
Lignina (%)	16.6 ± 1.28 ^a	12.3 ± 2.43 ^{ab}	9.2 ± 1.14 ^{ab}	8.9 ± 1.41 ^b	1.64
DIVMS (%/gMS)	24.0 ± 0.14 ^c	50.9 ± 0.37 ^a	20.3 ± 0.26 ^d	30.9 ± 0.20 ^b	1.18
DIVMO (%/gMS)	22.7 ± 0.17 ^c	49.0 ± 0.37 ^a	19.1 ± 0.51 ^d	29.7 ± 0.20 ^b	0.35

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida; DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

El contenido de fibra detergente neutra y acida mostró diferencias entre especies ($p < 0.05$) pero mostraron la misma tendencia. Las especies de *Quercus* son las que reportan valores por más altos respecto al mezquite y el huizache, sin embargo, en los cuatro especies el valores de carbohidratos estructurales se mantiene por encima del 54%. Si bien estos valores son mayores a los reportados por Gebremeskel *et al.* (2019) los autores atribuyen la variación en el contenido de fibras a estado de madurez de la planta y a la temporada de muestreo. Por su parte, Singh y Oosting (1992) clasificaron a los forrajes con un contenido de FDN de entre 45 y 65% como alimentos de calidad media.

Finalmente, se observaron diferencias en la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y de la materia orgánica ($p < 0.05$), la mayor digestibilidad se obtuvo en Mezquite con un 50%, seguida por encino rojo con el 30% y huizache con el 24%, encino blanco con el 20% fue el especie con la digestibilidad más baja. Estos resultados coinciden con los reportados por Uushona *et al.* (2021) quienes informan que la inclusión de estas especies como única fuente de forraje causa una disminución de la digestibilidad a causa de la presencia de taninos condensados. Por otra parte, Van Soest (1991) informó que el contenido por encima del 55% de fibra detergente neutra limita digestibilidad y el consumo.

Producción de gas y metano *in vitro*

Los parámetros de la cinética de producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro* de los especies evaluados se muestran en la Tabla 2. Se registraron diferencias significativas en el parámetro a, según datos reportados por Zarei *et al.* (2016) este parámetro se relaciona directamente

con la digestibilidad de los especies, en este estudio Mezquite es el especie con mayor digestibilidad y tiene mayor valor de a, respecto a los demás especies.

El parámetro b, representa la producción de gas potencial, los especies mostraron diferencias ($p < 0.05$), Mezquite es el especie con mayor cantidad de gas producido, esto se puede atribuir a que tiene una mayor digestibilidad de materia seca y orgánica, además de que es el especie que aporta mayor cantidad de proteína (Armijo-Nájera *et al.*, 2019). Por el contrario, Huizache es el especie con menor producción de gas, estos resultados coinciden con los reportados por Campos *et al.* (2020), quienes atribuyen la menor producción de gas de *Prosopis juliflora* a su contenido de lignina y a la presencia de metabolitos secundarios (compuestos fenólicos y taninos condensados).

Tabla 2. Parámetros de la cinética de producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro* del huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd), mezquite (*Prosopis juliflora*), encino blanco (*Quercus rugosa* Née) y encino rojo (*Quercus sideroxylla* Humb. & Bonpl.)

	Huizache	Mezquite	Encino blanco	Encino rojo	EEM
a (ml)	5.7 ± 0.86 ^b	9.8 ± 0.32 ^a	1.6 ± 0.63 ^c	5.6 ± 0.18 ^b	0.57
b (ml)	91.3 ± 1.50 ^d	150.6 ± 1.94 ^a	116.5 ± 1.62 ^c	133.2 ± 0.77 ^b	1.52
c (ml/h)	0.04 ± 0.007 ^b	0.10 ± 0.002 ^a	0.04 ± 0.001 ^b	0.03 ± 0.003 ^b	0.01
PG _{24h} (mL/gMS)	58.6 ± 4.05 ^c	138.6 ± 2.42 ^a	79.2 ± 1.31 ^b	79.9 ± 1.12 ^b	2.52
CH ₄ (mL/gMS)	18.6 ± 2.40 ^a	19.0 ± 1.00 ^a	10.3 ± 0.88 ^b	15.3 ± 0.66 ^{ab}	1.41
CO ₂ (mL/gMS)	40.0 ± 2.00 ^c	119.6 ± 3.20 ^a	68.9 ± 2.07 ^b	64.6 ± 0.63 ^b	2.18
CO ₂ :CH ₄	2.2 ± 0.25 ^c	6.3 ± 0.52 ^{ab}	6.8 ± 0.75 ^a	4.2 ± 0.18 ^{bc}	0.48

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); a= producción de gas a las 0 h, b= producción potencial de gas en el tiempo; c= velocidad de producción de gas. PG_{24h}= Producción de gas al tiempo t (24h); CH₄=Producción de metano a las 24h de incubación; CO₂= Producción de dióxido de carbono a las 24h de incubación; CO₂:CH₄= Relación dióxido de carbono: metano. EEM=Error estándar de la media.

La producción de gas a las 24h de fermentación mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), sin embargo, el resultado más destacable es la diferencia ($p < 0.05$) en la producción de metano. Encino blanco y rojo fueron los especies con menor producción de metano respecto a huizache y mezquite, Suybeng *et al.* (2021) reporta que el alto contenido de taninos condensados presentes en la especies de *Quercus*, tienen la capacidad de reducir la producción de metano, por su parte Cieslak *et al.* (2014) atribuye este efecto que la inclusión de taninos favorece la formación de ácido propiónico.

Finalmente, la relación dióxido de carbono: el metano mostró diferencias significativas entre especies ($p < 0.05$), la relación más alta la registró encino blanco y mezquite, valores más altos en esta relación indican que la ruta metabólica de producción de metano es interrumpida y que probablemente los iones hidrogeno se desvían a producir otros compuestos (ácido propiónico o compuestos nitrogenados) y no metano (Murillo *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Utilizar especies arbóreas nativas en las zonas áridas y semiáridas de México es una alternativa para cubrir la demanda de forraje, las características nutricionales del huizache, mezquite, encino blanco y rojo los clasifica como forrajes de calidad media, sin embargo, su característica más destacable es su potencial para disminuir la producción de metano.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1930.
- Araiza-Rosales, E. E., Pámanes-Carrasco, G. A., Sánchez-Arroyo, J. F., Herrera-Torres, E., Rosales-Castro, M., & Carrete-Carreón, F. O. 2022. Caracterización nutricional y producción de gas de especies vegetales con potencial alimenticio para la alimentación de rumiantes. Revista MVZ Córdoba, 27(2).
- Armijo-Nájera, Martha Gabriela, Moreno-Reséndez, Alejandro, Blanco-Contreras, Eduardo, Borroel-García, Victoria Jared, & Reyes-Carrillo, José Luis. 2019. Vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) alimento para el ganado caprino en el semidesierto. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(1), 113-122.

- Campos, C., J. García-Martínez, J. Chavira, J. Valdés, M. Morales, M. Mellado. 2020. Chemical Composition and Nutritional Value of Leaves and Pods of *Leucaena Leucocephala*, *Prosopis Laevigata* and *Acacia Farnesiana* in a Xerophilous Shrubland. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32 (10), 723-30.
- Canul-Solis J, Campos-Navarrete M, Piñeiro-Vázquez A, Casanova-Lugo F, Barros-Rodríguez M, Chay-Canul A, Cárdenas-Medina J, Castillo-Sánchez L. 2020. Mitigation of rumen methane emissions with foliage and pods of tropical trees. *Animals*, 10(5): 843.
- Carrillo Muro, O. 2014. Evaluación del uso de *quercus rugosa* née y *quercus resinosa liebm* en la alimentación de pequeños rumiantes (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Cieslak A, Zmora P, Pers-Kamczyc E, Stochmal A, Sadowinska A, Salem AZ, Kowalczyk D, Zbonik P, Szumacher-Strabel M. Effects of two sources of tannins (*Quercus L.* and *Vaccinium vitis idaea L.*) on rumen microbial fermentation: in vitro study. *Italian Journal of Animal Science*. 2014 Jan 1;13(2):3133.
- Fernandez Mayer, A. 2017. Producción de carne y leche bovina en sistemas silvopastoriles: aprovechamiento de arbóreas, arbustivas y forrajeras de clima templado-frío, tropical y subtropical. Ediciones INTA.
- Fievez, V., Babayemi, O. J., Demeyer, D. 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 197-210.
- Gebremeskel, K., Mezgebe, K., Gesesse, A. 2019. Chemical composition and digestibility of *Acacia* species provenances in Tigray, Northern Ethiopia. *Livestock Research for Rural Development*, 31(4), 1.
- Goering, H. K., Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Applications). USDA-ARS Agricultural Handbook 379. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- Infascelli, F., Cutrignelli, M., Bovera, F., Tudisco, R., Zicarelli, F., Calabrò, S. 2007. Effects of polyethylene glycol supplementation on the performances of Cilentana goats grazing woodland and scrubland. In: *Advanced nutrition and feeding strategies to improve sheep and goats*. Zaragoza. CIHEAM-IAMZ.
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P., Gutiérrez, R., Chávez G. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12, 261-285.
- Murillo-Ortiz M., Carrillo-Herrera J., Pámanes-Carrasco G., Muro-Reyes A., Herrera-Torres E. 2018. Patterns of ruminal fermentation in response to addition of glucogenic precursor to the diet of feedlot steers. *Agroproductividad*, 11 (9): 155-159.
- Ørskov, E., McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503.
- Singh, G., Oosting, S. J. 1992. A model describing the energy value of straw. *Indian Dairy man*, 4: 322-327.
- Suybeng, Bénédicte, Felista W. Mwangi, Christopher S. McSweeney, Edward Charmley, Christopher P. Gardiner, Bunmi S., Aduli E. O. 2021. Response to Climate Change: Evaluation of Methane Emissions in Northern Australian Beef Cattle on a High Quality Diet Supplemented with *Desmanthus* Using Open-Circuit Respiration Chambers and GreenFeed Emission Monitoring Systems *Biology* 10, (9): 943.
- Theodorou, M. K., Williams B. A, Dhanoa M. S., McAllan A. B., France J. 1994. A simple gas production method a presupposed are transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185-197.
- Uushona, T., Chikwanha, O., Tayengwa, T., Katiyatiya, C., Strydom, P., Mapiye, C. 2021. Nutraceutical and preservative potential of *Acacia mearnsii* and *Acacia dealbata* leaves for ruminant production and product quality enhancement. *The Journal of Agricultural Science*, 159(9-10), 743-756.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Zarei, M., Kafilzadeh, F., & Shawrang, P. 2016. In vitro gas production and dry matter digestibility of irradiated pomegranate (*Punica granatum*) seeds.

**ESTIMACIÓN DEL GRADO DE SOSTENIBILIDAD DE TRES RANCHOS
PRODUCTORES DE CARNE EN EL SISTEMA VACA-CRÍA
ESTIMATION OF THE DEGREE OF SUSTAINABILITY OF THREE BEEF
PRODUCING RANCHES IN THE COW-BREEDING SYSTEM**

Eduardo Daniel Bolaños Aguilar^{1*}, Delcer Guadalupe Ruíz Pérez², Pedro Pablo Vidal Rodríguez², Gabriel Carina Zurita Valencia².

¹INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 carretera Huimanguillo-Cárdenas, Huimanguillo, Tabasco, Mex. C.P. 86400

²Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. C.P. 86500

*Autor por correspondencia: bolanos.eduardo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la actualidad se necesita producir más, por la creciente población mundial, con menos recursos, contaminando menos, y de forma sostenible a largo plazo. La aplicación de principios agroecológicos y de técnicas para una reproducción eficiente, son una alternativa para alcanzar la sostenibilidad en los sistemas de producción de carne vaca-cría. El objetivo del presente trabajo fue estimar y comparar el grado sostenible de tres ranchos productores de carne bajo el sistema vaca-cría. El rancho 1 presentó valores altos en los indicadores referentes a producción, el rancho 2 en indicadores relacionados con el ambiente, y el rancho 3 tuvo valores altos en indicadores del ambiente, de producción y económicos, sin alcanzar el grado de sistema sostenible por reportar valores bajos en los indicadores sobre porcentaje de preñez, agrupación de partos y producción de carne por hectárea. Se presentó una herramienta sencilla, para evaluar si el ganadero aplica los principios de sostenibilidad en su rancho, el cual considera al medio ambiente, a la eficiencia productiva y a la rentabilidad.

Palabras clave: Agroecología, sustentabilidad, rentabilidad, reproducción

ABSTRACT

Currently, it is necessary to produce more, due to the growing world population, but with fewer resources and polluting less, and in a sustainable manner in the long term. The application of agroecological principles and techniques for efficient reproduction are an alternative to achieve sustainability in beef-calf production systems. The objective of this work was to estimate and compare the degree of sustainability of three meat-producing ranches under the cow-calf system. Ranch 1 presented high values in the indicators related to production, ranch 2 presented high values in indicators related to the environment, and ranch 3 had high values in the environmental, production and economic indicators, without reaching the degree of system sustainable for reporting low values in the indicators pregnancy percentage, grouping of births and meat production per hectare. A simple tool was presented to evaluate if the farmer applies the principles of sustainability on his ranch, which considers the environment, productive efficiency and profitability.

Keywords: Agroecology, sustainability, profitability, reproduction

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad en los sistemas de producción pecuaria depende de la producción, del respeto al medio ambiente y de la rentabilidad, manteniendo estos tres factores a largo plazo (Pérez, 2017). Dentro de los sistemas de producción bovina en el trópico, se tienen: sistema vaca-cría, doble propósito y engorda. El sistema vaca-cría resulta ser el menos rentable (Ojeda *et al.*, 2021), y si se desarrolla en un ambiente no respetuoso de los principios agroecológicos, se convierte también en un sistema no sostenible. Por ello, en el sistema vaca-cría debe alcanzarse la máxima protección del ambiente y la mayor eficiencia en producción de becerros, para lograr una rentabilidad mayúscula. En protección al ambiente, los sistemas silvopastoriles son una importante opción, pues son los árboles y arbustos forrajeros que permiten protección al suelo y a fuentes de agua, así como confort al animal lo que repercute en mayor producción. Además, con el abundante depósito de hojas sobre el suelo, se genera una alta producción de materia orgánica, lo que contribuye a un aumento en la actividad biológica y en el mejoramiento físico y químico del suelo. Para contrarrestar la baja rentabilidad del sistema vaca-cría, se debe ser eficiente en la reproducción animal, y para ello, la edad al primer parto, el intervalo entre partos, y la mortandad de becerros neonatales, son factores muy importantes a dominar. Además, la organización de la reproducción facilita la eficiencia, siendo la agrupación de partos lo más adecuado no solo en la organización y en el manejo eficiente de las actividades del rancho, sino también en la detección de vacas improproductivas. La rentabilidad dependerá principalmente de la producción de carne/ha, pero también de la autonomía del rancho para producir sus propios alimentos para la suplementación del ganado.

Una forma práctica de representar el grado de sostenibilidad de un sistema de producción, es realizando la gráfica de Ameba o gráfica de telaraña (Nicholls *et al.*, 2004), ya que en esta gráfica se pueden representar los tres factores que influyen en la sostenibilidad; producción, ambiente (basado en los principios agroecológicos) y economía. El objetivo del presente trabajo fue estimar y comparar el grado sostenible de tres ranchos productores de carne bajo el sistema vaca-cría.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres ranchos ubicados en el municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco, México. Los ranchos 1 y 3 con suelos de baja a mediana fertilidad y pH de 4.9 a 5.4, y el rancho 2 en suelo fértil con pH 6. La metodología empleada en los tres ranchos, para conocer si el manejo de cada uno de ellos se ajusta a los principios de sostenibilidad (principios agroecológicos, eficiencia reproductiva y rentabilidad), constó de dos partes. La primera fue una encuesta de evaluación simple y rápida basada en quince indicadores, para evaluar en qué medida el rancho sigue los principios de sostenibilidad. De estos quince indicadores, seis correspondieron al aspecto ambiental (cercos vivos, corredores de conectividad, protección de ambientes acuáticos, árboles en los potreros, materia orgánica del suelo, uso de herbicidas químicos), siete al aspecto productivo (porcentaje de preñez, intervalo entre partos, edad al primer parto, agrupación de partos, carga animal, raza adecuada, producción de carne/ha), y dos al aspecto económico o de rentabilidad (autonomía alimenticia, ingresos). Los indicadores se evaluaron y clasificaron individualmente y se les asignó un valor entre 1 y 4 (1 corresponde al desempeño más bajo, y 4 al desempeño más alto). La calificación obtenida de cada indicador fue en base a la respuesta del ganadero, y corroborada con recorridos de campo. La segunda parte utiliza los resultados de estos indicadores, para definir el grado de sostenibilidad del rancho, utilizando la gráfica de Ameba o de telaraña.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los resultados de la evaluación rápida para determinar en qué medida los ganaderos encuestados estaban aplicando principios agroecológicos y de productividad (estrechamente relacionada con la reproducción animal) en sus ranchos. En esta figura se presentan los valores de los indicadores de los tres ranchos encuestados. Los resultados se presentarán por cada una de las tres áreas; ambiental, producción y económico.

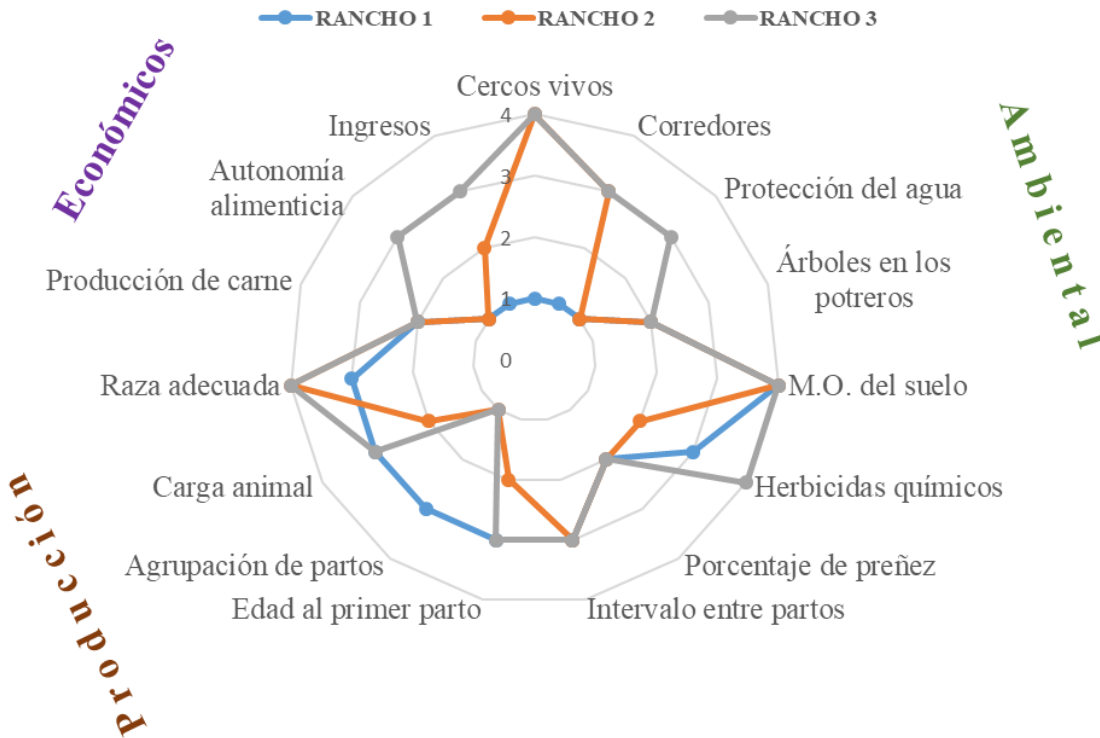


Figura 1. Valores de indicadores de tres ranchos evaluados del municipio de Huimanguillo, estado de Tabasco, México

A) Ambiental

El rancho 3 presentó mayor relación con los principios agroecológicos; reciclaje de biomasa, biodiversidad, mejoramiento del suelo, protección de fuentes hídricas y disminución de la pérdida de agua por evaporación, así como mejoramiento de las interacciones biológicas. Lo anterior se debe a que este rancho registró cinco de seis indicadores ambientales con valores iguales o superiores a tres. El indicador con menor valor fue árboles en los potreros. Esta falta de árboles en los potreros, es producto de la mentalidad común del ganadero de eliminar árboles por afectar el crecimiento de los pastos debido a la sombra que estos emiten. El rancho 1 registró el menor potencial de sostenibilidad en el área ambiental por presentar solo dos indicadores (bajo uso de herbicidas químicos y alta materia orgánica del suelo) de seis, con valores iguales o superiores a tres. Pero, registró muy bajos valores en los indicadores de cercos vivos, corredores de conectividad y protección de fuentes de agua. El rancho 2 tuvo una respuesta intermedia, con valores altos en cercos vivos, corredores de conectividad y materia orgánica del suelo, pero con alto descuido en protección del agua y árboles en los potreros.

B) Producción

Dado que se evalúan ranchos productores de carne en el sistema vaca-cría, el producto final comercializable es el becerro. La producción de becerros, depende del dominio de la reproducción y de la capacidad de carga animal del rancho. La mayor eficiencia reproductiva (intervalo entre partos de 14-16 meses, edad al primer parto de 28-36 meses) y mayor carga animal (2 UA/ha), se registró en los ranchos 1 y 3. Los indicadores con valores bajos en estos dos ranchos fueron porcentaje de preñez (50-70%) y en producción de carne (200 kg/ha/año). Además, el rancho 3 registró el valor de uno en agrupación de partos, por no realizarse esta actividad. El primer paso para el dominio de un sistema de producción de ganado de cría, es evitar la conducción desordenada de la reproducción; para ello, una alternativa de orden es la agrupación de partos (Bolaños, 2020). El rancho 2 fue el que registró un bajo potencial de sostenibilidad, por registrar solo dos indicadores (intervalo entre partos y raza adecuada) con valores de tres, el resto de los indicadores presentaron valores de dos, y de uno para agrupación de partos.

C) Económicos

Solo el rancho 3 registró el valor de tres en los dos indicadores evaluados (autonomía alimenticia e ingresos), quedando en una importante posición en lo rentable o económico. Los ranchos 1 y 2 por no ser autónomos en la disposición de alimentos (concentrados, pacas, silo) por obtenerlos del exterior, registran un valor de uno en este indicador, y un valor semejante en ingresos, por lo que resultan ser ranchos no rentables.

La figura 2 muestra el valor promedio de los quince indicadores para cada rancho. Claramente el rancho 3 destacó por ser más avanzado en la aplicación de los principios agroecológicos, en el uso de tecnologías disponibles para una mayor eficiencia reproductiva y de carga animal; y, en consecuencia, registró un mayor valor en lo económico, seguido por los ranchos 2 y 1. El rancho 1, aún cuando en el área de producción quedó bien evaluado, excepto en el indicador porcentaje de preñez, lo que conllevó a una menor producción de carne/ha, está lejos de ser considerado un sistema de producción vaca-cría sostenible, por estar muy limitado en la aplicación de los principios agroecológicos y por su falta de autonomía en la adquisición de productos alimenticios. El rancho 2, con puntaje semejante al rancho anterior, su debilidad estuvo en el área de producción, requiriendo mejorar en 5 de los 7 indicadores evaluados en esta sección.

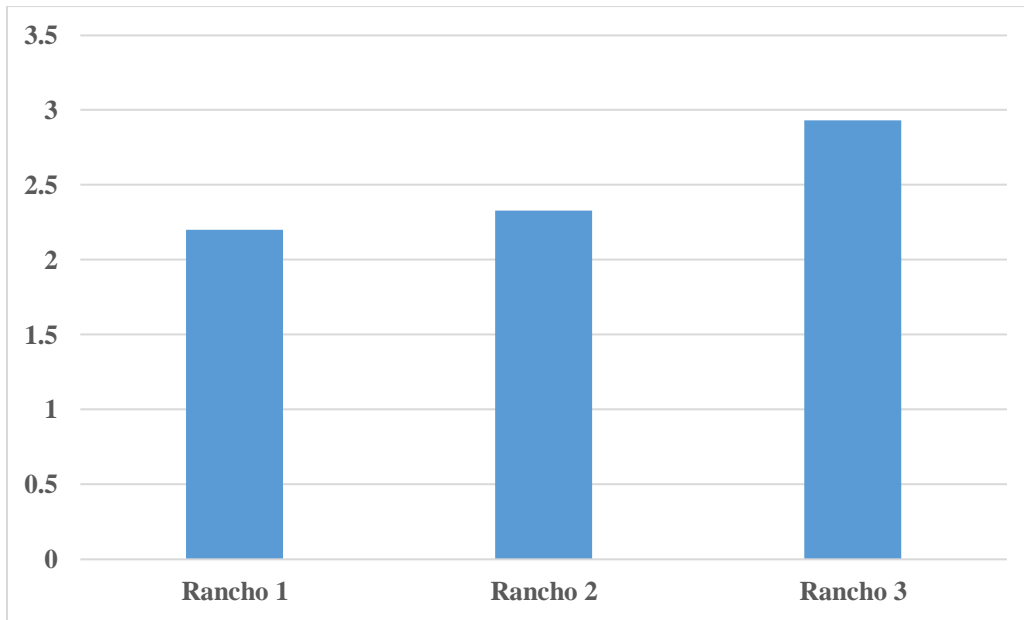


Figura 2. Valor promedio de todos los indicadores estimados en tres ranchos evaluados en el estado de Tabasco, México

CONCLUSIONES

Se presentó una herramienta sencilla, pero completa, para evaluar si el ganadero de un sistema de producción vaca-cría, está aplicando los principios de la sostenibilidad en su rancho. Estos principios se resumen en: ambiente (que apliquen los principios agroecológicos), producción (que apliquen técnicas para una mayor eficiencia reproductiva y de orden), y económica (que sea rentable). El rancho 3 fue el más cercano al uso de estos principios, y el rancho 1 el más alejado. La idea de esta herramienta no es "juzgar" a los ganaderos de un sistema vaca-cría, por no seguir los principios agroecológicos y tecnologías para la reproducción, sino ofrecer una herramienta para diagnosticar holísticamente el estado de su rancho, detectar debilidades y ofrecer alternativas basadas en la agroecología y técnicas reproductivas para mejorar su desempeño operativo en su empresa ganadera productora de carne.

LITERATURA CITADA

- Bolaños A.E.D., 2020. Producción de becerros bajo el sistema vaca-cría en el trópico. INIFAP-Tabasco. Libro técnico No. 40. ISBN: 978-607-37-1262-0 Formato electrónico. Disponible en biblioteca digital INIFAP: https://vun.inifap.gob.mx/BibliotecaWeb/_Content
- Nicholls C.I, Altieri M.A, Dezanet A., Lana M., Feistauer D., Ouriques M. 2004. A Rapid, FarmerFriendly Agroecological Method to Estimate Soil Quality and Crop Health in Vineyard Systems. *Biodynamics*.33-39.
- Ojeda R.O.A., Gonella D.A.M., Bustos C.D., Sartorello G.L., Reijers T.S. 2021. An agent-based simulation model to compare different reproductive strategies in cow-calf operations: Technical performance. *Theriogenology*. 160: 102-115 p.
- Pérez G.E., 2017. Manual de manejo sistemas intensivos sostenibles de ganadería de cría. San José Costa Rica. INTA. ISBN 978-9968-586-30-6, 52 p.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE DIETAS PARA GANADO BOVINO A BASE DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES DE *CANNABIS SPP.*

CHEMICAL COMPOSITION OF CATTLE DIETS BASED ON AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES OF *CANNABIS SPP.*

Claudia Moreno Ramírez ^{1*}, Elia Esther Araiza Rosales², Esperanza Herrera Torres³, Gerardo Antonio Pámanes Carrasco⁴, Manuel Murillo Ortiz⁵ y Damián Reyes Jáquez⁶

¹Universidad Juárez del Estado de Durango-Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Durango, Dgo, México.

²CONAHCYT-UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carret. Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³TecNM-Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carret. Durango-México Km. 22.5, Villa Montemorelos, Dgo. Méx. C.P. 34371.

⁴CONAHCYT-UJED- Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Blvr. del Guadiana #501 Ciudad Universitaria C.P. 34160.

⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carret. Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

⁶TecNM- Instituto Tecnológico de Durango. Blvd. Felipe Pescador #1830, Nueva Vizcaya, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34080.

*Autor por correspondencia: claumoreno_1@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó la adición de un pelet elaborado a base de residuos agroindustriales de *Cannabis spp.* en dietas para ganado bovino de engorda sobre la composición química y digestibilidad *in vitro*, para lo cual se elaboraron 4 dietas experimentales, D1: 0% pelet; D2: 5% pelet; D3: 10% pelet y D4: 15% pelet, además de otros ingredientes para complementar las formulaciones. Se determinó el contenido de proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cen), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina. Los datos obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey $p < 0.05$. La adición del pelet en un 15% disminuyó el contenido de PC, FDN, FDA, pero aumentó la DIVMS y las Cen. En conclusión, el pelet a base de residuo agroindustrial de *Cannabis spp.* en dietas se puede utilizar como suplemento ya que presenta un perfil nutricional con buen potencial como una alternativa de alimentación proteica para ganado bovino.

Palabras clave: contenido nutricional, pelets, DIVMS, alimentación alternativa.

SUMMARY

The addition of a pellet made from agro-industrial residues of *Cannabis spp.* in diets for fattening cattle on the chemical composition and *in vitro* digestibility was evaluated, for which 4 experimental diets were prepared, D1: 0% pellet; D2: 5% pellet; D3: 10% pellet; and D4: 15% pellet, in addition to other ingredients to complement the formulations. The content of crude protein (PC), ethereal extract (EE), ashes (Cen), *in vitro* digestibility of dry matter (DIVMS), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose, cellulose and lignin were

determined. The obtained data were analyzed with a completely randomized design and the comparison of means using Tukey's $p < 0.05$ test. The addition of the pellet by 15% decreased the content of PC, NDF, FDA, but increased the DIVMS and the Cen. In conclusion, the pellet based on agro-industrial residue of *Cannabis spp.* in diets can be used as a supplement since it presents a nutritional profile with good potential as an alternative protein feed for cattle.

Keywords: nutritional content, pellets, DIVMS, alternative feedings.

INTRODUCCIÓN

En gran parte de México la cría de ganado bovino se desarrolla generalmente bajo los sistemas extensivo e intensivo (Gallardo *et al.*, 2006; Méndez *et al.*, 2009). En la actualidad, la búsqueda hacia la utilización de alimentos no convencionales como alternativas alimenticias para los animales se ha enfocado al uso de plantas locales que no son empleadas normalmente como alimentos y esto puede ser beneficioso para zonas áridas en donde existe limitación de forraje, aunado que no representan competencia por alimentos entre humanos y la actividad ganadera (Pámanes-Carrasco *et al.*, 2019). El uso de materias primas alternativas no convencionales en la alimentación animal puede sustituir importaciones y reducir la competitividad con la alimentación humana, aunado a que preservar el ambiente constituye un reto para los nutricionistas. Existe una amplia gama de recursos que pueden ser utilizados en la alimentación sostenible y eficiente del animal (Savón, 2002). Una alternativa es el follaje obtenido de los árboles, debido a que cuenta con una buena calidad nutricional y mejor digestibilidad, siendo una importante fuente de alimentación de los rumiantes en zonas donde existe escasez de forraje (Araiza-Rosales *et al.*, 2022). Por lo anterior, es prioritario evaluar la composición química y digestibilidad *in vitro* de dietas alternativas. Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la composición química y digestibilidad *in vitro* de pelets a base de residuos agroindustriales de *Cannabis spp.* en dietas para ganado bovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en carretera Durango-El Mezquital km. 11.5 Latitud norte 24° 10' 00", longitud oeste 104° 40' 00" a una altitud de 1890 msnm con un clima tipo BS1 (w)(e), templado seco con lluvias en verano y una precipitación media anual de 450 mm y temperatura promedio de 17.5 °C.

Materia prima

Se utilizaron residuos agroindustriales de *Cannabis spp.* de la extracción de cannabinoides, los cuales fueron donados por el Instituto de Investigación para el aprovechamiento del *Cannabis A.C.* en el Estado de Durango.

Elaboración del pelet y formulación de dietas

Se elaboró un pelet a base de residuos agroindustriales de *Cannabis spp.* (residuo de la flor después de la extracción de cannabinoides con etanol) a una concentración del 40%, balanceado al 28% PC; se adicionaron otros ingredientes para complementar la formulación: harina de maíz, melaza en polvo, harina de soya y carbonato de calcio grado alimenticio. El pelet fue elaborado en una peletizadora Mill modelo ZSLP-R300 de matriz plana, la cual cuenta con una capacidad de 250-350 kg/h, todo esto mediante un proceso de densificación, auto aglomeración, temperatura de 50-55 °C, humedad entre 12-14% y forma cilíndrica con un diámetro de 6 mm. Se formularon 4 dietas experimentales con la inclusión de pelet en porcentajes de 0, 5, 10 y 15 % y balanceadas al 13%

de PC (Cuadro 1) de acuerdo con los requerimientos nutricionales del ganado bovino de engorda (NRC, 2016); y complementadas con otros ingredientes (alfalfa, rastrojo de maíz, grano seco de destilería (GSDD), grano molido de maíz y minerales).

Cuadro 1. Dietas experimentales con la inclusión de pelets elaborados a base de residuos de *Cannabis spp.*

Ingredientes/Dietas	D1	D2	D3	D4
Alfalfa	20	20	20	20
Rastrojo de maíz	30	30	30	30
GSDD	20	15	10	5
Maíz molido	29	29	29	29
Minerales	1	1	1	1
Pelet	0	5	10	15
Proteína cruda	13.33	13.33	13.33	13.33

GSDD= grano seco de destilería; D= dietas.

Composición química

Se llevaron a cabo análisis del contenido de materia seca (MS, #930.15), extracto etéreo (EE, #920.23), cenizas (Cen, #924.05) y proteína cruda (PC, #990.03), de acuerdo con procedimientos estandarizadas por la AOAC (2005). Los componentes de la pared celular (fibra detergente neutra, FDN; fibra detergente ácida, FDA; Hemicelulosa, Celulosa y Lignina en detergente ácido, LAD) se determinaron con el equipo ANKOM Fiber Analyzer (ANKOM Technologies, USA) y de acuerdo con los cálculos propuestos por Van Soest *et al.* (1991). La determinación de la digestibilidad verdadera *in vitro* (DIVMS) se determinó por incubación de las muestras durante 48 h a 39.2 ± 0.5 °C, con líquido ruminal y saliva artificial, en un incubador Daisy II (Ankom Technology Corp., Macedon, Ny) siguiendo la técnica sugerida por el fabricante (ANKOM, 2008).

Análisis Estadístico

Se realizó una prueba de normalidad con Shapiro-Wilk. Los datos obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey $p < 0.05$ utilizando el procedimiento GLM del SAS (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de las dietas experimentales

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre dietas para el contenido de proteína cruda, cenizas, FDN, FDA, celulosa, hemicelulosa, lignina y DIVMS (Cuadro 2). Se observa que el contenido de PC fue diferente entre tratamientos ($p < 0.05$). El contenido más alto de PC se obtuvo en D2 y el más bajo en D4. López-Varela (2017) reporta contenidos de PC con un valor menor de 13.16% con características nutricionales de pelets elaborados con subproductos agropecuarios. En general, los contenidos de PC de las dietas experimentales presentaron valores superiores a 8%, el cual es el mínimo establecido para un crecimiento microbiano óptimo en el rumen (Van Soest, 1994).

No se observaron diferencias ($p > 0.05$) en el contenido de EE. En promedio, el contenido de EE en las cuatro dietas fue de 2%, más bajo que 5%, mismo que compromete la digestión de la fibra de los forrajes (Minson, 1982). Este aspecto es considerado de mucha importancia ya que existen valores máximos de inclusión de grasas en la dieta de los rumiantes, ya que un exceso de ácidos grasos insaturados en la dieta genera efectos tóxicos en las bacterias Gram positivas, metanogénicas

y protozoos, lo cual es contraproducente en la digestibilidad de los alimentos, así como en la salud microbiana del rumen (Palmquist, 1996).

Por otra parte, los contenidos de Cen fueron diferentes entre tratamientos ($p < 0.05$). El contenido más alto se registró en D4 (8.49%) y el más bajo en D1 (6.37%), el cual no contiene pelet. Los contenidos de Cen fueron más altos a los reportados por Cabrera *et al.* (2016) en residuos agroindustriales.

Los contenidos de FDN y FDA fueron diferentes entre tratamientos ($p < 0.05$). Los contenidos más altos se registraron en D1 (55.57 y 29.47%, respectivamente). Araiza *et al.* (2023) indican que las fracciones de fibra (FDN y FDA) aumentaron después del proceso de extracción alcohólica ($p < 0.05$); estos cambios están relacionados positivamente a una mayor extracción de grasa cruda en EE. Por lo tanto, cuanto más EE se extrae en *Cannabis* mediante extracción alcohólica (CEA), mayores son las composiciones de fibra. Van Soest (1991) concluye que forrajes con más de 60% de FDN, pueden interferir en la digestión y consumo de forrajes. Fernández (2012) menciona que la fibra se define nutricionalmente como el conjunto de componentes vegetales de baja digestibilidad y que promueven la rumia y el equilibrio ruminal.

Para HEM y CEL en la D1 presentaron los valores más altos (26.10% y 26.24%, respectivamente) ($p < 0.05$). Nava y Díaz (2001) atribuyen que los carbohidratos fibrosos representan la fuente más importante de energía para los rumiantes, por consiguiente, las raciones carentes de fibra pueden conducir a desórdenes de la digestión.

En el contenido de LIG no se observaron diferencias ($p > 0.05$). Bach y Calsamiglia (2006) reportan que la lignina ejerce un efecto negativo sobre la digestión total y un efecto indirecto que limita el acceso de las bacterias a las zonas degradables de la fibra. Francesa (2017) señala que la concentración de lignina incrementa conforme la concentración de la pared celular aumenta, y la pared celular de los forrajes con más lignina son menos digeribles que los componentes celulares solubles en el interior de la célula.

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos para la DIVMS. El valor más alto de DIVMS fue para la D4 con 65.56% y la mas baja la D1 con 59.05%. Araiza *et al.* (2023) mencionan que los residuos obtenidos de *Cannabis sativa L.* después de la extracción alcohólica ofrecieron una mejor utilización de nutrientes por los microorganismos presentes en la fermentación ruminal, lo que condujo a un aumento de la DIVMS.

Cuadro 2. Composición química (g/100g MS) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de las dietas experimentales.

Nutrientes (%)	D1	D2	D3	D4	EED
PC	13.6 ± 0.33 ^{ab}	14.5 ± 0.05 ^a	13.2 ± 0.12 ^b	12.6 ± 0.35 ^b	0.17
EE	2.2 ± 0.36 ^a	2.2 ± 0.08 ^a	1.9 ± 0.05 ^a	1.8 ± 0.08 ^a	0.13
Cen	6.3 ± 0.22 ^b	7.2 ± 0.16 ^a	7.2 ± 0.60 ^{ab}	8.4 ± 0.18 ^a	0.24
FDN	55.5 ± 1.14 ^a	51.4 ± 0.21 ^b	50.2 ± 1.12 ^b	50.0 ± 0.66 ^b	0.55
FDA	29.4 ± 0.22 ^a	28.0 ± 0.08 ^b	27.8 ± 0.13 ^b	28.0 ± 0.03 ^b	0.09
HEM	26.1 ± 0.91 ^a	23.3 ± 0.29 ^{ab}	22.1 ± 0.98 ^b	22.1 ± 0.63 ^b	0.51
CEL	26.2 ± 0.26 ^a	24.9 ± 0.07 ^b	24.7 ± 0.09 ^b	24.8 ± 0.01 ^b	0.10
LIG	1.9 ± 0.21 ^a	1.4 ± 0.20 ^a	1.5 ± 0.04 ^a	1.3 ± 0.09 ^a	0.11
DIVMS	59.0 ± 1.11 ^c	60.1 ± 0.62 ^c	62.4 ± 0.25 ^b	65.5 ± 0.25 ^a	0.46

^{abc} Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias estadísticas ($p < 0.05$); D= dietas; PC= proteína cruda; EE= extracto etéreo; Cen= cenizas; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente acida; HEM= hemicelulosa; CEL= celulosa; LIG= lignina; DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EED= error estándar de la diferencia entre medias.

CONCLUSIONES

Los alimentos balanceados a base de residuos agroindustriales de *Cannabis spp.* cumplen con las necesidades del ganado bovino que se persiguen en términos de su composición química, por lo que se podría utilizar como una alternativa de alimentación proteica para ganado bovino.

LITERATURA CITADA

- Araiza-Rosales, E.E.; Pámanes-Carrasco, G.A.; Sánchez-Arroyo, J.F.; Herrera-Torres, E.; Rosales-Castro, M.R.; F.O. Carrete-Carreón. 2022. Caracterización nutricional y producción de gas de especies vegetales con potencial alimenticio para la alimentación de rumiantes. Revista MVZ Córdoba. 27(2): 1-10. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2142>
- Araiza-Rosales, E.E.; Herrera-Torres, E.; Carrete-Carreón, F.Ó.; Jiménez-Ocampo, R.; Gómez-Sánchez, D.; G.A. Pámanes-Carrasco. 2023. Concentraciones de nutrientes, digestibilidad *in vitro* y fermentación ruminal de residuos agroindustriales de *Cannabis sativa L.* como fuente potencial de forraje para rumiantes. Rev Mex Cienc Pecu. 14(2): 366-383. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v14i2.6188>
- AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 2005. International. Official Methods of Analysis. 15th ed. The Association of Official Analytical Chemists: Arlington, Va. Vol. II.
- ANKOM. 2008. RF Gas production system operator's manual. ANKOM Technology, USA. https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/RF_Manual.pdf
- Bach, A.; S. Casamiglia. 2006. La fibra de los rumiantes: ¿Química o Física?. XXII Curso de especialización FEDNA. Pp. 99-113.
- Cabrera, R.E.; León, F.V.; Montano, P.A.C.; R.D. Dopico. 2016. Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. Centro Azúcar. 43(4): 27-35. Disponible en: <http://centrozucar.uclv.edu.cu>
- Francesa, U. 2017. La fibra en forrajes tropicales. parte 1: factores que afectan su digestibilidad. Sitio Argentino de Producción Animal. Engormix.com. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
- Fernandez, M. 2012. Función de la fibra en la alimentación. Mundo ganadero. Marzo/Abril.
- Gallardo, J.L.; Luna, M.E.; D.M. Albarrán. 2006. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de bovino en México. Coordinación General de Ganadería. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg>. Accessed Sep 9, 2008.
- López-Varela, D. 2017. Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos. Tecnología en Marcha, Número Especial Movilidad Estudiantil 4. Pp. 73-81. DOI: 10.18845/tm.v30i5.3226
- Mac Loughlin, R.J. 2010. Requerimientos de proteína y formulación de raciones en bovinos para carne. Sitio Argentino de Producción Animal. 1-6.
- Mendez, R.D.; Meza, C.O.; Berruecos, J.M.; Garces, P.; Delgado, E.J.; M.S. Rubio. 2009. A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. J Anim Sci. 87: 3782-90.
- Nava C., C.; A. Díaz, C. 2001. Introducción a la digestión ruminal. Sitio Argentino de Producción Animal. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar
- NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press.
- Palmquist, D. L. (7 y 8 abril de 1996). Utilización de lípidos en dietas de rumiantes. En Eds.: P.Gª. Rebollar, G.G. Mateos y C. de Blas. XII Curso de Especialización FEDNA: Avances en Nutrición y Alimentación Animal. Recuperado de http://fundacionfedna.org/sites/default/files/96CAP_III.pdf
- Pámanes-Carrasco, G.; Herrera-Torres, E.; Murillo-Ortiz, M; D. Reyes-Jáquez. 2019. Climate change mitigation in livestock production: nonconventional feedstuffs and alternative additives. En: Abubakar M, Livestock health and farming. London, UK: IntechOpen publishers. <https://doi.org/10.5772/intechopen>.
- SAS (Statistical analysis systems). 2011. SAS 9.3. Cary, NC: SAS Institute Inc. ISBN 978-1-60764-896-3.
- Savón, L. 2002. Alimentos altos en fibra para especies monogástricas. Caracterización de la matriz fibrosa y sus efectos en la fisiología digestiva. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 36(2): 91-102. Consultado en línea 07/05/2023. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018119001>
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B.; A. Lewis, B. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science. 74(10): 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

COMPOSICIÓN DE LA DIETA DE VERANO DE UNA POBLACIÓN
REINTRODUCIDA DE BISONTE AMERICANO (*Bison bison* L.) EN COAHUILA,
MÉXICO

COMPOSITION OF THE SUMMER DIET OF A REINTRODUCED POPULATION OF
AMERICAN BISON (*Bison bison* L.) IN COAHUILA, MEXICO.

Fernando Alejandro Galavíz Alvarado¹, Francisco Cruz García^{1*}, Genaro Esteban García Mosqueda¹, Héctor Darío González López¹, José Isidro Uvalle Saucedo².

¹UAAAN-Departamento Forestal. Calzada Antonio Narro #1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila. Méx. C.P. 25315.

²UANL-Facultad de Ciencias Forestales. Carretera Nacional #85, Km. 145, Linares, Nuevo León. Méx. C.P. 67700.

*Autor por correspondencia: guarimochi494@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron muestras fecales a través de la técnica microhistológica para conocer la composición botánica de la dieta de una población reintroducida de bisonte americano (*Bison bison* L.) en la Reserva Natural "El Carmen", al norte del estado de Coahuila. Se colectaron y analizaron 150 excretas, en el periodo de julio – agosto. Se encontraron 26 especies vegetales en la dieta, siendo las más importantes *Muhlenbergia dubia*, *Setaria leucopila*, *Muhlenbergia arenicola*, *Croton suaveolens*, *Abutilon fruticosum* y *Buddleja scordioides*. Existió una marcada preferencia por pastos y hierbas (\bar{x} = 43.1 % y 39.6 % de consumo respectivamente), la ingesta de pastos fue decreciendo con el tiempo, mientras que las hierbas fueron en aumento. El mayor consumo de arbustos ocurrió en julio. La similitud de la dieta entre meses fue mayor en julio – agosto y la diversidad más alta se reporta en junio ($H' = 2.54$). Al igual que en otras investigaciones, los resultados demuestran que el bisonte complementa su dieta con gramíneas, hierbas y arbustos. Por este motivo se asume que la población estudiada posee hábitos alimenticios característicos de los consumidores intermedios durante el verano.

Palabras clave: Diversidad, técnica microhistológica, hábitos alimenticios, material fecal

ABSTRACT

Fecal samples were evaluated through the microhistological technique to determine the botanical composition of the diet of a reintroduced population of American bison (*Bison bison* L.) in the "El Carmen" Nature Reserve, in the north of the state of Coahuila. One hundred and fifty cats were collected and analyzed, in the period from July to August. Twenty-six plant species were found in the diet, the most important being *Muhlenbergia dubia*, *Setaria leucopila*, *Muhlenbergia arenicola*, *Croton suaveolens*, *Abutilon fruticosum* and *Buddleja scordioides*. There was a marked preference for grasses and forbs (\bar{x} = 43.1% and 39.6% of consumption respectively), the intake of grasses decreased over time, while the intake of herbs increased. The highest consumption of bushes occurred in July. The similarity of the diet between months was greater in July - August and the highest diversity is reported in June ($H' = 2.54$). As in other investigations, the results show that the bison supplement their diet with grasses, herbs and shrubs. For this reason, it is assumed that the studied population has characteristic eating habits of intermediate consumers during the summer.

Keywords: Diversity, microhistological technique, eating habits, fecal material

INTRODUCCIÓN

El bisonte (*Bison bison* L.) es posiblemente el animal más emblemático y pesado del continente americano (Rojas, 2015). Pertenece a la familia Bovidae, y por su parentesco con los bovinos, los historiadores de la Nueva España los conocían como vacas de los llanos, de Cíbola o toros mexicanos (Vázquez, 2013). Históricamente el bisonte, se distribuía desde Alaska hasta la parte norte de México, pastando en grandes extensiones territoriales de Canadá y Estados Unidos. En nuestro país se tiene registro de avistamientos históricos en los estados norteños de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Durango y Zacatecas (List et al., 2007).

Sin embargo, la cacería desmedida europea en el siglo XIX generó una disminución demográfica marcada de las poblaciones de bisonte hasta su casi extinción (Krech, 2001). Actualmente, el bisonte en México se considera una especie en peligro de extinción (NOM-059-SEMARNAT-2010) y se han generado esfuerzos para su conservación. En el estado de Coahuila se han reincorporado algunas poblaciones de bisonte y de las cuales suele carecer información al respecto. Por ello, el objetivo de este trabajo es generar conocimiento sobre la descripción de los componentes dietéticos del bisonte que sea de utilidad para los encargados de establecer medidas de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en un predio destinado a la conservación con registro de UMA, propiedad de la multinacional mexicana CEMEX e identificada como Reserva Natural el Carmen (RNC). El predio se ubica al norte del estado de Coahuila de Zaragoza, entre los municipios de Ocampo y Muzquiz.

Colecta de muestras. - Se colectaron muestras fecales (n= 150) de la población de bisontes durante los meses de julio y agosto. En el caso de julio se colectó en dos ocasiones, una de ellas en los primeros días del mes, cuando se cree que comienza a tener efecto la temporada de verano que inicia a finales de junio (mes a representar), la segunda colecta a finales del mes correspondiente al hábito alimenticio de julio y la última a mediados de agosto. Se depositaron 10 g de cada excreta en bolsas de papel identificadas (fecha de colecta y el número de muestra).

Colecta de material vegetal. - Se realizó un inventario florístico del área de pastoreo de la población de bisontes en dos o tres repeticiones (solo en el caso de especies no identificables). Para ello, las muestras vegetales se colectaron y compararon con los individuos del Herbario de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su identificación.

Preparación de las muestras. - Mezclando entre sí las 50 excretas de cada mes, se obtuvieron muestras compuestas mensuales (grupo fecal). Los tres grupos se introdujeron en una estufa de secado, donde permanecieron 72 horas a temperatura constante de 60° Celsius. Para el caso del material de referencia (plantas), las muestras vegetales se secaron por 48 horas a 75° Celsius. Una vez estufados (proceso de secado), ambos materiales, excretas y plantas, se molieron (molino Wiley, malla 20 de 1 mm). Para la decoloración, se depositó una porción de material molido en un tubo de ensayo, seguido de hipoclorito de sodio (NaClO) hasta la mitad de su capacidad. Se agitó por un minuto y después se vertió sobre un tamiz de malla 120 para lavar el material con abundante agua, retirando así el cloro. En algunos casos fue necesario decolorar por segunda vez la muestra ya que los tejidos epidérmicos no lograban apreciarse.

Montaje de muestras. - Sobre un portaobjeto de 76 x 26 mm, encima de ella se depositó la muestra decolorada y a su vez, se mezcló con miel con una aguja de disección, procurando esparcir la

mezcla en la superficie aproximada del cubreobjetos. Posteriormente se compararon los tejidos epidérmicos fecales con el material de referencia.

El material de referencia era toda aquella muestra vegetal de individuos que se encuentren en la zona donde son tomadas las muestras temporales. Todas y cada una de las plantas colectadas se caracterizaron histológicamente para crear un catálogo de referencia (Figura 1).

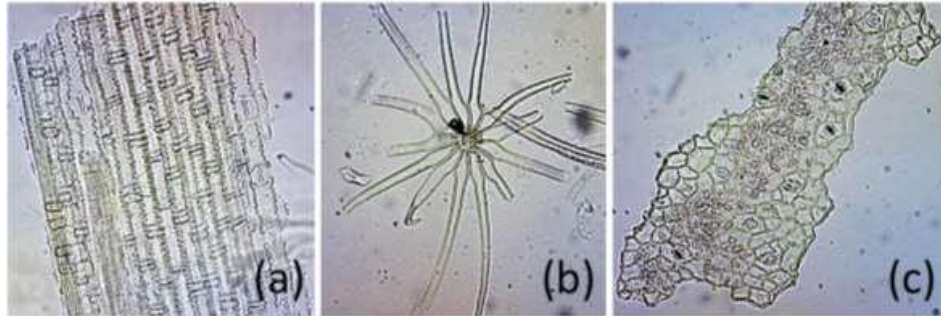


Figura 1. Estructuras histológicas de pasto (a), hierba (b) y arbusto (c)

La observación era válida solo si en cada campo se observaban de 1 a 3 fragmentos identificables (Johnson et al., 1983). Los resultados de las observaciones fueron registrados en el formato elaborado por Peña y Habib (1980), apuntado sobre él las especies encontradas y su frecuencia por laminilla. Con el dato de frecuencia específica se obtuvo la densidad a partir de la tabla elaborada por Fracker y Brischle en 1944, adaptada por Peña y Habib (1980) para conocer los valores de densidad cuando se trabaja con 20, 40 o 100 campos de observación.

Con la finalidad de observar el parecido de la dieta entre los meses que componen la estación de verano, se utilizó el Índice de Similitud de Kulczynski.

$$IS = \frac{\sum_{i=1}^n 2w_i}{\sum_{i=1}^n (a + b)_i}$$

Donde: IS = Índice de Similaridad, w = Porcentaje menor de una planta cuando se comparan sus porcentajes de consumo en épocas diferentes y $p(i)$ = Frecuencia relativa de la especie i en el hábitat

Para determinar la diversidad vegetal se utilizó el índice de Shannon – Weaver (Peña y Habib, 1980).

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i) * (\ln p_i)$$

Donde: H' = Índice de diversidad de Shannon – Weaver, p_i = Proporción de muestras totales pertenecientes a i especies y \ln = Logaritmo natural

Resultados y Discusión. En la dieta de los bisontes de El Carmen, los pastos y hierbas alternaron su importancia de consumo entre meses, al inicio (junio) las gramíneas formaron la mayor parte de la dieta (57.04%), en julio los valores entre ambas formas de vida se mantuvieron cercanos y al cabo de agosto las hierbas predominaron con 56.29 de PCD (Figura 2).

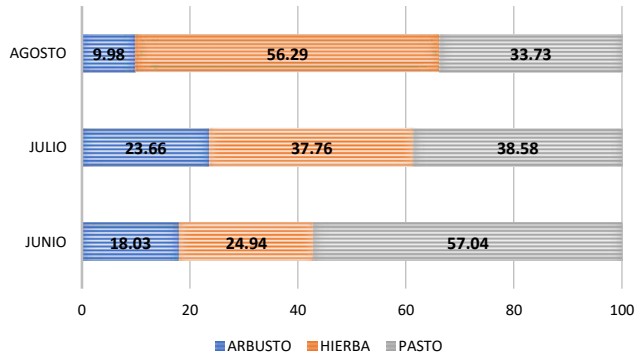


Figura 2. Porcentaje de Contribución a la Dieta por formas de vida

La mayoría de las investigaciones que estudian la dieta del bison de las planicies, reportan un consumo mayoritario de gramíneos (pastos, juncias y juncos) en ecosistemas de pradera (Peden, 1976; Van Vuren y Bray, 1983; Steuter et al., 1995 y Coppedge et al., 1998) y en zonas donde los pastizales compartían espacio con vegetación diversa como bosques, humedales, estepas y matorrales (Van Vuren, 1984; Kagima y Fairbanks, 2013 y Hecker et al., 2021b). Dos casos destacables de bisontes consumidores de gramíneos son los del bison de bosque en el Noroeste de Canadá (Jung, 2015) y la población introducida en el Valle de Manych, Rusia (Kazmin et al., 2016).

Los resultados del Índice de Similitud de Kulczynski demuestran que la evaluación entre los meses de junio-julio y junio-agosto son próximas al 50%, mientras que la relación entre julio-agosto es considerablemente más notoria, superando el 75% de similitud en la dieta (Figura 3).

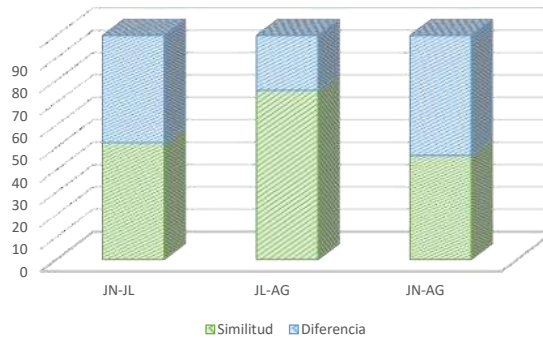


Figura 3. Grado de similitud entre dietas expresado en porcentaje

Respecto a la diversidad de la dieta de los bisontes de El Carmen, era de esperarse que el mes de junio tuviera el valor más alto (2.54), seguido de julio (2.08) y agosto (1.84), pues tal como se describió con anterioridad, el bison fue disminuyendo la predilección de consumo de especies en los tres meses evaluados (Figura 4).

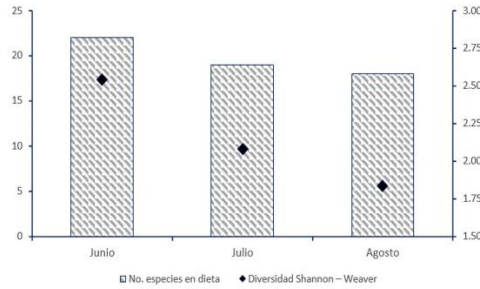


Figura 4. Diversidad de la dieta de bisontes de El Carmen

CONCLUSIONES

El análisis microhistológico demuestra una dieta pobre en especies, lo que podría reflejar una disponibilidad de alimentos limitada para el rebaño dentro del área de reintroducción. Además, en nuestro listado florístico, de 64 especies diferentes solo se encuentran contenidas 9 de gramíneas. Se logró identificar a las siguientes seis especies como las más consumidas por el grupo de bisontes de la Reserva Natural El Carmen durante el verano de 2022: *Muhlenbergia dubia*, *Setaria leucopila*, *Muhlenbergia arenicola* (gramíneas), *Croton suaveolens*, *Abutilon fruticosum* y *Buddleja scordioides* (herbáceas).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la participación en la identificación de las especies de arbusto y herbáceas al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla y el Dr. Jesús Valdés Reyna con la identificación de pastos, parte fundamental en la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Coppedge, B. R., Leslie, D. M., y Shaw, J. H. (1998). Botanical composition of bison diets on tallgrass prairie in Oklahoma. *Journal Range of Management*, 51(4), 379-382.
- Fracker, S., y Brischle, J. (1944). Measuring the local distribution of ribes. *Ecology*, 25, 295-298.
- Hecker, L. J., Coogan, S. C., Nielsen, S. E., y Edwards, M. A. (2021b). Latitudinal and seasonal plasticity in American bison *Bison bison* diets. *Mammal Review*, 51, 193-206.
- Johnson, M., Wofford, H., y Pearson, H. (1983). *Microhistological techniques for food habits analyses*. United States Department of Agriculture. New Orleans, Louisiana. 40 p.
- Jung, T. S. (2015). Winter diets of reintroduced bison (*Bison bison*) in Northwestern Canada. *Mammal Research*, 60, 385-391.
- Kagima, B., y Fairbanks, W. (2013). Habitat selection and diet composition of reintroduced native ungulates in a fire-managed tallgrass prairie reconstruction. *Ecological Restoration*, 31(1), 79-88.
- Kazmin, V. D., Abaturon, B. D., Demina, O. N., y Kolesnikov, M. P. (2016). Fodder Resources and Feeding of Semifree Bison (*B. bison*) on a Steppe Pasture in the Western Manych Valley. *Biology Bulletin*, 43(8), 926-935.
- Krech III, S. (2001). The Ecological Indian: Myth and History. *Human Ecology Review*, 8(1), 72-78.
- List, R., Ceballos, G., Curtin, C., JP Gogan, P., Pacheco, J., y Truett, J. (2007). Historic Distribution and Challenges to Bison Recovery in the Northern Chihuahuan Desert. *Conservation Biology*, 8.
- Peden, D. (1976). Botanical Composition of Bison Diets on Shortgrass Plains. *The American Midland Naturalist*, 96(1), 225-229.
- Peña Neira, J. M., y Habib de Peña, R. (1980). La técnica microhistológica. Un método para determinar la composición botánica de la dieta de herbívoros. *Serie técnico-científica*, 1(6). Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarías - SARH. 82 p.
- Rojas Hernández, L. (2015). Reseña: El Bisonte de América. Historia, polémica y leyenda. *Estudios de Historia Moderna y Contemporánea de México*. 49, 77- 95.
- Steuter, A. A., Steinauer, E. M., Hill, G. L., Bowers, P. A., y Tieszen, L. L. (1995). Distribution and Diet of Bison and Pocket Gophers in a Sandhills Prairie. *Ecological Applications*, 5(3), 756-766.
- Van Vuren, D. (1984). Summer diets of bison and cattle in southern Utah. *Journal of Range Management*, 37(3), 260-261.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Van Vuren, D., y Bray, M. (1983). Diets of bison and cattle on a seeded range in southern Utah. *Journal of Range Management*, 36(4), 499-500.
- Vázquez Mantecón, M. d. (2013). *El bison de América: historia, polémica y leyenda*. UNAM, Instituto de Investigaciones Históricas. Ciudad de México. 21

ACTIVACIÓN GENICA DE TRANSPORTE REGULADA POR SELENIO EN OVARIO DE OVEJAS

TRANSPORT GENE ACTIVATION BY SELENIUM IN SHEEP OVARIES

Erick Ramón Guzmán Landeros¹, Leonor Miranda Jiménez^{1*}, Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Ma. Monserrat López Velázquez¹

¹Colegio de Postgraduados: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas: Km. 36.5, Carretera Federal México Texcoco, C.P. 56264, Montecillo, Estado de México.

*Autor por correspondencia: miranda_leonor@yahoo.com

RESUMEN

El selenio se considera como un elemento que disminuye el estrés por bloqueo en la producción de radicales libres, que pueden resultar tóxicos para el organismo. La disminución de estos compuestos resulta positiva para cualquier mecanismo fisiológico. El presente trabajo se realizó para detectar la expresión de genes involucrados en el transporte de colesterol en folículos ováricos de oveja. Se recolectaron ovarios, de ovejas con lana, en un rastro del municipio de Texcoco estado de México. Se extrajeron los folículos pre-ovulatorios para su cultivo, en un diseño completamente al azar con un grupo testigo y un grupo con selenometionina (10 ng mL⁻¹), los folículos se incubaron durante 24 horas en condiciones de laboratorio y posteriormente se extrajo el ARN que se procesó en microarreglos. Los datos se normalizaron con Genarise y se determinó el análisis de enriquecimiento funcional de genes (DEGS) con los programas DAVID, GO y KEGG. Se encontraron 227 genes sobre regulados relacionados con transporte celular. Dentro de este grupo cinco se relacionaron con función molecular, en este grupo se encontraron *Scarb-1* y *Scarb-2*; estos genes en la actividad biológica de transporte de colesterol a nivel de folículo ovárico. Se concluye que la expresión de genes involucrados en el transporte de colesterol en folículos ováricos si se efecto por la aplicación de selenio orgánico (selenometionina), específicamente *Scarb-1* y *Scarb-2*.

Palabras clave: Folículo pre-ovulatorio, minerales, regulación génica.

ABSTRACT

Follicular cholesterol metabolism is increased close to ovulation, production of free radicals during that time also, its deleterious effect could be reduced by selenium. That work was carried out to detect the expression of genes involved in cholesterol transport in sheep ovarian follicles. Ovaries were collected from wool sheep. The pre-ovulatory follicles were extracted and carried up a culture in a completely randomized design with: a control group and a group with selenomethionine (10 ng mL⁻¹), the follicles were incubated for 24 hours under laboratory conditions and later the RNA was extracted and processed into microarrays. Data were normalized with Genarise and analysis of functional gene enrichment (DEGS); classified with DAVID, GO and KEGG programs. 227 upregulated genes related to cellular transport were found. Within gene involved with molecular function; *Scarb-1* and *Scarb-2* were found, both genes related in to cholesterol transport at the ovarian follicle level. It is concluded that the expression of genes involved in the transport of cholesterol in ovarian follicles are affected by organic selenium (selenomethionine) administration.

Key words: Follicle pre-ovulatory, minerals, gene regulation.

INTRODUCCION

El selenio (Se) es un oligoelemento esencial que desempeña funciones en la salud como: reduce estrés oxidativo, regula hormonas tiroideas, aumenta la inmunidad, entre otras. Los mecanismos mediante los cuales el selenio podría influir es por la expresión de genes (*Scarb-1* y *Scarb-2*) y la protección del ADN (Xu et al., 2021). Se ha observado en ovinos la deficiencia de selenio puede afectar negativamente la expresión de genes implicados en la síntesis de hormonas esteroides (Sheikh-Ali et al., 2017). En particular, puede disminuir la expresión del gen *StAR* (Steroidogenic Acute Regulatory Protein), que es esencial para la transportación de estradiol en mitocondrias de células de granulosa (Hernández-Coronado et al., 2018). La deficiencia de selenio puede aumentar el estrés oxidativo y la inflamación, lo que se refleja negativamente en la expresión de genes implicados en las respuestas inmunitaria e inflamatoria (Tamaddon et al., 2017). Los genes *Scarb-1* y *Scarb-2* son genes que codifican para proteínas que participan en la captación y transporte lipoproteínas en células de mamíferos, incluidos ovinos. *Scarb-1*: codifica para la proteína SR-BI (Scavenger Receptor Class B Type I); también conocida como CD36, que se expresa en; la membrana de células hepáticas o de la glándula mamaria, además de, otras células con metabolismo lipídico. En ovinos, se ha descubierto que la expresión de este gen en la glándula mamaria se relaciona con la producción de leche rica en grasas (Almodóvar et al., 2016). Para el caso de *Scarb-2*: este codifica para la proteína LIMP-2 (Lysosomal Integral Membrane Protein Type 2), expresada en membrana de lisosomas (órganos celulares encargados de la degradación de componentes celulares). En ovinos, se ha encontrado que la expresión de este gen es mayor en el tejido linfático de mucosas, lo que sugiere que podría estar implicado en la respuesta inmunitaria de estos animales (Guo et al., 2021). En general, se ha observado la expresión tanto de *Scarb-1* y *Scarb-2* en células foliculares y lúteas, aunque, *Scarb-1* se relaciona más con cuerpo lúteo. para el caso específico de *Scarb-2* la expresión se ha visto con mayor frecuencia en células de teca que son células implicadas en la síntesis de andrógenos (Kandiel et al., 2019). Tanto la síntesis de estrógenos como el metabolismo celular folicular son eventos altamente estresantes, en donde el estrés oxidativo puede aumentar drásticamente, y en este caso el selenio podría ser un paliativo. Con base en lo expuesto, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia del selenio aplicado a folículos de oveja *in vitro* en la expresión de *Scarb-1* y *Scarb-2* y en el transporte de colesterol a este nivel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron ovarios de ovejas adultas de razas mixtas con lana en un rastro local. Los ovarios se sumergieron en solución salina fría (4 °C), más antibiótico, se mantuvieron inmersos en hielo; pero no en contacto y se transportaron al laboratorio. Para limpiar los ovarios, se retiró el tejido circundante, se realizaron dos lavados con la misma solución hasta que los ovarios quedaron limpios. La extracción de folículos se llevó a cabo con visualización de los ovarios al microscopio estereoscópico (ZEISS; 475022), Se disectaron de los ovarios los folículos preovulatorios (diámetro ≥ 6 mm); utilizando material estéril y libre de RNAasas. Los folículos se mantuvieron inmersos en medio de cultivo que contenía; MEM, más solución salina y antibiótico, previo al cultivo *in vitro*.

El diseño experimental para el cultivo fue al azar e incluyó dos tratamientos (testigo y con selenometionina) y 6 repeticiones para cada tratamiento. Los folículos fueron colocados en 12 tubos (3 folículos por tubo) con 1 mL de medio de cultivo.

El tratamiento testigo consistió en 18 folículos preovulatorios (6 tubos con 3 folículos por cada uno) en medio de cultivo más gonadotropina coriónica equina (eCG). El tratamiento con selenometionina, también incluyó 18 folículos. Los folículos se incubaron durante 24 h en condiciones descritas por Jiménez *et al.* (2010). Al finalizar el cultivo el tejido folicular se mantuvo a -80 °C hasta la extracción de ARN total.

Para el análisis de enriquecimiento funcional de genes (DEGS) se trabajó con Microarreglos de ADN se procesaron a partir del ARN total. Los valores del microarreglo se normalizaron con la herramienta para análisis de microarreglos Genarise (<http://www.ifc.unam.mx/genarise/>), los genes DEGS se clasificaron con Gene Ontology (GO; <http://geneontology.org/>); Así como con la enciclopedia Kyoto para Genes y Genomas (KEGG) para vías metabólicas y señalización; se tomó una $p \leq 0.05$ (<http://www.genome.ad.jp/kegg/>), con los resultados se construyó una red génica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 227 genes sobre regulados relacionados con transporte celular. 5 en función molecular. Los genes implicados en el transporte de colesterol y que se expresaron bajo la influencia de selenio orgánico son *Scarb-1* y *Scarb-2*.

En este estudio, se identificaron 2538 genes con cambios en expresión, lo cual sugiere que el selenio (selenometionina; 10 ng mL⁻¹) adicionado a folículos preovulatorios *in vitro* si tiene efectos sobre el transcriptoma. Los resultados concuerdan con lo observado en ovejas suplementadas con alta concentración de selenio orgánico (0.40 mg; Elgendy *et al.*, 2016) quienes detectaron 1186 transcriptos expresados entre ellos genes relacionados con inmunidad. Un aspecto importante a remarcar, es que, el microarreglo de ratón no presento problema de compatibilidad génica con lo expresado en folículos de ovinos; dado que, la cantidad de transcriptos detectados fue alta al compararse con los detectados por microarreglo de oveja como fue en el caso de la investigación de Elgendy *et al.*, (2016). De acuerdo a la clasificación de GO, la mayor abundancia de genes se representó en la categoría de PB, específicamente los relacionados con procesos de transcripción; esto puede atribuirse a la activación de la transcripción de selenoproteínas (Lammi and Qu, 2018) y a la elevación de actividades biológicas con las que se relaciona al selenio (Arthur, McKenzie and Beckett, 2003).

CONCLUSIONES

La aplicación de selenio orgánico a folículos de oveja aumenta la expresión de genes implicados en el transporte de colesterol (*Scarb-1* y *Scarb-2*), molécula importante para la síntesis de esteroides, moléculas que se ven disminuidas en condiciones de estrés.

LITERATURA CITADA

- Almodóvar P, Viso-León MC, Pallares P, et al. (2016). Selenium and vitamin E supplementation positively affects the formation of the corpus luteum in sheep. *Animal Reproduction Science*, 168, 137-144.
- Hernández-Coronado M, Ramos-Ibeas P, Salamone DF, et al. (2018). Selenoproteins expression and their regulation by miRNAs in luteinized human granulosa cells. *Endocrinology*, 159(2), 961-973.
- Kandiel MM, El-Sayed A, Abdel-Aziz S, et al. (2019). Improvement of *in vitro* maturation and fertilization of sheep oocytes by antioxidant supplementation. *Theriogenology*, 132, 31-39.
- Sheikh-Ali M, Ghasemi-Panahi B, Daliri R, et al. (2017). Effects of dietary selenium supplementation on follicle development and ovulation rate in ewes during breeding season. *Biological Trace Element Research*, 177(2), 413-420.
- Tamaddon A, Ahmadi A, Nazari H, et al. (2017). Effects of selenium and vitamin E on ovarian follicle growth in sheep. *Tropical Animal Health and Production*, 49(7), 1371-1377.
- Wu X, Zhang Y, Wu Y, et al. (2022). Supplementation of selenium-enriched yeast improves *in vitro* maturation and early embryonic development of sheep oocytes. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(2), 328-335.
- Xu H, Li Y, Xie S, et al. (2021). Selenoprotein S regulates progesterone secretion in ovine corpus luteum cells via the MAPK signaling pathway. *Theriogenology*, 165, 149-155.
- Guo F, Huang C, Liu Q, et al. (2021). The effect of different forms of selenium supplementation on ovarian function, antioxidation and immune function in ewes. *Reproduction in Domestic Animals*, 56(12), 1761-1771.
- Zhang Y, Wang Q, Guo F, et al. (2021). The role of selenoprotein S in regulating the oxidative stress and apoptosis in sheep corpus luteum. *Theriogenology*, 176, 11-19.
- Li S, Liu S, Zhang J, et al. (2021). Selenoprotein T enhances progesterone synthesis in ovine corpus luteum cells via regulating the AKT signaling pathway. *Reproduction*, 162(5), 613-622.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE BIOMASA RESIDUAL PRODUCIDA DURANTE LA ELABORACIÓN DE BEBIDAS ALCOHOLICAS EN LA REGIÓN, COMO INGREDIENTE DIETARIO EN RUMIANTES
CHEMICAL COMPOSITION OF RESIUAL BIOMASS PRODUCED FROM THE PRODUCTION OF ALCOHOLIC BEVERAGES IN THE REGION, AS A DIETARY INGREDIENT IN RUMINANTS

Fanny Olivia Reveles Saucedo^{1*}, Luis Leonardo Calleros Cabada¹, Maribel Guerrero Cervantes¹, Mayela Patricia Gallegos De La Hoya¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5. Tel. (618)818-9932.

Autor por correspondencia: *fannyors@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se caracterizaron químicamente muestras de biomasa residual producida durante la elaboración del mezcal de agave y licor de membrillo en la Región. Las muestras utilizadas fueron bagazo de agave (BA), bagazo de membrillo (BM) y sus fracciones dura (FDBM) y blanda (FBBM). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM. La comparación de medias se realizó usando la diferencia mínima de cuadrados de Fischer. Se encontraron diferencias altamente significativas entre las muestras para todas las variables evaluadas. La FBBM presentó el contenido de PC más alto (5.55%), valor similar ($p < 0.01$) al 4.89% y 4.71% del BA y BM, respectivamente. El BA tuvo los mayores y diferentes ($p < 0.01$) contenidos de fibra (30.57%) y MI (10.58%) así como el menor y diferente ($p < 0.01$) contenido lipídico (0.47%). El BM, FDBM y FBBM presentaron los valores mayores de carbohidratos solubles (75.02%, 75.76%, 75.69% respectivamente), similares entre sí, pero diferentes ($p < 0.01$) al BA (53.48%). El bagazo de agave y bagazo de membrillo no tuvieron valores altos de PC, sin embargo, sí presentan potencial para usarse en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de fibra y carbohidratos solubles.

Palabras clave: bagazo, agave, membrillo, mezcal, licor

ABSTRACT

Residual biomasses from the local production of agave mezcal and quince liqueur were chemically characterized. The samples used were agave bagasse (BA), quince bagasse (BM) and its hard (FDBM) and soft (FBBM) fractions. Analysis of variance was obtained using a Complete Randomized Design and means comparison was determined by the Fischer's LSD test. Highly significant differences were observed between wastes for all the evaluated variables. The FBBM had the higher value of CP (5.55%), not statistically different ($p < 0.01$) to 4.89% y 4.71% from BA and BM, respectively. BA had the highest and significant values of fiber (30.57%) and inorganic matter (10.58%), although the least ($p < 0.01$) lipid contents (0.47%). BM, FDBM and FBBM had the highest but similar values of soluble carbohydrates (75.02%, 75.76%, 75.69% respectively), but different ($p < 0.01$) to BA (53.48%). BA and BM did not presented high value of CP, however, they presented potential to use as the ruminants' feed due to their fiber and soluble carbohydrates components.

Key words: bagasse, agave, quince, mezcal, liqueur

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento de la producción ganadera requiere, entre otros aspectos, aprovechar racionalmente recursos alimenticios existentes. Entre estos recursos, los subproductos agroindustriales presentan potencial en la alimentación de rumiantes, cuya disponibilidad y precio genera interés en su uso, especialmente en zonas donde los forrajes naturales y disponibilidad de insumos proteínico-energéticos son insuficientes y costosos (Gasa y Castrillo, 1992). El Estado de Durango genera una gran cantidad de residuos agroindustriales. Estos residuos o subproductos orgánicos pueden ser inocuos para la salud humana y animal y por ende, ser aprovechados para obtener productos de valor agregado al transformarse en proteína animal (Vargas y Pérez, 2018).

El agave y el membrillo son utilizados para la producción del mezcal y licor respectivamente. Estas bebidas están teniendo un creciente auge y promoción desde las instancias gubernamentales para incrementar su producción y colocarlas como productos de origen, no solo para el Mercado Regional, si no también Nacional e Internacional. Los procesos agroindustriales para la elaboración del mezcal y licor, generan gran cantidad de bagazo de agave y de membrillo respectivamente. Se subestima el uso de estos residuos ya que en pocas ocasiones se utilizan para alimentación de rumiantes. Lo anterior debido en parte, al desconocimiento de la idoneidad química y nutricional que éstos podrían presentar como ingredientes dietarios para grandes y pequeños rumiantes. De ahí, la importancia del conocimiento de la composición química y valor nutricional de los mismos, lo que permitiría predecir su idoneidad como ingredientes en la alimentación de rumiantes productores de carne y leche (Reveles, 2013). Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química de biomasa residual producida en la elaboración de bebidas alcohólicas en la Región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en el kilómetro 11.5 de la Carretera Durango-Mezquital, ubicada en los 24° 10' 00'' N y 104° 40' 00'' O a una altitud de 1890 msnm (INEGI, 1995).

Las muestras utilizadas fueron bagazo de agave (BA), bagazo de membrillo (BM) y su fracción dura (FDBM) y blanda (FBBM). Los bagazos se obtuvieron de la “Vinata el Malpaís” localizada en el poblado Veinte de Noviembre (La Fábrica) del Municipio de Nombre de Dios, Durango, México. Su ubicación corresponde a las siguientes coordenadas GPS: Longitud (decimales): -104.265833; Latitud (decimales): 23.9161. La localidad se encuentra a una mediana altura de 1760 metros sobre el nivel del mar.

Con la finalidad de evaluar el bagazo de agave para la alimentación de rumiantes, se tomarán diferentes muestras representativas de las camas de almacenamiento (con diferentes tamaños desde 0.5 a 8 cm aproximadamente), después del proceso de industrialización del agave. El bagazo de membrillo se recolectó tomando diferentes muestras de las camas de almacenamiento con diferentes tamaños desde 0.2 a 2 cm de membrillo. Este bagazo estaba comprendido por una parte dura a la molienda, conocida comúnmente como el hueso del membrillo (fracción dura). Esta fracción dura, a su vez, se encontraba rodeada de la pulpa residual (fracción blanda). Ambas partes conformaban al bagazo de membrillo y se obtuvieron por diferencia de tamizado.

Las muestras se deshidrataron en un Horno FE-291D FELISA a 55 °C durante 5 días hasta peso constante. Posteriormente se molieron en el Molino (THOMAS-WILLEY Laboratory Mill Modelo 4), hasta obtener la muestra con un tamaño de partícula de 1 mm de diámetro. La determinación del contenido de Materia seca Total (MS), Materia Húmeda Total (MH), Proteína Cruda (PC), Grasa Cruda (GC), Fibra Cruda (FC) y Cenizas (Materia Inorgánica: MI), se realizaron siguiendo

los protocolos descritos por la AOAC (2000). El contenido de Extracto Libre de Nitrógeno se determinó restando los porcentajes de todos los componentes anteriores a 100 (Shimada, 1983). Las variables evaluadas fueron los porcentajes en base seca de PC, GC, FC, ELN, MI. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones por muestra. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza mediante el comando PROC GLM del programa estadístico NCSS (2000). La comparación de medias se realizó usando la diferencia mínima de cuadrados de Fischer.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre las especies para las variables consideradas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición química de las muestras evaluadas (% en base seca)

Muestras	Materia Seca	Proteína Cruda	Grasa Cruda	Fibra Cruda	MI	ELN
Bagazo de Agave	89.90 ^a	4.89 ^a	0.47 ^d	30.57 ^a	10.58 ^a	53.48 ^b
Bagazo de Membrillo	86.06 ^b	4.71 ^a	1.98 ^b	15.72 ^c	2.56 ^b	75.02 ^a
Bagazo de Membrillo (fracción dura)	86.79 ^b	2.64 ^b	0.97 ^c	17.79 ^b	2.85 ^b	75.76 ^a
Bagazo de Membrillo (fracción blanda)	88.57 ^{ab}	5.55 ^a	2.62 ^a	12.74 ^d	3.40 ^b	75.69 ^a

MI= materia inorgánica (cenizas); ELN= extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles). ^{a-d} Literales diferentes en la misma columna expresan diferencias significativas ($p < 0.05$).

El contenido de proteína más alto lo presentó la FBBM (5.55%), valor similar ($p < 0.01$) al BA (4.89%) y BM (4.71%). La fracción dura del bagazo de membrillo tuvo el menor y diferente contenido de proteína (2.64%). Estos resultados colocan a los bagazos en ingredientes no proteicos, similares a los ingredientes para rumiantes como son las pajas y las granzas obtenidas principalmente del cultivo de cereales de trigo, cegada, centeno, arroz, avena, sorgo, pastos, entre otros. Estos insumos se caracterizan por contener poca proteína digerible, mucha fibra y, usualmente lignina (Church *et al.*, 2004). De acuerdo al National Research Council (NRC, 1982) la paja del trigo de invierno presenta en promedio un 3.2%, valor menor al reportado por los bagazos en este estudio. De acuerdo a la información del NRC (1982), la paja de trigo presenta en promedio un 40.4% de fibra cruda en BS, valor mayor al encontrado por los bagazos de agave y membrillo.

Las muestras evaluadas tuvieron contenidos de fibra cruda estadísticamente diferentes entre sí ($p < 0.01$), siendo el bagazo de agave la que presentó el mayor contenido fibroso (30.57%), mientras que el menor valor correspondió a la fracción blanda del bagazo de membrillo (12.74%). El bagazo de agave también presentó el mayor y diferente ($p < 0.01$) contenido de materia inorgánica (10.58%) así como el menor y diferente ($p < 0.01$) contenido lipídico (0.47%). El bagazo de membrillo y sus fracciones dura y blanda presentaron los valores más altos de carbohidratos solubles y con valores similares entre sí (75.02%, 75.76%, 75.69% respectivamente), pero diferentes ($p < 0.01$) al obtenido por el bagazo de agave (53.48%). La importancia de insumos fibrosos, como los bagazos de este estudio, los henos y las granzas en general, radica principalmente en que pueden ser almacenados en forma seca y ser suministrados como alimento para rumiantes domésticos durante la época del año en que no es posible el pastoreo o en instalaciones de confinamiento (Church *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

El bagazo de agave y bagazo de membrillo no presentaron valores altos de proteína cruda, sin embargo, sí presentan potencial para usarse en la alimentación de rumiantes por su alto contenido de fibra y carbohidratos solubles.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. 17th. Ed. Arlington, V.A. Church, D. C.; W. G. Pond; K. R. Pond. 2004. Parte 1. Introducción. En: Editorial LIMUSA WILEY. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Segunda Edición. pp: 36, 41-42, 323-357.
- Gasa, J.; C. Castrillo. 1992. Criterios de utilización de subproductos agroindustriales en la alimentación de rumiantes pp. 2-5. Consultado en línea el 22 de noviembre del 2021. [http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/subproductos_de_agroindustria_\(espa%C3%Bl_a\)_www.pdf](http://nutriciondebovinos.com.ar/MD_upload/nutriciondebovinos_com_ar/Archivos/subproductos_de_agroindustria_(espa%C3%Bl_a)_www.pdf).
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1995. Anuario estadístico del Estado de Durango. Edición 1995. México. Consultado en línea el 4 de Octubre de 2021.
- NRC (National Research Council). 1988. United States-Canadian. Tables of Feed Composition, 3rd revision. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- NCSS (Number Cruncher Statistical Systems). 2000. Statistical System for Windows. User's Guide -1. Ed. NCSS Systems, Dr. Hintze K.JL., Utah, U.S.A.
- Revels, S. F. O. 2013. Comportamiento productivo de toretes alimentados con residuos de la producción de etanol y biodiesel. Tesis para la obtención del grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Shimada, A. S. 1983. Capítulo 2 Alimentos: su composición y su evaluación. En: Editor Sistema de Educación Continua en Producción Animal en México. Fundamentos de Nutrición Animal Comparativa.
- Vargas, C. Y. A.; P. L. I. Pérez. 2018. Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas. ISSN-e 1900-4699. Vol. 14. Num. 1. pp:3. Consultado en línea el 2 de octubre del 2021.

**EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ADN GENÓMICO DE HOJAS
DE *Lotus corniculatus* PARA SECUENCIACION MASIVA**

**EVALUATION OF METHODS FOR EXTRACTION OF GENOMIC DNA FROM *Lotus
corniculatus* LEAVES FOR MASSIVE SEQUENCING**

Areli Fabiola Gutiérrez Arenas¹, Sergio Iban Mendoza Pedroza¹, Gabino García de los Santos¹, Said Cadena Villegas¹, Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca¹, Miguel Jorge García Winder², David Hernández Sánchez¹, Itzel López Ramírez³, Jorge Armando Villarreal González¹, Martha Hernández Rodríguez^{1*}.

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5, México, Montecillo, 56264, Texcoco, estado de México.

²Embajada Permanente de México en Italia. Av. Paseo de las Palmas 1994, Lomas de Chapultepec Sección I, Miguel Hidalgo, 11000, Ciudad de México.

³Universidad Autónoma del Estado de México. Unidad Académica Profesional Acolman. Camino de Caleros 11. Col. Ejidos de Santa Catarina, Acolman, Estado de México, 5587.

*Autor por correspondencia: hernandez.martha@colpos.mx

RESUMEN

Las nuevas tecnologías de secuenciación masiva han tenido un impacto importante en la caracterización genética de los recursos naturales, sobre todo aquellos que tienen un valor agroalimentario y pecuario inmediato. Estas tecnologías requieren que los ácidos nucleicos a utilizar como plantillas de secuenciación tengan una calidad alta. La calidad del ADN se evalúa con base en su cantidad, pureza e integridad. *Lotus corniculatus* L. es una leguminosa forrajera cuyos taninos condensados pueden diferir en cantidad y composición entre los genotipos. Los taninos son moléculas que se pueden unir a otras moléculas como el ADN. Con la finalidad de optimizar un protocolo de extracción de ADN de *L. corniculatus* para estudios genómicos utilizando secuenciación de segunda generación (NGS, por sus siglas en inglés), se evaluó la eficiencia de extracción de ADN genómico de tres métodos de extracción utilizando como variables de calificación la concentración, pureza e integridad del ADN extraído. El mejor método que se encontró en este estudio se basó en el protocolo descrito por Doyle y Doyle (1987) con modificaciones para extracción a baja escala y la incorporación de PVP40 al momento de homogeneizar las hojas. Se destacan elementos para realizar el muestreo y se demuestra la funcionalidad del ADN extraído con el método optimizado mediante la obtención de secuencias con diferencias en un solo nucleótido, o SNPs, entre 15 genotipos de *L. corniculatus* examinados mediante la tecnología DArTseq.

Palabras clave: Trébol “pata de pájaro”, secuenciación de segunda generación, SNP, marcador molecular.

ABSTRACT

The massive new sequencing technologies have had a significant impact on the genetic characterization of natural resources, especially those that have immediate agri-food and livestock value. These technologies require that the nucleic acids to be used as sequencing templates have a high quality. DNA quality is assessed based on its quantity, purity, and integrity. *Lotus corniculatus* L. is a forage legume whose condensed tannins may differ in quantity and composition between genotypes. Tannins are molecules that can bind to other molecules such as DNA. To optimize a protocol for extracting DNA from *L. corniculatus* leaves for genomic studies using second-generation sequencing (NGS), the genomic DNA extraction efficiency of three extraction methods

was evaluated. The concentration, purity and integrity of the extracted DNA were used as qualification variables. The best method found in this study was based on the protocol described by Doyle and Doyle (1987) with modifications for low-scale extraction and the incorporation of PVP40 at the time of homogenizing the leaves. Elements for sampling are highlighted and the functionality of the DNA extracted with the optimized method is demonstrated by obtaining sequences with differences in a single nucleotide, or SNPs, among 15 *L. corniculatus* genotypes examined using DArTseq technology.

Keywords: Birds foot clover, second generation sequencing, SNP, molecular marker.

INTRODUCCIÓN

El trébol “pata de pájaro” (*Lotus corniculatus* L.) es una leguminosa de la familia Fabaceae. Tiene valor forrajero importante por su valor nutricional similar a la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y al trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Para el ganado tiene propiedades anti-timpanismo y se considera un recurso biótico relevante por su capacidad de cobertura al crecer en suelos de baja fertilidad, con pH ácido y alta salinidad (Wang *et al.*, 2021). *Lotus* es un género con más de 150 especies (anuales y perennes) que forma el complejo denominado *Lotus corniculatus* (Lorite *et al.*, 2018). Los estudios genómicos llevados a cabo en este complejo y en otras especies de *Lotus* refieren el uso de marcadores moleculares de ADN como los RAPD (Steiner y García de los Santos, 2001), SSR (Alem *et al.*, 2011), ISSR (Abraham *et al.*, 2015) y SNP (Chen *et al.*, 2023).

Los marcadores de ADN tienen la ventaja de ser obtenidos mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR, por sus siglas en inglés) por lo que pueden tolerar ADN en baja cantidad o de mala calidad (Brunel, 1992). Esta particularidad contrasta con los requisitos para las tecnologías NGS, las cuales deben utilizar ADN en calidad suficiente para las bibliotecas de secuenciación.

La calidad del ADN se evalúa considerando tres criterios: concentración, pureza e integridad (Sambrook y Russell, 2001). La concentración de ADN depende del objetivo de investigación. Ésta puede ser mínima si el objetivo es determinar la presencia de material genético diferente al de la muestra o si se desea detectar un gen en particular. Si el objetivo es de amplia cobertura genómica como diversidad, mapeo, construcción de genotecas, microarreglos o clonación, el procedimiento debe garantizar ADN en concentración suficiente. La pureza refiere a la presencia de contaminantes (fenol, cloroformo, etanol, carbohidratos, proteínas, taninos, pigmentos, sales) que sobreestiman los valores de concentración de los ácidos nucleicos, afectan los métodos cuantitativos de detección y las reacciones enzimáticas como la PCR o la digestión. La integridad se relaciona con la obtención de ADN de alto peso molecular poco fragmentado. El ADN degradado funciona, pero desvía la interpretación de análisis normalizados por lo que deben procurarse procedimientos que garanticen su estabilidad física. El objetivo de este trabajo fue optimizar un protocolo de extracción de ADN de hojas de *L. corniculatus* mediante la evaluación de tres métodos de extracción utilizando como criterios la concentración, pureza e integridad del ADN extraído.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio Marcadores Moleculares del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, localizado en Texcoco, Estado de México. El material vegetal se obtuvo de foliolos de *L. corniculatus* de plantas establecidas en macetas de plástico de 1 kg llenadas con suelo esterilizado mezclado con vermiculita y Peat Moss en condiciones de invernadero. Tallos con brotes jóvenes, hidratados y sanos se cortaron con tijeras desinfectadas con etanol al 70% y se colocaron en recipientes con agua fría dentro de una hielera y se trasladaron al laboratorio. De estos tallos se obtuvo una submuestra de 200 mg, la cual se colocó en un microtubo de polipropileno de

2 mL de fondo cónico, el cual se mantuvo a 70 °C hasta el momento de la extracción. Se contrastaron los siguientes métodos de extracción:

- a) Método de Doyle y Doyle (1987) modificado más PVP40 durante la homogenización.
- b) Método de Saghai-Marooof *et al.* (1984) modificado más PVP40 durante la homogenización.
- c) Método de Doyle y Doyle (1987) modificado con PVP40 incorporado a la solución de lisis.

Las modificaciones consistieron en escalar la extracción a un volumen de solución de lisis de 1 mL, utilizar 20 mg de PVP40, calentar la solución de lisis a 65°C, colocar ½ volumen de isopropanol con relación al volumen de sobrenadante transferido para precipitar el ADN, así como no emplear RNasa A, lavar la pastilla de ADN del exceso de sales y pigmentos con 1 mL de etanol al 70% y resuspender en 100 ul de TE pH 8.0 (Tris 10 mM, pH 8.0; EDTA 1 mM, pH 8.0).

El ADN se evaluó para el criterio de concentración mediante la cantidad de ADN en ng/ul obtenida en tanto que la pureza se calificó con las relaciones $DO_{260/280}$ y $DO_{260/230}$ utilizando el espectrofotómetro de ultra bajo volumen NanoDrop 2000/2000c (Thermo Scientific, Waltham, MA, EUA). El criterio de integridad se evaluó en gel de agarosa al 1% teñido con bromuro de etidio o GelRed 10X utilizando como marcador de integridad 25 ng de ADN del fago Lambda.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con los tres métodos de extracción rindieron ADN en concentración e integridad aparentemente suficiente para análisis genómicos de amplia cobertura. Los métodos (a) y (b) evaluados fueron efectivos para obtener ADN en cantidad suficiente, con alta pureza e íntegros. La principal diferencia en ellos fue la concentración (Figura 1) destacando el método (a) de Doyle y Doyle (1987) con incorporación de PVP40 al momento de homogeneizar la muestra, el cual fue el que se utilizó para enviar a genotipaje 15 genotipos de la colección de germoplasma de *Lotus* establecida en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. En este caso, los resultados de genotipaje generaron 4,146 secuencias de presencia ausencia o dominantes y 29,334 SNP mediante la tecnología NGS DArTseq que detallaron la amplitud de la diversidad genética de la colección (Figura 2). El método (c) fue el menos adecuado debido a los valores extremadamente discrepantes en la concentración del ADN que hicieron pensar en la presencia de contaminantes (Cuadro 1). Esta observación fue corroborada por el criterio de pureza, el cual fue calificado mediante las relaciones $DO_{260/280}$ y $DO_{260/230}$. Esta relación osciló de 1.04 a 2.36 para este método lo cual señaló la presencia de contaminantes o inhibidores (Cuadro 1). Los inhibidores de la PCR usualmente se encuentran debajo de $\lambda=260$, por lo que la relación $DO_{260/230}$ se debe analizar con detalle. Se considera un ADN como adecuado si la relaciones $DO_{260/280} = 1.80$ y $DO_{260/230} = 2.0-2.2$. Lecturas menores para cada relación indican la presencia de contaminantes, proteínas, fenol para la relación $DO_{260/280}$, y carbohidratos, fenol, guanidina, glicógeno para $DO_{260/230}$ (Sambrook y Russell, 2001; Matclock, 2015) los cuales pueden afectar aplicaciones posteriores como la digestión enzimática utilizada para reducir la complejidad del genoma para NGS.

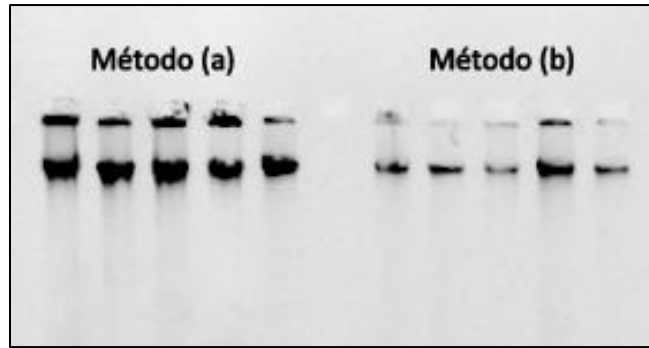


Figura 1. Migración de 2 ul de ADN stock de extracciones de hojas de *L. corniculatus* donde se aprecian las diferencias en rendimiento de los métodos (a) y (b)

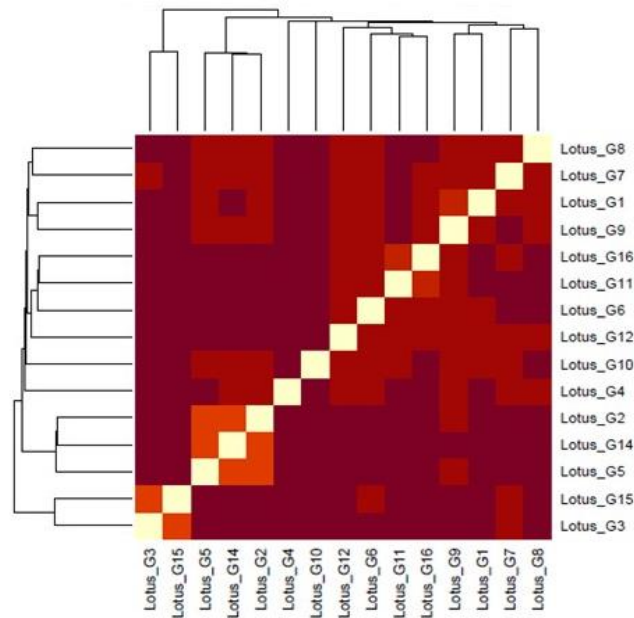


Figura 2. Agrupamiento con base en la distancia genética de Rogers de 15 genotipos de *L. corniculatus* genotificados mediante DArTseq utilizando ADN extraído con el método de extracción (a)

Cuadro 1. Valores de concentración y relaciones de pureza de tres métodos de extracción de ADN genómico de hojas de *Lotus corniculatus*.

Criterio	Método a	Método b	Método c
Concentración (ng uL ⁻¹)	1658.6 (min 1047.6, máx 2,274.1)	785.0 (min 187.0, máx 2651.1)	3,892.0 (min 249, máx 18,415)
DO _{260/280}	2.08 (min 2.01, máx 2.10)	2.06 (min 1.95, máx 2.10)	2.09 (min 1.86, máx 2.21)
DO _{260/230}	2.16 (min 2.10, máx 2.26)	1.73 (min 1.04, máx 2.36)	1.93 (min 1.04, máx 2.36)

CONCLUSIONES

Se optimizó un método de extracción de ADN genómico de hojas de *L. corniculatus* L. para aplicaciones basadas en genotipaje masivo. El protocolo fue el método (a) que correspondió al de Doyle y Doyle (1987) con incorporación de PVP40 al momento de homogenizar la muestra. El

método es de bajo costo, proporciona resultados reproducibles y permite manejar numerosas muestras, por lo que es un aporte importante para el estudio de una planta con capacidad para restaurar suelos degradados y de gran utilidad como forraje de alta calidad nutritiva en la producción animal.

Se agradece al Campus Montecillo por las facilidades brindadas para realizar esta investigación y a la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático (PREGEP-Ganadería, Campus Montecillo), del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Abraham, E.M., Ganopoulos I., Giagourta, P., Osathanukul, M., Bosmali, I., Tsafaris, A., Papaionnaou, A., & Madesis, P. (2015). Genetic diversity of *Lotus corniculatus* in relation to habitat type, species composition and species diversity. *Biochemical Systematics and Ecology* 63 59e67
- Alem, D., Narancio, R., Días delavalle, P., Rebuffo, M., Zarza, R., & Dalla Rizza, M. (2011). Molecular characterization of cultivars of *Lotus corniculatus* using transferable microsatellite markers. *Ciencia e Investigación Agraria* 38(3): 453-461.
- Brunel D. (1992). An alternative, rapid method of plant DNA extraction for PCR analyses. *Nucleic Acids Research* 20:17.
- Chen, Ch., Zhang, K., Liu, F., Wang, X., Yao, Y., Niu, X., He, Y., Hong, J., Liu, F., Gao, Q., Zhang, Y., Li, Y., Wang, M., Lin, J., Fan, Y., Ren, K., Shen, L., Gao, B., Ren, X., Yang, W., Georgiev, M., Zang, X., & Zhou, M. (2023). Resequencing of global *Lotus corniculatus* accessions reveals population distribution and genetic loci, associated with cyanogenic glycosides accumulation and growth traits. *BMC Biology* 21:176
- Doyle, J.J., & Doyle, J.L. (1987) A Rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19:11-15.
- Lorite, M. J., Estrella, M. J., Escaray, F. J., Sannazzaro, A., Videira e Castro I. M., Monza, J., Sanjuan, J., and León-Barrios, M. (2018). The Rhizobia-*Lotus* symbioses: deeply specific and widely diverse. *Frontiers in Microbiology* 9:2055
- Matlock B. (2015). Assessment of Nucleic Acid Purity. Technical Note 52646, 1-2 p
- Saghai-Maroo, M.A., Soliman, K.M., Jorgensen, R.A., & Allard. R.W. (1984). Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: mendelian inheritance, chromosomal location, and population dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 81: 8014–8019
- Sambrook, J., & Russell D.W. (2001). Protocol 2. Isolation of high-molecular-weight DNA from mammalian cells using formamide. In: *Molecular Cloning: a Laboratory Manual*, 3rd ed. New York, USA: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Steiner, J. J., & García de los Santos, G. (2001). Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes: I. Plant morphology and RAPD marker characterizations. *Crop Science* 41:552–563.
- Wang, D., Sun, Z., Hu, X., Xiong, J., Hu, L., Xu, Y., Tang, Y., & Wu, Y. (2021). The key regulator LcERF056 enhances salt tolerance by modulating reactive oxygen species-related genes in *Lotus corniculatus*. *BMC Plant Biology* 21:605

**PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y PROTEÍNA CRUDA DE ECOTIPOS DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN ESTADO VEGETATIVO
FORAGE PRODUCTION AND CRUDE PROTEIN OF ECOTYPES OF BANDERITA GRASS (*Bouteloua curtipendula*) IN VEGETATIVE STATE**

Karla Esther Gutiérrez Acevedo¹, Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez^{2*}, Alan Álvarez Holguín³

¹Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas

²Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP

³Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua

*Autor por correspondencia rasanchez.gutierrez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la producción de forraje y la acumulación de proteína cruda en siete ecotipos y dos variedades de pasto banderita en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas. Los ecotipos fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana y Vaughn. Las variables fueron: producción de forraje seco y acumulación de proteína cruda. La comparación de medias fue mediante Lsmeans y se eligió una probabilidad mayor al 95 %. En la producción de forraje seco se presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$), los ecotipos B-508 y B-689 superaron a los testigos Diana y Vaughn con rendimientos mayores a 360 Kg/ha. En proteína cruda se presentaron diferencias ($P < 0.05$) sobresalieron el ecotipo B-31 con 15.2% y Diana con 16%. Se concluye que los ecotipos B-508 y B-689 pudieran ser una buena alternativa debido a que sus rendimientos de forraje son altos y contienen la misma cantidad de proteína cruda que la variedad Diana

Palabras clave: Banderita, proteína cruda, forraje

ABSTRACT

The objective of the work was to determine forage production and crude protein accumulation in seven ecotypes and two varieties of banderita grass in a vegetative state under rainfed conditions in Zacatecas. The ecotypes were; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C and as controls the variety Diana and Vaughn. The variables were: dry forage production and crude protein accumulation. The comparison of means was through Lsmeans and a probability greater than 95% was chosen. In the production of dry forage there were statistical differences ($P < 0.05$), the ecotypes B-508 and B-689 surpassed the controls Diana and Vaughn with yields greater than 360 Kg/ha. In crude protein there were differences ($P < 0.05$) with the B-31 ecotype standing out with 15.2% and Diana with 16%. It is concluded that the ecotypes B-508 and B-689 could be a good alternative because their forage yields are high and they contain the same amount of crude protein as the Diana variety.

Keywords: Sideoat gramma, vegetative, crude protein

INTRODUCCIÓN

Actualmente las áreas de pastizal en Zacatecas se han estado deteriorando debido principalmente al sobrepastoreo y el cambio de uso del suelo (Gutiérrez *et al.*, 2020), lo que ocasiona una baja productividad y rentabilidad en la ganadería del estado. Ante esta situación es necesario llevar a cabo alternativas para la recuperación de estos ecosistemas, una de ellas es la resiembra con pastos nativos y de preferencia con buen valor forrajero (Quero *et al.*, 2016). Lo anterior ha puesto en marcha la colecta y conservación de diversidad genética de materiales nativos para después buscar entre ellos alternativas con potencial para el uso ganadero. Actualmente el INIFAP ha logrado identificar materiales de pastos nativos como una alternativa para la ganadería extensiva del centro-norte del país (Morales *et al.*, 2016; Rubio *et al.*, 2016). Sin embargo, a la fecha se desconocen la producción de forraje y la proteína cruda de los ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal en Zacatecas. El objetivo del trabajo fue determinar la producción de forraje y la acumulación de proteína cruda en siete ecotipos y dos variedades de pasto banderita en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas geográficas de -102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte, a una altitud de 2192 metros sobre el nivel del mar (msnm). El tipo de suelo es un Kastañozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. el clima es semiárido y el promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm, la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto (Medina *et al.*, 2001) durante el ciclo agrícola 2021 la precipitación fue superior con un 189% a lo esperado como año normal (Figura 1). Los ecotipos se encontraban establecidos bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana y Vaughn. La unidad experimental constó de cinco surcos de 0.76 m de ancho y 15 m de largo, cada planta tuvo un distanciamiento de 0.75 m. Para la parcela útil se utilizaron 12 plantas de los tres surcos centrales. El experimento inició con un corte de estandarización a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo el 29 de mayo del año 2021, después todo el periodo se llevó a cabo bajo condiciones de temporal. Las variables medidas fueron: producción de forraje seco (FS) y acumulación de proteína cruda (PC). Los datos se sometieron a un diseño completamente al azar mediante el procedimiento "PROC GLM" de SAS. La comparación de medias fue mediante Lsmeans y se eligió una probabilidad mayor al 95 % (SAS, 2011).

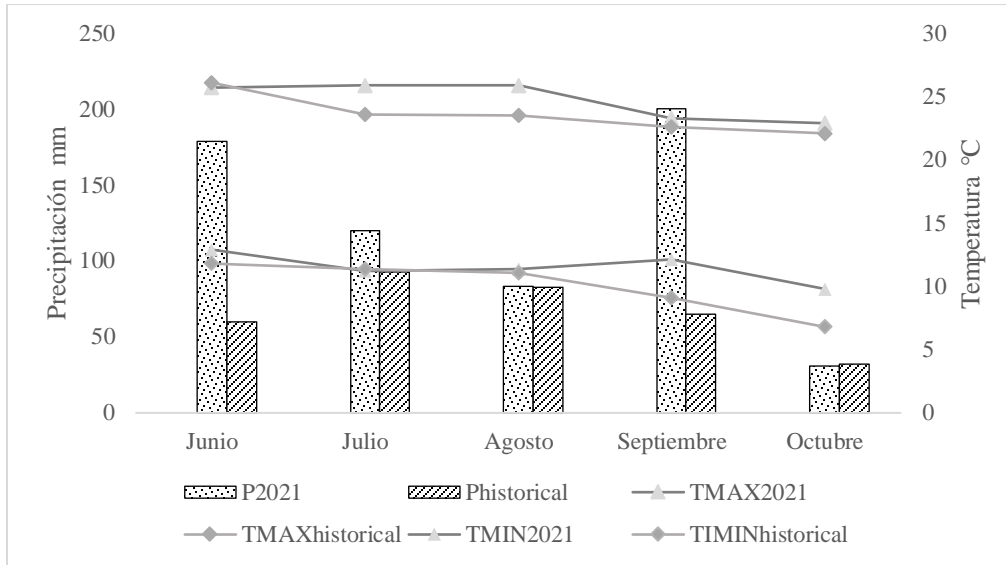


Figura 1. Precipitación mensual (mm) y temperaturas (°C, máximas y mínimas) del Campo Experimental Zacatecas en el año 2021

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se presenta la producción de forraje seco de siete ecotipos y dos variedades de pasto banderita evaluadas en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas durante el 2021. En dicha figura se observan diferencias estadísticas ($P < 0.05$), los ecotipos B-508 y B-689 fueron los más productivos superando los 360 kg/y superaron a los testigos Diana y Vaughn. Con el uso de estos materiales (B-508 y B-689), la producción de materia seca incrementaría de 94 a 104% en la superficie de 2,066,549 considerada como áreas de potencial para pasto banderita (Medina et al 2003).

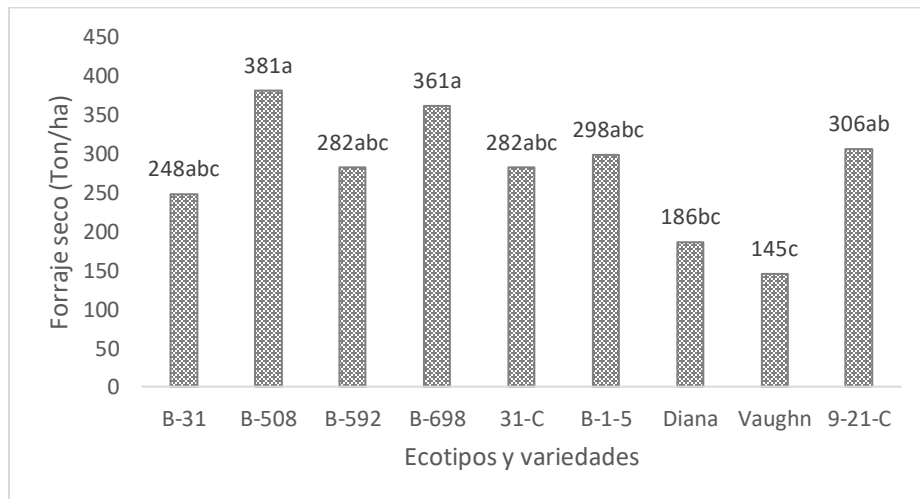


Figura 2.- Producción de forraje seco de ecotipos y variedades de banderita evaluadas en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas durante el 2021

En la figura 3 se presenta la proteína cruda acumulada de siete ecotipos y dos variedades de pasto banderita evaluadas en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas durante el 2021. En ella se muestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre los materiales, sobre sale el ecotipo B-31 con 15.2% y la variedad Diana con 16%, estados dos fueron diferentes a la variedad

Vaughn. La acumulación de proteína cruda en los materiales supera los requerimientos de ganado de carne durante la etapa de lactancia (NRC, 1996), por lo tanto, se sugieren seleccionar aquellas con mayor cantidad de forraje.

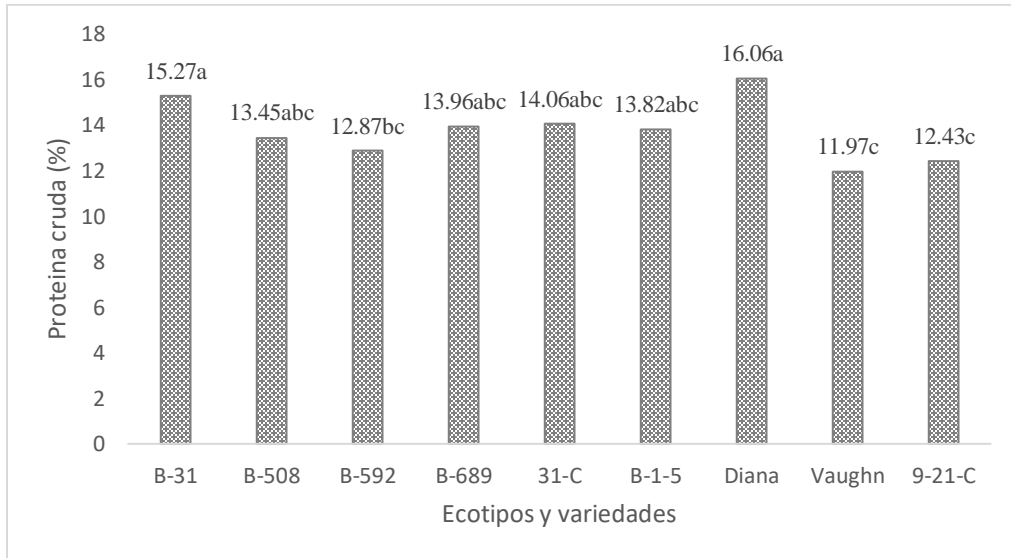


Figura 3. Proteína cruda de ecotipos y variedades de banderita evaluadas en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Zacatecas durante el 2021

CONCLUSIONES

Para las condiciones de temporal del año 2021 se concluye que en la producción de forraje seco los ecotipos B-508 y B-689 superaron a los testigos. Mientras que en la proteína cruda ningún ecotipo supero al testigo. Por lo tanto, los ecotipos B-508 y B-689 pudieran ser una buena alternativa debido a que sus rendimientos de forraje son altos y contienen la misma cantidad de proteína cruda que la variedad Diana.

LITERATURA CITADA

- Gutiérrez, L. R., García, G. M. y Amador M. D. R. 2004. Estado Actual de los pastizales de la zona central del estado de Zacatecas. En: IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Delicias, Chih. pp 130-37
- Rubio-Aguirre, F.A., Villanueva-Avalos, J.F., Sánchez-Gutiérrez, R.A. 2016. Comportamiento morfológico y productivo de “Colectas base” de gramíneas nativas e introducidas del altiplano de Zacatecas. Publicación especial. Núm. 22. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Zacatecas
- Medina, G. G., Salinas, G. H., y Rubio, A. F. 2001. Potencial Productivo de Especies Forrajeras en el Estado de Zacatecas. Libro Técnico 1. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. INIFAP
- Morales Nieto, C. R., Avendaño Arrazate, C., Melgoza Castillo, A., Gil Vega, K. D. C., Quero Carrillo, A., Jurado Guerra, P., & Martínez Salvador, M. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.*, 7, pp 455-469.
- NRC (National Research Council). 1996. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7 a. Revised Ed. Ed. National Academy Press. Washington D.C. USA.
- Quero-Carrillo, A. R., Hernández-Guzmán, F. J., Velázquez-Martínez, M., Gámez-Vázquez, H. G., Landa-Salgado, P., y Aguilar-López, P. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o carióspsides. *Trop. grassl.-Forrajes trop.* 4, pp.29-37.
- SAS Institute, 2011. SAS/STAT 9.3 User’s Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.

CARACTERIZACIÓN PARTICIPATIVA DEL USO ADAPTATIVO DE TERRITORIOS PASTORILES AFECTADOS POR DEGRADACIÓN Y CAMBIO CLIMÁTICO

PARTICIPATORY CHARACTERIZATION OF THE ADAPTIVE USE OF PASTORAL TERRITORIES AFFECTED BY DEGRADATION AND CLIMATE CHANGE

Andrea V. Guzmán Miranda¹, Roberto I. Márquez Hernández², Elisabeth Huber-Sannwald^{1*}, Natalia Martínez Tagüña¹, Claudia Lorena Lauterio Martínez¹, Ziadany Mayoral Solis¹, Juan Hernández Medrano³, Gloria Sánchez⁴, Sandra Lázaro⁴, Gregorio Martínez⁴, Javier González⁴, José López⁴, Abraham de León⁴, Gonzalo González⁴, Miguel López⁴, Ramon Cedillo⁴, Rafael Peña⁴, Abelardo Guadiana⁴, Margarita⁴, Mariana Moreno⁴, Benito Sánchez⁴, María Sánchez⁴, Ismael Mares⁴, José Carranza⁴, Eulalio Galván⁴, Jovita España⁴, Bernardino Galván⁴, José Flores⁴

¹División de Ciencias Ambientales, IPICYT A.C., Camino a la Presa San José 2055, SLP, C.P. 78216, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Av. Universidad 3000, Coyoacán, CP. 04510, CDMX, México.

³Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, 2500 University Drive, NW Calgary, Alberta T2N 1N4, Canada.

⁴Caprinocultores del Altiplano Potosino.

Autor por correspondencia: *ehs@ipicyt.edu.mx

RESUMEN

Los sistemas pastoriles vinculados a la caprinocultura del norte de México experimentan una degradación acelerada y una reducción de la extensión de los pastizales derivado del cambio climático, la desertificación y los cambios de uso de suelo. Ante estas alteraciones, un grupo de académicos y pastores abordamos la siguiente pregunta: ¿Cómo las y los caprinocultores se han adaptado a los cambios en la productividad de los agostaderos, considerando la experiencia empírica perpetuada por generaciones? Con talleres de cartografía participativa, el uso de collares GPS, se caracterizaron las rutas de pastoreo actuales y pasadas (23 años promedio de antigüedad) en cuatro comunidades del Altiplano Potosino, así como los factores socioambientales que han determinado su selección. El estudio reveló que la distancia de las rutas de pastoreo se ha reducido en comparación con las rutas antiguas. Se observaron diferencias significativas entre la distancia horizontal y vertical de las rutas de pastoreo, en relación con variables como grupo etario, diferentes ejidos e infraestructura. También, se identificó la condición de la vegetación, el acceso a fuentes de agua, la transmisión intergeneracional de conocimiento y las características topográficas, influyen en la selección de los sitios a pastorear. En conclusión, la selección de las rutas de pastoreo ha sido adaptativa respondiendo al grado de degradación del territorio. Este estudio participativo permitió conocer la complejidad en la toma de decisiones de los pastores que se requieren considerar en los programas de conservación de pastizales que fomenten el uso de sistemas sostenibles de producción caprina.

Palabras clave: AIPP2026, Cartografía participativa, GPS, Rutas de pastoreo, Sistemas Pastoriles

ABSTRACT

Pastoral systems linked to goat farming in northern Mexico are facing accelerated degradation and a reduction in the rangeland's extent as a result of climate change, desertification and land use change. In response to these alterations, a group of academics and herders addressed the following question: How have goat farmers adapted to changes in rangeland productivity considering their empirical experience that has been perpetuated for generations? With participatory mapping workshops, the use of GPS collars, current and past grazing routes (23 years of age on average) were characterized in four communities of the Altiplano Potosino, as well as the social-ecological factors that have determined their selection. The study revealed that the estimated average distance of current grazing routes has diminished compared to past routes. Furthermore, significant differences were observed between the horizontal and vertical distance of the routes when relating to variables such as age group, different ejidos, and infrastructure. It was also discovered that the vegetation condition, access to water sources, intergenerational transmission of knowledge and topographic characteristics all influence the selection of grazing sites. In conclusion, the selection of grazing routes has been adaptive in response to the degree of degradation. This participatory study allowed us to understand the complexity of decision-making of pastoralists that must be considered in conservation programs of grasslands that promote the use of sustainable goat production systems.

Keywords: GPS, Grazing routes, IYRP2026, Participatory mapping, Pastoral systems

INTRODUCCIÓN

Los Sistemas Pastoriles (SP) están presentes en casi todas las áreas terrestres del planeta. Estos no solo aportan una contribución significativa al Producto Interno Bruto de muchos países, sino que también son uno de los principales modos de vida, manifestando ataduras culturales y un sentido de identidad (FAO, 2021). En México, los SP se desarrollan principalmente en las zonas áridas y semiáridas bajo regímenes comunales en tierras ejidales con diferentes finalidades productivas. Particularmente, San Luis Potosí (SLP) se caracteriza por ser el segundo estado con mayor producción de caprinos (SIAP, 2022), especialmente en la región del Altiplano. Esta zona se incluye dentro de la porción sur del Desierto Chihuahuense y su clima semiárido y baja precipitación, requiere una continua adaptación entre el ser humano, sus actividades y la naturaleza (Huber-Sannwald et al., 2012). Por ello, estudiar los SP en esta región, implica realizarlo dentro del marco de Sistemas Socio-Ecológicos (SSE) (Reid et al., 2014). En las últimas décadas, el cambio climático se ha convertido en un factor desestabilizador importante para los SSE pastoriles de esta zona pues ocasiona mega-sequías, procesos de degradación y desertificación continuos (Negrete-Sánchez et al., 2016) que comprometen el uso sostenible de los recursos naturales (Barrera-Perales et al., 2018). Asimismo, estos sistemas enfrentan retos asociados a los constantes cambios gubernamentales, desorganización social, aumento en problemas de salud animal y el creciente establecimiento de megaproyectos. Para buscar soluciones a largo plazo, se requiere un estudio sistémico y transdisciplinario, que reconozca los conocimientos y evaluaciones locales como elementos complementarios al conocimiento técnico y científico de los SSE (Fernández-Giménez y Estaque, 2012). A pesar de esto, en 2019 el Programa Ambiental de las Naciones Unidas publicó una revisión analítica que destaca la laguna del conocimiento sobre los SP alrededor del mundo, advirtiendo que las investigaciones sobre ellos están compartimentadas entre diferentes disciplinas y que representan una escasa integración del conocimiento pastoril. Esto ha generado que las intervenciones que buscan incidir en su desarrollo carezcan de prosperidad al desconocer las dinámicas y retroalimentaciones que ocurren dentro de estos SSE pastoriles (Johnsen et al., 2019). El objetivo de este trabajo fue comprender cómo los caprinocultores se han adaptado a los

cambios en la productividad de los agostaderos causados por la degradación y el impacto del cambio climático mediante una caracterización participativa de las rutas de pastoreo actuales y pasadas en cuatro comunidades del Altiplano Potosino, así como los factores socioambientales que han determinado la selección de dichas rutas. Este estudio es una aportación en preparación al Año Internacional de Pastizales y Pastores 2026 (AIPP2026).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en zonas donde se práctica la caprinocultura en el Altiplano Potosino; cuya vegetación predominante es el matorral desértico. El clima es semiárido (BS1) con precipitación media anual de entre 200 a 500 mm y una temperatura media anual de 21°C. El estudio se realizó en las comunidades de Presa Verde, Pocitos, Tinajuelas y Salinillas, en la época seca (enero a febrero del 2022). Se contó con la participación de 21 pastores de los cuales 15 fueron hombres y seis mujeres con edades promedio de 48 y 43 años, respectivamente.

Fase 1: Cartografía participativa para identificar rutas actuales y pasadas de pastoreo

Dentro de cada comunidad se realizaron talleres de cartografía participativa donde asistieron caprinocultores de diferentes edades y géneros. El objetivo era conocer las variaciones en el uso espaciotemporal de los sitios usados por la caprinocultura. En estos, se les proporcionó de forma impresa imágenes satelitales (Landsat 7 ETM+ C2 L2), que mostraban los límites ejidales de su comunidad a fin de que los participantes marcaran las rutas actuales y pasadas de pastoreo y las áreas conservadas o degradadas dentro de su territorio. Gracias a las narraciones derivadas de estos ejercicios, se identificaron otros aspectos clave que se relacionan con la gestión del territorio en sus procesos de toma de decisión. La información de estos talleres se validó y enriqueció con caminatas en las zonas marcadas en los mapas y en compañía de los productores.

Fase 2: Monitoreo de las rutas de pastoreo utilizando tecnología GPS

Con la finalidad de complementar la información de la Fase 1 y describir las rutas de pastoreo de la estación seca, se seleccionaron nueve rebaños que, por sus características, se consideraron representativas de la región. A estos hatos, se colocó un collar GPS (Digitanimal Ltd) a 18 cabras Alpino Frances sanas y gestantes (n=2 por rebaño). Durante 7 días (del 17 al 23 de enero de 2022), se registró cada 30 min la geolocalización (latitud, longitud y altitud) de cada animal en pastoreo. Los mapas de rutas de pastoreo, la distancia horizontal y vertical, el tiempo, la velocidad y los patrones de pastoreo se delimitaron con un sistema de información geográfica (QGIS versión 3.16.14, Proyecto QGIS, <https://qgis.org/>). La unidad experimental considerada para estos análisis fueron las coordenadas geográficas de la observación diaria de cada animal. Se realizaron pruebas de Shapiro Wilk y Levene para comprobar supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Con base en la naturaleza de los datos, se optó por realizar la prueba de Kruskal-Wallis para examinar diferencias entre las variables: distancia horizontal y vertical, la velocidad de pastoreo según el patrón de pastoreo (tierras de cultivo frente a pastizales), edad del pastor, y la disponibilidad de corrales en el área de pastoreo (majadas). Estos análisis estadísticos se realizaron con el software IBM SPSS Statistics para Windows versión 25.0 (SPSS, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los SP de caprinos de este estudio son gestionados principalmente a través de una estructura familiar. En estos sistemas, los animales pastorean en tierras comunales donde cada familia selecciona las rutas de pastoreo a partir del conocimiento tradicional. Con los ejercicios de cartografía participativa y los recorridos en campo, se identificaron las características biofísicas y socioculturales que influyen en la selección de las rutas de pastoreo. Los siguientes aspectos influyen en la selección de las rutas de pastoreo en el área de estudio: condición de la vegetación que los pastores consideran adecuada a su objetivo productivo (carne o leche), una topografía adecuada, el acceso a cuerpos de agua, la presencia de otros caprinocultores, el respeto por las rutas

de sus antepasados, la vinculación con los sistemas agrícolas y la ubicación de sus majadas. Los pastores reconocieron que su territorio ha sufrido cambios en la productividad de los agostaderos como consecuencia de la pérdida de cobertura vegetal y erosión de suelo, llevándolos a modificar las rutas y formas de pastoreo. Los caprinocultores de mayor edad (50 a 65 años) mencionaron que, en generaciones pasadas, los rebaños eran más grandes y las rutas de pastoreo más largas. En este estudio se confirmó esa hipótesis, pues las rutas de pastoreo percibidas por los productores actualmente son significativamente más cortas que las rutas de una y dos generaciones anteriores (2.7 y 5.2 km, respectivamente; $P = 1.67 \text{ E-}03$). El pastoreo actual de los rebaños se realiza siempre dentro de los límites del ejido en rutas con una distancia horizontal y vertical promedio de 4.33 ± 0.15 km y 96.03 ± 7.02 m, respectivamente. El tiempo promedio de pastoreo fue de 7.75 ± 0.1 horas y los horarios de pastoreo son similares (10:00 a.m. a 5:00 p.m.). La velocidad promedio de pastoreo fue similar en todos los casos (0.56 ± 0.18 km/h). Así mismo, identificamos dos patrones de uso espacial del territorio para pastoreo: uno asociado a cultivos, donde los animales se trasladan al área agrícola para alimentarse de vegetación nativa y residuos de la cosecha anterior (en la época seca), y el segundo, donde los animales pastorean en el monte, se mueven de manera constante por más tiempo en rutas con mayor pendiente. Observamos que la edad es una variable clave que determina las características de las rutas de pastoreo. Las personas mayores de 50 años caminan una distancia horizontal más larga, de mayor duración, y con menor pendiente en comparación con otros grupos de edad. Estos resultados se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Efecto del patrón de pastoreo, edad del pastor y el acceso a corrales en área del pastoreo sobre la distancia, velocidad y duración del pastoreo en las comunidades: Presa Verde, Pocitos, Tinajuelas y Salinillas, San Luis Potosí, México

	Factores	n	Distancia de pastoreo		Velocidad pastoreo (km/h)	Duración diaria de pastoreo (h)
			Horizontal (km/día)	Vertical (m/día)		
PATRÓN	Asociado a cultivo	42	4.1 (0.2)	60 (3) ^a	0.5 (0.2)	7.5 (0.1) ^a
	Asociado a monte	76	4.8 (0.2)	161 (15) ^b	0.6 (0.4)	8.2 (0.1) ^b
EDAD	20-30 años	40	4.6 (0.3) ^a	76 (4) ^a	0.6 (0.3) ^{ab}	7.8 (1.0) ^a
	31-50 años	66	3.9 (0.3) ^a	115 (12) ^{ab}	0.5 (0.0) ^a	7.5 (0.2) ^a
	> 51 años	12	6.0 (0.2) ^b	62 (2) ^b	0.7 (0.2) ^b	9.0 (0.0) ^b
MAJADA	Presente	80	4.3 (0.2)	116 (10) ^a	0.6 (0.0)	7.9 (0.1)
	Ausente	38	4.5 (0.2)	54 (2) ^b	0.5 (0.0)	8.3 (0.8)

Diferentes literales indican diferencias significativas ($P < 0.05$) con prueba de Kruskal-Wallis. Se presentan los promedios y en paréntesis los errores estándar.

Nuestros resultados coinciden con lo reportado en otros SP de México (López-Ojeda et al., 2022) y en otras regiones del mundo (Scoones, 2021) donde la expansión de cultivos agrícolas y las sequías prolongadas han generado la pérdida de cobertura vegetal y reducido el pastoreo. Varios autores señalan que esta reducción puede conducir a un proceso de “sedentarización”, en donde los SP pierden su capacidad de movilidad, al reducir las rutas de pastoreo y favorecer una ocupación prolongada de ganado dentro de un área dada y el subsiguiente empobrecimiento y degradación del paisaje (Weber y Horst, 2011; Groom y Western, 2013; Reid-Shaw et al., 2021; Wang et al., 2022). La experiencia de los pastores es clave para la selección y adaptación de las rutas de pastoreo frente a la fragmentación de los pastizales en el sitio de estudio. Así mismo, la presencia de majadas corresponde a un elemento tradicional y sociocultural de gran relevancia de los SP de esta zona ya que reflejan un manejo eficiente y adaptativo al mantener a los animales durante la noche en

corrales cerca de las zonas de pastoreo. Con las metodologías participativas surgieron narrativas profundas sobre las razones de los cambios en las rutas de pastoreo, los tipos de perturbaciones que han sufrido y cómo se han adaptado al cambio. Estos son algunos aspectos que pocas veces se obtienen y consideran desde la perspectiva local, que no se incluyen en estudios de los SP (Manzano *et al.*, 2021), y que son de gran valor para la planeación y la definición de estrategias sistémicas que faciliten la búsqueda por su desarrollo sostenible (Scoones, 2021).

CONCLUSIONES

Reconocer desde una perspectiva local la forma en que se gestionan los SP de caprinos permite comprender de manera integral las dinámicas socio-ecológicas que los rigen. Es importante resaltar que en preparación al AIPP2026 se requiere reconocer el gran valor de estos sistemas productivos complejos ligados a ecosistemas altamente dinámicas y diversos donde se albergan ataduras socioculturales que requieren ser conocidas y comprendidas por su funcionamiento. Este acercamiento participativo permitió conocer a profundidad la estrecha relación que existe entre los caprinocultores y su entorno.

LITERATURA CITADA

- Barrera-Perales, O., Villegas, L. M. S., González, J. M. S., Rodríguez, J. A. L., & Lavallo, R. S. (2018). Economic and financial viability of extensive caprine livestock in San Luis Potosí, Mexico. *Mundo Agrario*, 19(40). <https://doi.org/10.24215/15155994e077>
- Berkes, Fikret., Colding, Johan., & Folke, Carl. (2002). *Navigating Social-Ecological Systems* (F. Berkes, J. Colding, & C. Folke, Eds.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511541957>
- FAO. (2021). *Pastoralism - Making variability work*. In *Pastoralism - Making variability work*. <https://doi.org/10.4060/cb5855en>
- Fernández-Giménez, M. E., & Estaque, F. F. (2012). Pyrenean pastoralists' ecological knowledge: Documentation and application to natural resource management and adaptation. *Human Ecology*, 40(2), 287–300. <https://doi.org/10.1007/s10745-012-9463-x>
- Groom, R. J., & Western, D. (2013). Impact of land subdivision and sedentarization on wildlife in Kenya's southern rangelands. *Rangeland Ecology and Management*, 66(1), 1–9. <https://doi.org/10.2111/REM-D-11-00021.1>
- Huber-Sannwald, E., Palacios, M. R., Moreno, J. T. A., Braasch, M., Peña, R. M. M., Verduzco, J. G. de A., & Santos, K. M. (2012). Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social-ecological systems: A case study from Mexico. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 367(1606), 3158–3177. <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0349>
- Johnsen, K. I., Niamir-Fuller, M., Bensada, A., & Waters-Bayer, A. (2019). A case of benign neglect: Knowledge gaps about sustainability in pastoralism and rangelands. In *Wedocs.Unep.Org*. www.grida.no
- López-Ojeda, J. C., Ramírez-Bribiesca, J. E., Arias-Margarito, L., Mendoza-Pedroza, S. I., Herrera-Haro, J. G., Váldez-Hernández, J. I., & Ortiz-Morales, O. (2022). Diagnosis and Customs Revealed by Peasants and Shepherds during the Transhumant Grazing of Pastoreña Goats in the Mixteca of Oaxaca, Mexico. *Sustainability*, 14(18), 11171.
- Manzano, P., Burgas, D., Cadahía, L., Eronen, J. T., Fernández-Llamazares, Á., Bencherif, S., Holand, Ø., Seitsonen, O., Byambaa, B., & Fortelius, M. (2021). Toward a holistic understanding of pastoralism. *One Earth*, 4(5), 651–665.
- Negrete-Sánchez, L. O., Aguirre-Rivera, J. R., Pinos-Rodríguez, J. M., & Reyes-Hernández, H. (2016). Beneficio de la parcelación de los agostaderos comunales del ejido “El Castañón”, municipio catorce, San Luis Potosí: 1993-2013. *Agrociencia*, 50(4), 511–532.
- Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., & Galvin, K. A. (2014). Dynamics and resilience of rangelands and pastoral peoples around the globe. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 217–242. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020713-163329>
- Reid-Shaw, I., Jargalsaihan, A., Reid, R. S., Jamsranjav, C., & Fernández-Giménez, M. E. (2021). Social-Ecological Change on the Mongolian Steppe: Herder Perceptions of Causes, Impacts, and Adaptive Strategies. *Human Ecology*, 49(5), 631–648. <https://doi.org/10.1007/s10745-021-00256-7>
- Scoones, I. (2021). Pastoralists and peasants: perspectives on agrarian change. *The Journal of Peasant Studies*, 48(1), 1–47.
- SIAP. (2022). *Sistema de Información Agroalimentaria: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*, SADER.
- SPSS, I. B. M. (2017). *IBM Corp. Released, Statistics for Windows, Version 25.0*. Armonk, NY: IBM Corp.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Wang, X., Liao, C., Brandhorst, S. M., & Clark, P. E. (2022). Sedentarization as an adaptation to socio-environmental changes? Everyday herding practices in pastoralist communities in southern Ethiopia. *Ecology and Society*, 27(3). <https://doi.org/10.5751/ES-13503-270339>
- Weber, K. T., & Horst, S. (2011). Desertification and livestock grazing: The roles of sedentarization, mobility and rest. In *Pastoralism* (Vol. 1, Issue 1). SpringerOpen. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-1-19>

CÓMO CALCULAR EL VALOR ECONÓMICO DE LOS NUTRIENTES, FORRAJES Y CULTIVOS FORRAJEROS

HOW TO CALCULATE THE ECONOMIC VALUE OF NUTRIENTS, FORAGES AND CROP PRODUCTION

Carlos Urban Häubi Segura^{1*}

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Km 3 Carr. a La Posta, Jesús María, AGS, C. P. 20900.

*Autor por correspondencia: drhaubi@yahoo.com

RESUMEN

Los sistemas de producción de leche extensivos e intensivos eficientes se basan en la disponibilidad de alimentos con altos valores de nutrientes, buscando la mayor rentabilidad económica. En este trabajo se presenta una metodología simple para calcular: a) el valor económico de un alimento en base a su materia seca, b) el valor económico del Total de Nutrientes Digestibles (TND) y Energía Neta de Lactancia (EN_{Lac}), c) el valor económico relativo de los nutrientes utilizando el Método de Petersen, d) el valor económico de la unidad de producción agrícola e) el valor en unidades de producto lácteo, y f) el valor económico del producto lácteo por unidad de hectárea. La producción de alfalfa en heno (90'000 kg BTC/ha * 20%MS = 18'000 kg MS/ha, TDN de 63.53% y 1.46 Mcal EN_{Lac}/kg MS) permite producir 18'377 litros de leche (1.43 Mcal EN_{Lac}/Litro) con un valor de \$183'776 pesos/ha. Según el Método de Petersen, el heno de alfalfa tiene un valor económico relativo de 148%, comparada con los ingredientes de referencia para energía (grano de maíz) y proteína (pasta de soya). Otros forrajes de aparente menor valor nutritivo y económico (heno de rye grass, ensilado de maíz, rastrojo y paja de cebada) mostraron valores relativos altos (266%, 184%, 301% y 396%, respectivamente), lo que indica que pueden ser utilizados en la formulación de raciones para abaratar los costos de las mismas, siempre y cuando se mantengan los requerimientos de energía y proteína y se tenga un buen manejo de la alimentación.

Palabras clave: Petersen, eficiencia energética, producción agrícola.

ABSTRACT

Dairy production systems, extensive and intensive, rely on the availability of feeds with high nutritional and economic value. In this work we present a simple methodology to calculate: a) the economic value of feeds in dry matter basis, b) the economic value of Total Digestible Nutrients (TDN) and Net Energy for Lactation (NE_{Lac}), c) the relative economic value of nutrients according to Petersen, d) the economic value of agricultural production, e) the economic value of the milk produce, and f) the economic value of the milk production by hectare. Alfalfa hay production (90'000 kg/ha * 20% DM = 18'000 kg DM/ha, TDN 65.53%, 1.46 Mcal NE_{Lac}/kg DM) can produce 18'377 liters of milk per hectare (1.43 Mcal NE_{Lac}/liter) with an economical value of 183'766 pesos/ha. According to Petersen, alfalfa hay has a relative economic value of 148% compared to the reference ingredients for energy (corn grain) and protein (soybean meal). Other forages with an apparently lower nutritive and economic value (rye grass hay, corn silage, corn stubbs and barley straw) showed high relative values (266%, 184%, 301% and 396%, respectively), which shows that they can be used in dairy rations to reduce costs, if energy and protein requirements are met and there is a good feeding management.

Keywords: Petersen, energy efficiency, agriculture production.

INTRODUCCIÓN

La producción de leche y carne son sistemas que cada vez requieren una mayor eficiencia en los sistemas de producción agrícola y pecuaria (Häubi-Segura y Gutiérrez Lozano, 2015), tanto en sistemas familiares (Posadas-Domínguez *et al.*, 2013) como en sistemas intensivos (Alvizo-Flores, 2018). La producción de forrajes de alto valor debe ser considerada una prioridad en el manejo integrado de las empresas. Los alimentos representan entre el 60 y 80% de los costos totales de la producción ganadera, por lo que es de suma importancia calcular el valor de los mismos, en especial, el valor de los nutrientes que se le ofrecen a los animales. Tradicionalmente, los alimentos se compran y venden como pacas de heno, *bushels* de granos, sacos o costales de granos o alimento balanceado, kg ó toneladas de ensilados, viajes de forrajes verdes, etc. La forma típica de calcular su valor económico es por su peso en base fresca o Base Tal Cual (BTC), lo que incluye una cantidad variable de humedad, que desgraciadamente no tiene un valor económico, pero que se paga. También afecta el grado de degradabilidad de los forrajes, ya que un forraje de menor degradabilidad tiene un menor valor económico. El objetivo de este trabajo es presentar una metodología simple para calcular el valor económico de alimentos, forrajes y nutrientes utilizando el Método de Petersen.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se presenta una forma simple de calcular: a) el valor económico de un alimento en base a su materia seca (BMS), b) el valor económico del Total de Nutrientes Digestibles (TND) y de las diferentes energías (ED, EM, EN_{Lac}), c) el valor relativo de dos nutrientes (e.g EN_{Lac} y PC) utilizando el Método de Petersen (1932), d) el valor económico de la unidad de producción agrícola (\$/ha), e) poder calcular el valor en unidades de producto lácteo (\$/Litro de leche), f) el valor económico del producto lácteo por unidad de hectárea.

RESULTADOS

a) Valor económico de la materia seca

Al comprar un forraje o grano en Base Tal Cual (BTC) también se está comprando una cierta cantidad de humedad (%Hum), por lo que ese necesario realizar los cálculos económicos en base materia seca (BMS). Es importante realizar el análisis de humedad en un horno de microondas o contar con un analizador de humedad de pacas y calcular el porcentaje de materia seca (%MS = 100 - %Hum), para determinar el peso en BMS y de ahí calcular el valor de la MS (\$BMS):

$$\$BMS = \$BTC / (\text{Peso}(\text{kg}) * \%MS)$$

Donde: \$BMS es el valor en Base Materia Seca, \$BTC es el precio en Base Tal Cual, %MS es el porcentaje de materia seca. En caso de calcular el valor económico de una paca de heno en BMS, se divide el precio de la misma entre los kg MS (\$BMS_{paca} = \$BTC_{paca} / kg MS) (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación del valor económico de cuatro pacas de heno de alfalfa.

	Paca 1	Paca 2	Paca 3	Paca 4	Cálculos
Precio, \$	120	115	110	110	Precio de mercado
Peso BTC, kg	35	32	30	30	Peso de la paca
%MS	87%	89%	89%	92%	%MS = 100% - %Hum
Peso BMS, kg	30.45	28.48	26.7	27.6	MS(kg) = Peso(kg) * %MS
\$BTC	3.43	3.59	3.67	3.67	\$BTC = Precio(\$)/ BTC(kg)
\$BMS	3.94	4.04	4.12	3.99	\$BMS = Precio(\$)/ BMS(kg)

La paca con el mejor valor económico es la primera (la más “cara”), con un precio de \$3.94/kg MS, incluso mejor valor que las Pacas 3 y 4, que aparentemente son las más baratas. Por otro lado,

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

es necesario evaluar también la calidad del heno, ya que la Paca 1 tiene demasiada humedad (13%) y podría tener crecimiento de hongos (“foguesarse”) y generar problemas de salud, incluso incendiarse si está mal almacenada, mientras que la Paca 4 tiene demasiada MS (92%) y pudiera perder sus hojas, afectando el valor nutritivo de la misma. En este caso, se recomienda comprar la Paca 2, que tiene mejor valor económico que la Paca 3 (\$4.04 vs \$4.12/kg MS, respectivamente), y no presenta los inconvenientes de las otras.

b) Valor económico del Total de Nutrientes Digestibles (TND)

El valor de un alimento únicamente es real si éste es degradado y absorbido por los animales. El NRC (2001) presenta una metodología para calcular el TND:

$$\text{TND\%} = \text{PC} \cdot 0.8 + \text{FC} \cdot 0.5 + \text{EE} \cdot 0.9 \cdot 2.25 + \text{ELN} \cdot 0.75 (\text{forraje}) \text{ ó } \text{ELN} \cdot 0.9 (\text{concentrado})$$

Donde: PC es Proteína Cruda, FC es Fibra Cruda, EE es Extracto Etéreo o Grasa Cruda y ELN es Extractos Libres de Nitrógeno, que se calculan por diferencia ($\text{ELN} = 100 - \text{PC} - \text{FC} - \text{EE} - \text{Cenizas}$). Los valores 0.8, 0.5, 0.9 y 0.75 son los parámetros de degradabilidad *standard* de cada componente, respectivamente. La degradabilidad del ELN de los forrajes es del 0.75 y de los concentrados es 0.90. (Nota: si se cuentan con pruebas de degradabilidad *in situ* o *in vitro* se pueden sustituir estos parámetros). El valor 2.25 es el valor relativo de la energía digestible de la Grasa Cruda frente a los carbohidratos y proteínas: $9 \text{ kcal} / 4 \text{ kcal} = 2.25x$. El valor resultante (TND%) es el porcentaje de nutrientes digestibles.

Ejemplo: Para una alfalfa con 19% PC, 35% FC, 3%EE, 10% Cenizas, 33% ELN ($100 - 19 - 35 - 3 - 10 = 33$), el TND es:

$$\text{TND\%} = 19 \cdot 0.8 + 35 \cdot 0.5 + 3 \cdot 0.9 \cdot 2.25 + 33 \cdot 0.75 = 63.53\%$$

A partir del TND se calcula el valor de la Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta de Lactancia (EN_{Lac}), y los resultados se dan en Mcal/kg MS ó kcal/g MS:

$$\text{ED} = \text{TND}/100 \cdot 4.409 \quad \text{ED} = 63.53/100 \cdot 4.409 = 2.80$$

$$\text{EM} = \text{TND}/100 \cdot 3.615 \quad \text{EM} = 63.53/100 \cdot 3.615 = 2.30$$

$$\text{EN}_{\text{Lac}} = (\text{TND}/100 \cdot 2.45) - 0.12 \quad \text{EN}_{\text{Lac}} = (63.53/100 \cdot 2.45) - 0.12 = 1.44$$

Se calcula el valor económico de cada una de ellas. Por ejemplo, cada una de las pacas de alfalfa tendría un valor nutricional y un cálculo de TND y energías diferentes. En la Tabla 2 se presentan Análisis Químico Proximal (AQP) de cada paca de heno de alfalfa y su valor de TND y Energía.

Tabla 2. Cálculo del valor económico de cuatro pacas de heno de alfalfa (Tabla 1) a partir de su valor nutricional (Análisis Químico Proximal, AQP) para calcular Total de Nutrientes Digestibles (TND), Energía Digestible (ED), Energía Metabolizable (EM) y Energía Neta de Lactancia (EN_{Lac})

	Paca 1	Paca 2	Paca 3	Paca 4	Cálculos
Precio y peso:					
Precio paca, \$	\$120	\$115	\$110	\$110	Precio por paca
Peso BTC, kg	35	32	30	30	Peso de la paca
MS, %	87%	89%	89%	92%	Porcentaje MS
BMS, kg	30.45	28.48	26.7	27.6	= Peso Paca * %MS
Análisis Químico Proximal:					
PC, %	22	21	19	18	Resultados de AQP
FC, %	29	30	31	35	Resultados de AQP
EE, %	3	3	3	3	Resultados de AQP
CEN, %	9	10	10	11	Resultados de AQP
ELN, %	37	36	37	33	= 100 - PC-FC-EE-Cen
Cálculo de TND y Energía:					
TND, %	65.93	64.88	64.53	62.73	= PC*0.8 + FC*0.5 + EE*0.9*2.25 + ELN*0.75

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ED (Mcal/kg MS)	2.91	2.86	2.84	2.77	= TND/100 *4.409
EM (Mcal/kg MS)	2.38	2.35	2.33	2.27	= TND/100 * 3.615
EN _{Lac} (Mcal/kg MS)	1.50	1.47	1.46	1.42	= (TND/100 *2.45) - 0.12
Contenido por paca:					
TND, kg	20.07	18.48	17.23	17.31	= MS(kg)* TND/100
ED, Mcal/paca	88.51	81.46	75.96	76.33	= MS(kg) * ED
EM, Mcal/paca	72.57	66.79	62.28	62.58	= MS(kg) * EM
EN _{Lac} , Mcal/paca	45.53	41.85	39.01	39.10	= MS(kg) * EN _{Lac}
Valor económico:					
\$TND, \$/kg TND	5.98	6.22	6.38	6.35	= Precio paca/TND
\$ED, \$/Mcal ED	1.36	1.41	1.45	1.44	= Precio paca/ ED
\$EM, \$/Mcal EM	1.65	1.72	1.77	1.76	= Precio paca/ EM
\$EN _{Lac} , \$/Mcal EN _{Lac}	2.64	2.75	2.82	2.81	= Precio paca/ EN _{Lac}

En este ejemplo, la paca con el mejor valor económico calculado como Costo por unidad de Energía Neta de Lactancia (EN_{Lac}) es la Paca 1 (\$2.64/Mcal EN_{Lac} kg MS), incluso si tiene el precio más alto (\$120 por paca), mientras que la Paca 3 tiene el peor valor económico (\$2.82/Mcal EN_{Lac} kg MS), aunque es la paca más barata (\$110 por paca).

c) Valor económico de los nutrientes principales (Método de Petersen)

En 1932, Petersen estableció un método de ecuaciones simultáneas para determinar el valor económico de los nutrientes principales (Energía y Proteína) a partir de los valores de dos ingredientes de referencia (e.g. Grano de Maíz para energía y Pasta de Soya para proteína) y de sus precios de mercado (Grano de Maíz \$8.50, Pasta de Soya \$12.00) convertidos a precios en BMS (\$/kg MS). También se puede calcular por Programación Lineal (SOLVER de Excel®) (Tabla 3).

Tabla 3. Cálculo del valor económico de EN_{Lac} y proteína cruda según el Método de Petersen

	EN _{Lac} Mcal/ kg MS	PC	\$/kg MS	X = Valor EN _{Lac}	Y = Valor PC	Valor Total ¹
Ecuación 1	1.90	9.00	\$9.66	\$4.836	\$0.0522	\$9.66
Ecuación 2	2.26	46.00	\$13.33	\$4.836	\$0.0522	\$13.33

¹Valor Total = EN_{Lac} * Valor EN_{Lac} + PC * Valor PC

Con esto se puede calcular el valor relativo de otros ingredientes, donde los ingredientes de referencia tienen siempre el 100%, y cualquier valor superior implica un mejor valor económico y se recomienda el uso de ese ingrediente en la dieta (Tabla 4).

Tabla 4. Cálculo del valor económico relativo de los ingredientes según el Método de Petersen

Ingrediente	Precio de mercado \$/kg BTC	MS (%)	Precio BMS \$/kg MS	EN _{Lac} (Mcal/kg MS)	PC (%)	Valor EN _{Lac} ¹ : \$/Mcal	Valor %PC ² : \$/%PC	Valor Total \$BMS	Valor económico relativo, %
Grano de Maíz	\$8.50	88.0	\$9.66	1.90	9.00	9.189	0.470	\$9.66	100%
Pasta Soya	\$12.00	90.0	\$13.33	2.26	46.00	10.930	2.403	\$13.33	100%
Alfalfa heno	\$5.00	89.0	\$5.62	1.45	22.00	7.013	1.149	\$8.16	145%
Rye Grass	\$2.50	89.0	\$2.81	1.35	18.00	6.529	0.940	\$7.47	266%
Ensilado maíz	\$1.20	30.0	\$4.00	1.45	7.00	7.013	0.366	\$7.38	184%
Rastrojo	\$1.50	93.0	\$1.61	0.95	5.00	4.594	0.261	\$4.86	301%

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Paja Cebada	\$1.30	94.0	\$1.38	1.10	3.00	5.320	0.157	\$5.48	396%
-------------	--------	------	--------	------	------	-------	-------	--------	------

En este ejercicio: ¹la unidad de EN_{Lac} \$4.836; ²la unidad de %PC \$0.052

Los ingredientes de referencia siempre presentan un valor económico relativo del 100%. Ingredientes con valores porcentuales inferiores no conviene incluirlos en la ración, a menos que aporten nutrientes muy específicos. Por otro lado, ingredientes con valores superiores a 100% si conviene incluirlos en la ración, ya que reducirán el costo de la misma. Generalmente, los forrajes de calidad tienen valores económicos relativos mayores a los de los granos y a las pastas de oleaginosas porque son producidos por el mismo ganadero y no compiten con la alimentación humana.

d) Valor económico de la producción agrícola

Si calculamos el valor económico por cada hectárea es necesario tener datos costos de cultivo (preparación del suelo, semilla, fertilización, control de malezas e insectos, riego, mano de obra, maquinaria, costo de cosecha, manejo post-cosecha y costos fijos de la empresa). Para el mismo ejemplo de heno de alfalfa son aproximadamente \$50'000 por hectárea. Se pueden lograr hasta 10 cortes al año, para una producción anualizada de 90'000 kg BTC/ha, a 20% MS, son 18'000 kg MS/ha, lo que arroja una cantidad de 600 pacas de 30 kg cada una, a \$120 pesos la paca, con un ingreso de \$72'000/ha, con una utilidad neta de \$22'000 por ha.

e) Valor energético y económico del producto lácteo

La producción de forraje por área de superficie (hectárea, ha) en base tal cual (BTC) se multiplica por su porcentaje de Materia Seca (%MS) para obtener la producción en base materia seca (BMS). Este valor se multiplica por la densidad energética del producto (EN_{Lac}/kg MS) para obtener el total de estos nutrientes por hectárea (EN_{Lac}/ha). A continuación, se calcula la cantidad de EN_{Lac} para producir un litro de leche, según su composición energética:

$$\text{EN}_{\text{Lac}}/\text{kg Leche} = \text{PL} * (\% \text{Gr}/100 * 9.29 + \% \text{Pr}/100 * 5.47 + \% \text{Lact}/100 * 3.95)$$

La EN_{Lac} de la leche con 3.6% grasa, 3.2% proteína y 4.8% Lactosa, el resultado es 0.699 Mcal/kg, o su recíproco (1/0.699 = 1.43 kg Leche/Mcal EN_{Lac}). A un promedio de 1.46 Mcal EN_{Lac}/kg MS, la producción de leche por kg MS de alfalfa es:

$$1.43 \text{ Litros/Mcal EN}_{\text{Lac}} * 1.46 \text{ Mcal EN}_{\text{Lac}}/\text{kg MS} = 2.088 \text{ L/kg MS}$$

A un precio promedio de \$10/Litro, el ingreso por kg MS de alfalfa es \$20.88.

f) Valor económico del producto lácteo por unidad de hectárea

Finalmente se calcula la cantidad de producto lácteo y su valor económico por hectárea, lo que permite evaluar los sistemas productivos, agrícola y pecuario, de forma integrada. Para la producción de alfalfa, a partir de una producción anualizada por hectárea (e.g 90'000 kg BTC/ha) y su materia seca (20% MS) se calcula la producción en materia seca (18'000 kg MS/ha) y su densidad energética (1.46 Mcal EN_{Lac}/kg MS) se calcula la EN_{Lac} por hectárea:

$$1.46 \text{ Mcal EN}_{\text{Lac}}/\text{kg MS} * 18'000 \text{ kg MS/ha} = 26'280 \text{ Mcal EN}_{\text{Lac}}/\text{ha}$$

lo que permite producir la siguiente cantidad de leche:

$$26'280 \text{ Mcal EN}_{\text{Lac}}/\text{ha} / 1.43 \text{ Mcal EN}_{\text{Lac}}/\text{Litro} = 18'377 \text{ Litros/ha}$$

Si el precio de la leche pagada al ganadero está en \$10/litro, esto implica \$183'776 pesos/ha.

DISCUSIÓN

En la producción intensiva de leche es importante mantener los aportes de nutrientes, especialmente energía y proteína, al mismo tiempo que se busca abaratar los costos de los mismos. Una forma es sustituyendo granos y pastas de oleaginosas con forrajes de alto valor económico relativo. Como se esperaba, el heno de alfalfa, considerada como la reina de las forrajeras, tiene un valor relativo superior a los ingredientes de referencia (143% vs 100%). Sorpresivamente, otros forrajes de aparente menor valor nutritivo y económico (heno de rye grass, ensilado de maíz, rastrojo y paja

de cebada) también tuvieron valores relativos altos (266%, 184%, 301 y 396%, respectivamente), por lo que pueden ser incluidos en las raciones del ganado. Si bien los cálculos de valor relativo se realizan con TND o EN_{Lac} , lo que ya incluye parámetros de degradabilidad (analizados *in situ* o *in vitro*), estos forrajes pueden presentar dificultades en la degradabilidad *in vivo*, al interactuar en el rumen y tracto intestinal, por lo que es importante cuidar la forma de presentarlos al ganado, tanto en el tamaño de partícula, mezclado, horarios de alimentación, etc., así como la interacción de los componentes energéticos y proteicos.

Los valores presentados en este trabajo varían de acuerdo con los precios de mercado y composición química de los mismos, por lo que es responsabilidad del nutriólogo y el ganadero actualizar las bases de datos de sus ingredientes a la vez de mantener los requerimientos de energía y proteína para cada etapa productiva y objetivos productivos.

En este trabajo no se incluyeron análisis del costo financiero de los sistemas de producción, que también son necesarios para una adecuada toma de decisiones en la producción agropecuaria.

CONCLUSIONES

El cálculo del valor económico relativo de los nutrientes y del potencial de producción por hectárea para diferentes forrajes y cultivos representa beneficios productivos y económicos al ganadero. Los forrajes de alto valor tienen valores relativos superiores a los granos de cereales y pasta de oleaginosas, por lo que deben utilizarse más en las raciones de los animales.

LITERATURA CITADA

- Alvizo-Flores, J.A. (2018). *Análisis de la eficiencia nutricional en la hatos lecheros altos productores del Estado de Aguascalientes*. Tesis de Maestría, Maestría en Ciencias con opción a Agronómicas o Veterinarias (MCAV), Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Häubi Segura, C.U. & Gutiérrez Lozano, J.L. (2015). Evaluación de unidades familiares de producción lechera en Aguascalientes: estrategias para incrementar su producción y rentabilidad. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 19 (2) (mayo-agosto), pp. 7-34. <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83742619002>> ISSN 0188-7890
- National Research Council (NRC) (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th Rev. Ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
- Petersen, J. (1932) A formula for evaluating feeds on the basis of digestible nutrients. *Journal of Dairy Science* 15: 293-297.
- Posadas Domínguez R. R., Salinas Martínez J. A., Callejas Juárez N., Álvarez Fuentes G., Herrera Haro J., Arriaga Jordán C.M. & Martínez Castañeda F.E. (2013). Análisis de costos y estrategias productivas en la lechería de pequeña escala en el periodo 2000-2012. *Contaduría y Administración* 59 (2): 253-275.

EVOLUCIÓN PRODUCTIVA 2018-2019 vs 2022-2023 DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAPRINO EN ESTABULACIÓN EN MAPIMI, DURANGO, MÉXICO
PRODUCTIVE EVOLUTION 2018-2019 vs 2022-2023 OF A STABLING GOAT PRODUCTION SYSTEM IN MAPIMI, DURANGO, MEXICO

Gonzalo Hernández Ibarra^{1*} y Miguel Ángel Mata Espinosa¹

¹Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango.

Autor por correspondencia: chalonza2011@gmail.com

RESUMEN

En el presente estudio se describen los cambios en los parámetros productivos, reproductivos y de manejo general observados en una unidad de producción caprina durante el periodo 2018-2023. Es una explotación privada estabulada se localiza al noreste del estado de Durango dentro de una gran zona económica con alta actividad agropecuaria (Comarca Lagunera). Los parámetros evaluados fueron: Porcentaje de preñez, porcentaje de nacimientos, porcentaje de destete y promedio de cabritos por parto (reproductivos); así como litros de leche por cabra por temporada, litros de leche por cabra por día y cantidad de ordeñas por día (productivos). Las instalaciones consistieron en dos corrales divididos (con comederos y bebederos independientes). Los caprinos eran entrecruzamientos de razas Alpino Francesa (AF), La Mancha (LM) y Toggenburg (T). El inventario evaluado aumentó de 11 caprinos (10 vientres ^{3/4} AF, ^{1/4} LM, y un macho T) en 2018–2019 a 12 (11 vientres ^{4/8} T ^{3/8} AF ^{1/8} LM, y un macho ^{3/4} AF ^{1/4} T) en 2022–2023. Además, la producción láctea, el valor monetario de la producción por temporada y la cantidad de crías por gestación aumento de 379 a 593.8 litros por cabra por día, \$ 16,390 a \$51,816 pesos y 1.625 a 2 crías para ambos periodos. Estos cambios podrían ser atribuidos al cruzamiento con la raza Toggenburg y a la inclusión de ingrediente en la ración diaria de 130 g de pasta de soya y minerales comerciales (sal “Supremo”).

Palabras Clave: Parámetros, Mejora genética, Insumos, Valor, Productos.

ABSTRACT

This study describes the changes in the productive, reproductive, and general management parameters observed in a goat production unit during the period 2018-2023. It is a private stabled farm located in the northeast of the state of Durango within a large economic zone with high agricultural activity (Comarca Lagunera). The parameters evaluated were: Pregnancy percentage, birth percentage, weaning percentage and average number of kids per birth (reproductive); as well as liters of milk per goat per season, liters of milk per goat per day and number of milkings per day (productive). The facilities consisted of two divided pens (with independent feeders and waterers). The goats were crossbreeds of French Alpine (AF), La Mancha (LM) and Toggenburg (T) breeds. The evaluated inventory increased from 11 goats (10 bellies ^{3/4} AF, ^{1/4} LM, and one male T) in 2018–2019 to 12 (11 bellies ^{4/8} T ^{3/8} AF ^{1/8} LM, and one male ^{3/8} 4 AF ^{1/4} T) in 2022–2023. In addition, dairy production, the monetary value of production per season and the number of offspring per pregnancy increased from 379 to 593.8 liters per goat per day, \$16,390 to \$51,816 pesos and 1,625 to 2 offspring for both periods. These changes could be attributed to crossing with the Toggenburg breed and the inclusion of the ingredient in the daily ration of 130 g of soybean paste and commercial minerals (“Supremo” salt).

Keywords: Parameters, Genetic improvement, Inputs, Value, Products.

INTRODUCCIÓN

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche especialmente en los países del Mediterráneo, Oriente, África entre otros. Para el caso del ganado caprino el inventario mundial se concentra (97 %) en Asia, África y América Latina (FAO, 2023). Statista, (2023) confirma que el volumen de producción de leche de cabra en México en 2021 superó los 165 millones de litros, representó un ligero aumento en comparación el volumen reportado un año atrás, y constituyó la mayor cifra del periodo. SAGARPA, (2017) público que la crianza del ganado caprino en México encuentra su rentabilidad en la producción de carne que se destina para venta y consumo, al igual que la producción de leche tanto para consumo humano como para elaboración de quesos y dulces; la misma instancia asevero que las principales razas de cabras criadas en México para producción de leche son: Alpina francesa, Anglonubia, Saanen, y para carne: Angora, Boer, Toggenburg y criolla. Actualmente más de 6,000 millones de personas en el mundo consumen leche y productos lácteos; especialmente los países en desarrollo (FAO, 2023). Se planteó como objetivo describir el progreso en valores de parámetros productivos y reproductivos en un hato caprino estabulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

La unidad de producción caprina “El Chicalotal” propiedad de la señora María Lucia Terrones García otorgo consentimiento y autorización para la exposición del presente estudio, el cual se localiza al extremo norte del estado de Durango en el municipio de Mapimí al extremo norte del estado de Durango, (26°14'6" N y 104°29'14" O). Limita al norte, con el estado de Chihuahua; al oriente, con el municipio de Tlahualilo; al poniente con Hidalgo, al sur con Gómez Palacio, Nazas, Lerdo y San Pedro del Gallo. El área tiene una altitud de 1,300 m.s.n.m., dos climas: semicálido y semiseco. Su temperatura media es de 18°C, la mínima es de 9°C y la máxima es de 41°C. La temperatura. La precipitación pluvial anual es de 263.1 mm. Además, la flora en el municipio se compone de pastizal mediano abierto y halófito abierto, matorral inerme parvifolio, bajo subespinoso y bosque caducifolio espinoso (INAFED, 2010).

Metodología: Desde el año 2018 se han venido monitoreando los registros de los aspectos siguientes: 1) Actividades de manejo general, alimentación dos veces por día en el periodo 2018-2019 los ingredientes en la ración fueron: Alfalfa (10 kilo/servida y maíz molido (4 kg/servida), cambiando para el periodo 2022-2023 a alfalfa (10 kg/servida, maíz molido (5 kg/servida), pasta de soya 130 g/cabra/día y 10 gramos de sal mineral comercial en polvo marca Supremo (ortofosfato de calcio 21%, oxido de magnesio 54%, oxido de manganeso 86%, sal molida, Carrier, canola, selenio, EDDI 1.6%, cobalto 0.27%, sulfato de cobre 27%, azufre, sulfato de zinc 86%, carbonato de calcio, sulfato ferroso 66%, aceite mineral y colorantes); además fueron considerando parámetros reproductivos basados en entrecruzamiento de cabras de las razas Alpino Francesa (AF), La Mancha (LM) y Toggenburg (T), porcentaje de preñez, porcentaje de nacimientos, porcentaje de destete y promedio de cabritos por parto; así como parámetros productivos como: litros de cabra por temporada, litros de leche por cabra por día y cantidad de ordeñas por día; 2) Se usó y analizó a los datos de producción láctea semanales generados por la empresa Chilchota S.A. de C.V; cada sábado la empresa entrega un cheque a nombre de cada productor que incluye el valor de la producción láctea semanal y 3) Posteriormente se trabajó con los datos para la realización de tabulados y gráficos en el software Microsoft Excel ® versión 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La unidad de producción en estudio “El Chicalotal” tiene un manejo estabulado todo el año se alimenta 2 veces al día, actualmente la ordeña es manual la primera por la mañana de 7 a 8 a.m. y por la tarde de 7 a 8 p.m., contrastando hace 4 años que solamente se realizaba una sola ordeña por día. Se categoriza como un sistema semi-intensivo, puesto que no se realiza la inseminación artificial (IA). Diariamente la producción láctea se vende a la Empresa Chilchota S.A. de C.V, pagándose cada sábado por medio de un cheque a nombre de cada productor.

En la Figura 1, se aprecia que la producción de leche para los dos periodos se ve afectada por el periodo de secado y el de pariciones (calostreo y desarrollo del cabrito), existe una diferencia de dos semanas más de duración del mencionado periodo en 2022-2023; debido a que se extendió el periodo de recuperación con 10% más de la alimentación diaria 15 días antes del parto para mejorar la condición corporal. SIAP, (2022) reporta que Durango es el tercer lugar como productor de leche de cabra con 24,985.92 millones de litros, después de Coahuila y Guanajuato. Además, la misma instancia menciona que Mapimi es el sexto lugar a nivel estatal en producción de leche de cabra con 1,765.06 millones de litros, después de Gómez Palacio, Tlahualilo, Lerdo, San Juan de Guadalupe y General Simón Bolívar.

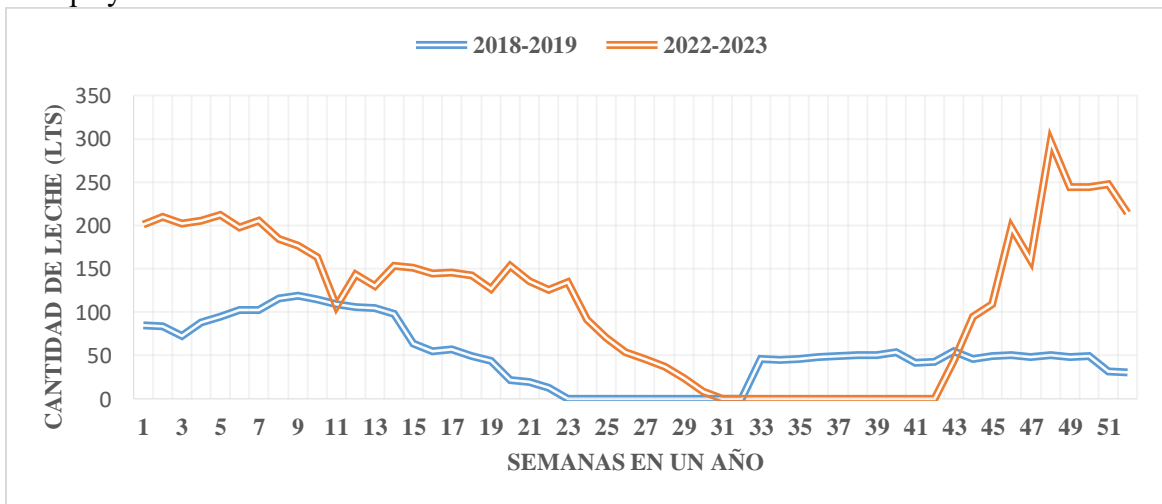


Figura 1. Producción láctea de la unidad de producción estabulada “El Chicalotal” en dos periodos. Datos proporcionados por la Propietaria de la unidad de producción caprina mediante las hojas de producción semanal que entrega la Empresa Chilchota S.A. De C.V.

En la Figura 2, se pueden apreciar los montos por componente financiero para cada uno de los dos periodos, señalando que los valores para el periodo 2022-2023 son más favorecedores que para el periodo 2018-2019; puesto que en la diferencia entre los ingresos totales menos los egresos totales para cada periodo, resulto en \$20,387 y \$3,538, respectivamente.

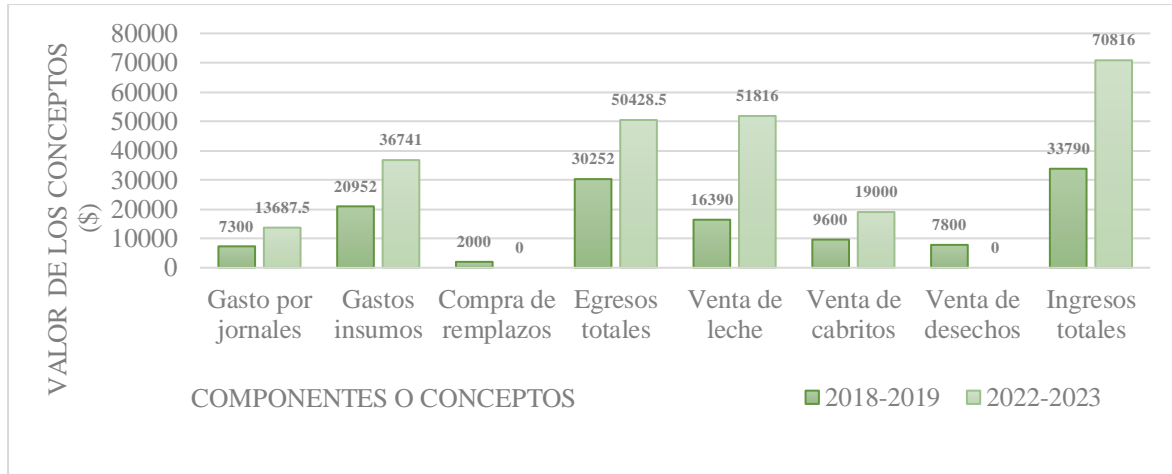


Figura 2. Egresos e ingresos totales y distintos rubros que los conforman para dos periodos de una unidad de producción caprina.

Aspectos financieros en ambos periodos: (1) En el periodo mayo de 2018 a abril de 2019; los gastos o inversión para insumos consistió en \$20,952 distribuido en los rubros siguientes: Pacas de alfalfa para alimentación (\$14,600), maíz molido para alimentación (\$5,402), fármacos (\$100), accesorios (\$50), sal mineral (\$60), agua para el rebaño (\$740); **(2)** Para el segundo periodo evaluado los gastos ejercidos fueron de mayo de 2022 a abril de 2023; donde el gasto o inversión para insumos fue de \$36,741, acorde a los rubros siguientes: Pacas de alfalfa para alimentación (\$21,681), maíz molido para alimentación (\$8,760), pasta de soya (\$4800), fármacos (\$300), accesorios (\$100), sal mineral (\$100) y agua para el rebaño (\$1000). Félix (2016) reporta que la inclusión de aceite de soya en dietas de cabras Saanen en lactación en un sistema de producción intensiva no tiene efecto sobre el peso vivo, la producción de leche, el contenido de grasa, de proteína y de lactosa en leche, pero aumenta el consumo diario de alimento.

En el Cuadro 1; se denotan los parámetros productivos y reproductivos para los dos periodos, donde se aprecia que el periodo 2018-2019 únicamente es superior en el rubro porcentaje de destete; para los demás rubros es superior el periodo 2022-2023 incluso supero en un 160.7% en litros promedio por cabra por día, promedio de cabritos por parto incremento a de 1.625 a 2; al igual que el porcentaje de preñez que cambio positivamente de 80 a 100%.

Un estudio en Tanzania reveló que tienen grandes rebaños de cabras y una pequeña proporción de machos cabríos por cabras, aunque los caprinocultores no conocen bien la consanguinidad y sus efectos negativos; sin embargo, a su favor practican buenos métodos de cría que podrían compensar la productividad de sus animales (Nguluma *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Parámetros productivos y reproductivos de la unidad de producción caprina “El Chicalotal”

Parámetros productivos y reproductivos	2018-2019 (%)	2022-2023 (%)
Porcentaje de preñez	80	100
Porcentaje de nacimientos	100	100
Porcentaje de destete	100	95.5
Promedio de cabritos por parto	1.625	2
Partos al año	1	1
Litros de leche cabra/temporada	379	593.8
Litros de leche promedio cabra/día	1.28	2.11
Valor de la leche entregada	16,390	51,816
Cantidad de cabras en ordeña	8	10
Cantidad de ordeñas por día	1	2

En el presente estudio los resultados evidencian que la inclusión y cruzamiento entre las razas Alpino francés y La Mancha con la raza Toggenburg incrementaron la cantidad de leche producida por día por cabra de 1.28 a 2.11 y mejoraron los valores de porcentaje de preñez de 80 a 100 % en la comparación de los dos periodos a 4 años de diferencia.

Realizando un análisis relación costo/beneficio de los dos periodos en estudio para la Unidad de producción “El Chicalotal” la numerología queda de la forma siguiente: Periodo 2018-2019 fue $R=33,790/30,252$; resultando en 1.12 en contraste el periodo 2022-2023 $R=70,816/50,428.5$ resultando en 1.40; destacando el valor 0.28 (pesos por cada peso invertido a favor del periodo 2022-2023).

Algunos casos de excepción con respecto al resto del país son los Estados de Coahuila, Guanajuato y Durango donde cuentan con un gran número de explotaciones intensivas enfocadas a la producción de leche, pie de cría y cabrito. Estos tres Estados aportan más del 72% de leche de cabra que se produce en el país (SIAP, 2014). Sarriff *et al.* (2020) en un estudio realizado en Arabia manifiestan que las cabras se crían para una gran variedad de propósitos donde destacan como los principales la generación de ingresos, la carne y el ahorro.

CONCLUSIONES

La relación beneficio/costo considerando ambos periodos de la unidad de producción fue de 1.12 y 1.40, ambas como positivas para 2018-2019 y 2022-2023, respectivamente.

La diferencia marcada a favor del periodo 2022-2023 probablemente es atribuible a tres aspectos relevantes, 1) la mejora genética del hato caprino, 2) la inclusión de pasta de soya en la ración diaria y 3) la realización de 2 ordeñas al día.

LITERATURA CITADA

- Excel. 2013. Software Microsoft Excel ® versión 2013.
- FAO. (2023). Portal lácteo. Leche y productos lácteos. Consultado el 12 de junio de 2023 de: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- Félix S. A. (2016). Respuesta productiva en cabras lecheras en confinamiento adicionando aceite de soya en la dieta. Tesis profesional. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca Estado de México. Consultado el 21 de agosto de 2023 de: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/49832/TESES-AFS-06-16.pdf>
- Instituto Nacional para el Federalismo. (2010). “Mapimi, Durango”. Instituto Nacional para el Federalismo. Consultado el 11 de agosto de 2019 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10013a.html>.
- Nguluma AS, Hyera E, Nziku Z, Shirima EM, Mashingo MSH, Lobo RNB, Getachew T, Rischkowsky B, Haile A. (2020). Characterization of the production system and breeding practices of indigenous goat keepers in Hai district, Northern Tanzania: implications for community-based breeding program. *Trop Anim Health Prod.* 2020 Nov;52(6):2955-2967. doi: 10.1007/s11250-020-02313-7. Epub 2020 Jun 13. PMID: 32535802.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). La caprinocultura en México. Consultado el 18 de junio de 2023 de: <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>
- Sheriff O, Alemayehu K, Haile A. (2020). Production systems and breeding practices of Arab and Oromo goat keepers in northwestern Ethiopia: implications for community-based breeding programs. *Trop Anim Health Prod.* 2020 May;52(3):1467-1478. doi: 10.1007/s11250-019-02150-3. Epub 2019 Dec 5. PMID: 31807983.
- SIAP. (2014). Dirección de Ganadería. Producción de leche de cabra en México. Consultado el 12 de julio de 2023 de: www.siap.gob.mx
- SIAP. (2022). Dirección de Ganadería. Producción de leche de cabra en México. Consultado el 14 de agosto de 2023 de: www.siap.gob.mx
- Terrones García M. L. (2023). En comunicación personal. (Datos reales de insumos, gastos y producción láctea).

**LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO DE NOPAL FORRAJERO CON
KLUYVEROMYCES MARXIANUS REDUCE LA PRODUCCIÓN DE METANO
RUMINAL *IN VITRO***

**SOLID STATE FERMENTATION OF PRICKLY PEAR CACTUS WITH
KLUYVEROMYCES MARXIANUS REDUCES *IN VITRO* RUMINAL METHANE
PRODUCTION**

Esperanza Herrera-Torres^{1*}, Esther Araiza-Rosales², y Gerardo Pámanes-Carrasco³

¹Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Valle del Guadiana, Durango, Mex.

²CONACYT – UJED. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Mex.

³CONACYT – ISIMA. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Mex.

Autor por correspondencia: * hetoes99@yahoo.com.mx

RESUMEN

La fermentación en estado sólido se ha utilizado para incrementar la calidad nutricional del nopal forrajero para su uso integral en la alimentación de ganado bovino en agostadero o confinamiento. No obstante, la información de los efectos del uso de esta tecnología en la producción de metano ruminal es limitado. De esta manera, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fermentación en estado sólido (SSF) de pencas de nopal con cultivos de levaduras en la producción de metano y parámetros de fermentación ruminal *in vitro*. Tres tratamientos experimentales fueron evaluados: nopal (N) como testigo; nopal pretratado con cepas de *Saccharomyces cerevisiae* (N+SC); y pencas de nopal pretratado con cepas de *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 (N+KM). Los tratamientos fueron fermentados en líquido ruminal y se midieron los parámetros de la fermentación ruminal y la producción de metano. Los resultados obtenidos muestran que el N+KM incrementó la producción de propionato y disminuyó las producciones de metano y CO₂ (p<0.05). Por lo que se concluye que el nopal pretratado con cultivos de *Kluyveromyces marxianus* contribuye a la reducción de la síntesis de metano ruminal *in vitro* en un 22%.

Palabras clave: Alimentación animal no convencional, cinéticas de producción de gas, cultivos de levaduras.

ABSTRACT

Solid state fermentation has been used to increase the nutritional value of prickly pear cactus in order to be used as feedstuff in cattle feeding in both extensive or intensive feeding systems. Nevertheless, information of effects of these feedstuffs in ruminal methane production is limited. Therefore, this investigation aimed to evaluate the effect of solid state fermentation (SSF) of prickly pear cactus with yeast cultures on *in vitro* ruminal methane production and fermentation patterns. Three experimental treatments were evaluated: prickly pear cactus (N); prickly pear cactus pretreated with *Saccharomyces cerevisiae* cultures (N+SC); and prickly pear cactus pretreated with *Kluyveromyces marxianus* ITD00262 cultures (N+KM). All treatments were fermented in ruminal liquor and ruminal fermentation patterns and methane production were measured. Results show that N+KM increased propionate production and reduced methane and CO₂ productions (p<0.05). Therefore, it is concluded that SSF of prickly pear cactus with *K. Marxianus* reduces *in vitro* methane production.

Keywords: Non conventional feedstuffs, gas production kinetics, yeast cultures.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en el norte de México se ha presentado un aumento en la temporada de sequía debido a los efectos del cambio climático, el cual es ocasionado por la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. La actividad ganadera contribuye a las emisiones de GEI aportando casi el 30% del total de las emisiones antropogénicas de metano a la atmósfera, mientras que en México aporta el 50% (Hernández-Medrano, 2018). Algunos investigadores han propuesto diferentes alternativas que mitiguen la emisión de GEI, proponiendo diferentes fuentes alimenticias como lo hizo Herrera et al., (2022). De aquí surge el nopal como una alternativa alimenticia durante la época de estiaje. Cabe mencionar que, el nopal es una fuente natural que puede ayudar a aliviar la falta de acceso al agua para el ganado y que es eficiente en el uso del agua en comparación con otros cultivos anuales. Además, contiene un alto contenido de carbohidratos y calcio, y puede convertir agua en materia seca y energía digestible, característica deseable por los ganaderos (Flores y Reveles, 2010). Sin embargo, su bajo contenido de proteínas (aproximadamente 4%, MS) limita el uso del nopal como fuente de nutrientes en la alimentación animal. Para solventar esta deficiencia se propone que a través de la fermentación en estado sólido (FES) se incremente el contenido de proteína. Esta biotecnología utiliza la proliferación de cultivos de levadura como *Saccharomyces cerevisiae* (Herrera et al., 2017). Por lo anterior, se propone evaluar dos tipos de levaduras; 1) *Saccharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus* en la FES de nopal a diferentes horas de incubación sobre los parámetros de fermentación y producción de metano *in vitro*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Fermentación en estado sólido (FES)

Las pencas de nopal fueron cortadas en pequeñas piezas utilizando un cuchillo de acero inoxidable, de las cuales se pesaron 250 g y colocadas en matraces erlenmeyer de 250 ml de plástico en donde fueron inoculadas con *Sacharomyces cerevisiae* al 1% m/m y con 1×10^9 células de *K. marxianus*. El proceso de fermentación fue llevado a cabo por 48 h y 144 h respectivamente a 28°C.

Producción de metano y parámetros de fermentación ruminal

Aproximadamente 1 g (MS) de cada tratamiento experimental se colocó en módulos de vidrio equipados con transductores electrónicos para medir la presión según los procedimientos del fabricante (ANKOM, EE. UU.) y se incubó por triplicado con soluciones tampón e inóculo ruminal en una proporción 2:1, según Theodorou et al. (1994) durante 24 h. Una vez transcurrido el tiempo, se abrió la válvula de liberación de presión de los módulos y se midieron las composiciones de metano y CO₂ del gas liberado según los procedimientos propuestos por González-Arreola et al. (2019) utilizando el analizador de gases portátil GEM5000 (Landtec, EE. UU.). Posteriormente, los módulos de vidrio se abrieron completamente y se midió el pH inmediatamente; posteriormente, una alícuota de líquido ruminal de cada proceso de fermentación se utilizó para análisis posteriores de ácidos grasos volátiles (AGV) y nitrógeno-amoniaco (N-NH₃) según los procedimientos propuestos por Galyean (2010).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con un diseño completamente al azar utilizando el procedimiento GLM del SAS (2009) y para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey, declarando diferencias significativas cuando $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de fermentación ruminal, AGV, producción de metano y CO₂ después de 24 h de fermentación se presentan en la Tabla 1. Como se observó, no hubo cambios en el pH entre tratamientos ($p=0.6799$). Sin embargo, el nitrógeno amoniacal aumentó con nopal+SC y nopal+KM ($p=0.0441$). Las concentraciones de ácidos acético, propiónico y butírico, así como de ácidos grasos volátiles totales (AGTV) son similares en nopal+KM en comparación con el nopal

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

($p > 0.05$). Sin embargo, se observa una reducción en ácido acético y AGTV en nopal+SC en comparación con el nopal ($p = 0.0001$). Además, los ácidos propiónico y butírico aumentaron con nopal+SC ($p < 0.05$). Por su parte, la producción de metano y CO₂ disminuyó 23 y 29%, respectivamente con nopal+KM ($p = 0.0001$). Por el contrario, nopal+SC presentó valores similares a los obtenidos con nopal ($p > 0.05$). De lo contrario, la relación CO₂:CH₄ indica que nopal+KM quedan 8.3 mL por cada 1 mL de metano producido; mientras que el CO₂ remanente en nopal y nopal+SC es de 7.8 y 7.6 por ml de metano producido, respectivamente

Tabla 1. Parámetros de fermentación y producción de metano ruminal *in vitro* de los tratamientos experimentales

Parámetros	Nopal	Nopal+SC	Nopal+KM	EEM	p
pH	6.95±0.015	6.96±0.005	6.99±0.005	0.009	0.6799
N-NH ₃	4.56±0.556 ^b	6.71±0.574 ^a	5.41±0.272 ^{a,b}	0.487	0.0441
Ácido acético (%)	52.0±0.02 ^a	47.5±0.10 ^b	53.7±1.07 ^a	0.61	0.0001
Ácido propionico (%)	30.8±0.08 ^b	33.3±0.36 ^a	28.7±0.59 ^b	0.40	0.0110
Ácido butírico (%)	12.7±0.11 ^b	14.2±0.12 ^a	12.4±0.29 ^b	0.19	0.0182
AGVT (mM)	94.8±1.09 ^{a,b}	84.3±1.85 ^b	111.3±4.72 ^a	2.99	0.0148
A:P ratio	1.6±0.00 ^{a,b}	1.4±0.01 ^b	1.8±0.07 ^a	0.04	0.0001
Metano (mL/g)	19.2±0.5383 ^a	19.0±0.086 ^a	14.82±0.146 ^b	0.32	0.0001
CO ₂ (mL/g)	151.3±2.24 ^a	145.6±0.86 ^a	123.18±1.10 ^b	1.52	0.0001
CO ₂ :CH ₄ ratio	7.8±0.10 ^{a,b}	7.6±0.01 ^b	8.31±0.15 ^a	0.10	0.0009

^{abc} Medias con diferente literal entre líneas son diferentes ($p < 0.05$). N-NH₃= nitrógeno amoniacal, AGVT=Ácidos grasos volátiles totales, EEM= error estándar entre la diferencia de medias.

Asimismo, no hubo cambios en el pH por efecto de la presencia de cultivos de levadura en nopal+SC y nopal+KM. Sin embargo, de acuerdo con Hristov y Jouany (2005), los cambios observados en el nitrógeno amoniacal entre los tratamientos experimentales se atribuyen a una mayor proteólisis que está directamente relacionado con mayores contenidos de proteínas. Estos resultados concuerdan con los reportados por Herrera et al. (2017). También, una reducción de nitrógeno-amoniacal en nopal+KM podría ser atribuible al consumo de amoníaco como fuente de nitrógeno en la producción de biomasa de *K. marxianus*, lo que no fue posible con *S. cerevisiae* (Löser et al., 2015). Además, el pretratamiento con cultivos de *S. cerevisiae* en nopal+SC favorece un mejor aprovechamiento energético debido a una reducción de la concentración de ácido acético y una mayor producción de ácido propiónico. De hecho, una reducción en la relación A:P respalda esta teoría. Sin embargo, estos cambios se observaron en proporciones individuales; los AGVT se redujeron con nopal+SC, mientras que nopal+KM presentó una producción en AGVT similar a la obtenida en el control (nopal). Este efecto sugiere que nopal+SC inhibe de alguna manera la producción de AGV.

Por otro lado, la reducción en la síntesis de metano en nopal+KM no debe relacionarse con una

reducción en la producción total de gas ya que el nopal y nopal+KM presentaron valores similares. Además, existen estudios previos que afirman que los aumentos en la producción de propionato afectan directamente la síntesis de metano en la fermentación ruminal, ya que la síntesis de ambos compuestos son sumideros naturales de iones de hidrógeno (Ferraro et al., 2009). Sin embargo, este efecto no se observa con nopal+KM. Por lo demás, la producción de ácido propiónico fue menor que la producida con nopal+SC que con el nopal fermentado con *K. marxianus*. De hecho, las células de *K. marxianus* presentan la capacidad de utilizar urea y amoníaco como fuentes de nitrógeno para su crecimiento. Sin embargo, se necesita un proceso de dos pasos en presencia de hidrógeno para metabolizar la urea (Löser et al., 2015). Debido a esto último, los compuestos considerados como sumideros de hidrógeno en el rumen se verían afectados. De esta forma se reduciría el ácido propiónico y el metano ya que hay menos iones de hidrógeno disponibles para su síntesis debido a la metabolización de la urea. Además, investigaciones anteriores han demostrado que la viabilidad de las células de *S. cerevisiae* se ve afectada por la presencia de CO₂; esta afección no se observa en las células de *K. marxianus* (Isenschmid et al., 1995). Esta variable indica el volumen (mL) de CO₂ remanente por cada mL de metano producido; cuanto mayor sea el valor de esta variable, menor será la producción de metano a través de la vía de reducción de CO₂ (Murillo et al., 2018). Por lo tanto, esto último es muy deseable cuando se prueban forrajes sostenibles alternativos como alimentos que puedan contribuir a la mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de gases en el ganado.

CONCLUSIONES

El proceso de fermentación de nopal tanto con *S. cerevisiae* como con *K. marxianus* mejoraron sus características nutricionales como es un aumento en las concentraciones de nitrógeno amoniacal y ácido propiónico. No obstante, *K. Marxianus* reduce la producción de metano ruminal in vitro 22%, lo cual justifica continuar con estudios que permitan evaluar completamente su uso en la alimentación de ganado bovino.

LITERATURA CITADA

- AOAC. Official Methods of Analysis. 1997. Association of Official Analytical Chemists International. 16th ed. Virginia, USA, 1994, pp. 69-83
- Ferraro, S.M., Mendoza, G.D., Miranda, L.A., Gutierrez, C.G. 2009. *In vitro* gas production and ruminal fermentation of glycerol, propylene glycol and molasses. *Animal Feed Science and Technology*. 154 (1-2): 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.07.009>
- Flores, O.M., Reveles, H.M. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. VIII Simposium Taller Nacional y 1er Internacional Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey, Nuevo León, México, Nov. 2010; *RESPYN*, Nuevo León, México. 5:198-2010.
- Galyean, M.L. 2010. *Laboratory Procedures for Animal Nutrition Research*. 14th ed. Texas Tech University: Lubbock, Texas.
- González-Arreola, A., Murillo-Ortiz, M., Pámanes-Carrasco, G.A., Reveles-Saucedo, F., Herrera-Torres, E. 2019. Nutritive quality and gas production of corn silage with the addition of fresh and fermented prickly pear cladodes. *Journal of Animal & Plant Science*. 40:6544-6553.
- Hernández-Medrano, J.H. 2018. El metano y la ganadería bovina en México: ¿Parte de la solución y no del problema?. *Agroproductividad*. 11(2): 46-51
- Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Páez, J.B., Villarreal, G. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y *Kluyveromyces marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1(1):33-40.
- Herrera, T.E., Murillo, M., Berumen, L., Soto, O.N., Páez, J. 2017. Protein enrichment of *Opuntia ficus-indica* using *Kluyveromyces marxianus* in solid-state fermentation. *Ciencia e Investigación Agraria*. 44(2): 113-1240. <https://doi.org/10.7764/rcia.v44i2.1767>
- Isenschmid, A., Marison, I.V.W., von Stockar, U. 1995. The influence of pressure and temperature of compressed CO₂ on the survival of yeast cells. *Journal of Biotechnology*. 39(3): 229-237.
- Löser, C.T., Urit, E., Gruner, T. 2015. Efficient growth of *Kluyveromyces marxianus* biomass used as a biocatalyst in the sustainable production of ethyl acetate. *Energy, Sustainable Society*. 5: 2-15.

<https://doi.org/10.1186/2192-0567-2->

- Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Corral-Luna, A., Pámanes-Carrasco, G. 2018. Effect of inclusion of graded level of water hyacinth on in vitro gas production kinetics and chemical composition of alfalfa hay based beef cattle diets. *Indian Journal of Animal Research*. 52(8): 1298-1303.
- Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., France, J. 1994. A simple gas production method a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48: 185-197.

POTENCIAL *in vitro* DE LOS ACEITES ESENCIALES DE CÍTRICOS PARA LA MITIGACIÓN DE METANO ENTÉRICO

***In vitro* POTENTIAL OF CITRUS ESSENTIAL OILS FOR THE MITIGATION OF ENTERIC METHANE**

Rafael Jiménez Ocampo^{1*}, Esperanza Herrera Torres², Jorge Alonso Maldonado Jaquez³, Pablo Alfredo Domínguez Martínez¹, Francisco Javier Pastor López³, Jacobo Arango⁴, Juan Carlos Ku Vera⁵

¹INIFAP-Campo Experimental Valle del Guadiana. Km 4.5 carretera Durango – El mezquital. C.P. 34170. Durango, Durango.

²Instituto Tecnológico Valle del Guadiana, Tecnológico Nacional de México. Km 22.5 carretera Durango – México, C.P. 34371. Durango, Durango.

³INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Boulevard Jose Santos Valdez 1200 Pte. C.P. 27440, Matamoros, Coahuila.

⁴Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Km 17, Recta Cali - Palmira, C.P. 763537 Valle del Cauca, Colombia.

⁵Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5 Tizapán. C.P. 97100 Mérida, Yucatán.

*Autor por correspondencia: jimenez.rafael@inifap.gob.mx

RESUMEN

En las últimas décadas se buscan aditivos alimentarios que puedan reducir las emisiones de metano, una de las posibles opciones son los aceites esenciales (AE) los cuales son mezclas complejas de moléculas volátiles, principalmente terpenoides. El presente estudio evaluó el efecto de aceites esenciales de naranja (AEN; *Citrus sinensis*), limón persa o lima (LMP; *Citrus x latifolia*), toronja rosa (AET; *Citrus x paradisi*) y limoneno (LMN) obtenido de naranja (*Citrus sinensis*), sobre la fermentación ruminal y la producción de CH₄ *in vitro*. Se evaluaron dosis de 50, 100 y 200 µl/g de cada aceite esencial y un tratamiento testigo. Se utilizó como sustrato una ración integral forraje:concentrado 60:40. Los resultados mostraron un incremento (P < 0.05) en la proporción de ácido propiónico en las tres concentraciones evaluadas de AEN, en el tratamiento 200 µl/g de LMP, así como la concentración de 50 µl/g de LMN (28.68 %), respecto al control (25.78 %; P < 0.05). La producción de gas registró un incremento en todas las dosis evaluadas (p < 0.05) excepto la dosis de 50 µl/g de AEN. Todas las dosis evaluadas de AEN redujeron 30 %, 22.7 % y 10.7 %, la producción de CH₄. La dosis 50 µl/g de LMN redujo 13 % la producción de CH₄. La adición de AEN en la suplementación de bovinos productores de carne podría considerarse como una alternativa natural para reducir las emisiones de CH₄. Se recomienda continuar con la evaluación de diferentes dosis, en diferentes sustratos y realizar evaluación *in vivo* con los AE de cítricos.

Palabras clave: Limoneno, Terpenoides, Compuestos bioactivos, cítricos

ABSTRACT

In recent decades, feed additives that can reduce methane emissions have been sought, one of the possible options are essential oils (EO) which are complex mixtures of volatile compounds, mainly terpenoids. The present study evaluated the effect of essential oils of orange (OEO; *Citrus sinensis*), Persian lemon or lime (PEL; *Citrus x latifolia*), pink grapefruit (PGF; *Citrus x paradisi*) and limonene (LMN) obtained from orange (*Citrus sinensis*) on rumen fermentation and CH₄

production *in vitro*. Doses of 50, 100 and 200 $\mu\text{l/g}$ of each essential oil and a control treatment were evaluated. An integral ration of forage: concentrate 60:40 was used as substrate. The results showed an increase ($P < 0.05$) in the proportion of propionic acid in the three OEO concentrations evaluated, in the 200 $\mu\text{l/g}$ LMP treatment, as well as the 50 $\mu\text{l/g}$ LMN concentration (28.68%), compared to the control (25.78 %; $P < 0.05$). Gas production registered an increase in all the doses evaluated ($p < 0.05$) except the dose of 50 $\mu\text{l/g}$ of OEO. All the evaluated doses of OEO reduced 30%, 22.7% and 10.7%, the production of CH_4 . The 50 $\mu\text{l/g}$ dose of LMN reduced CH_4 production by 13 %. The addition of OEO in the supplementation of beef producing bovines could be considered as a natural alternative to reduce CH_4 emissions. It is recommended to continue with the evaluation of different doses, in different substrates and to carry out *in vivo* evaluation with EOs of citrus.

Keywords: Limonene, Terpenoids, Bioactive compounds, citric

INTRODUCCIÓN

Los aceites esenciales (AE) se encuentran entre los productos vegetales más estudiados y son económicamente relevantes para la industria (Nehme et al., 2021). Los AE son una mezcla de compuestos volátiles extraídos de las plantas por destilación o arrastre de vapor y químicamente son compuestos por una gran variedad de moléculas de bajo peso molecular que incluyen terpenos, alcoholes, aldehídos y cetonas (Irawan et al., 2021). En el caso de los aceites esenciales de cítricos, estos son producidos alrededor del mundo en las regiones tropicales y es una alternativa para obtener un nuevo subproducto, los estudios iniciales se recomienda realizarlos *in vitro* en laboratorio para después iniciar fases de experimentación *in situ* e *in vivo*. En los rumiantes se ha identificado que los metabolitos contenidos en los aceites esenciales tienen un efecto variable que depende del pH ruminal (Cardozo et al., 2005). De manera similar, varios estudios han informado mejoras en el aumento de peso, la eficiencia alimenticia y la digestibilidad en rumiantes suplementados con aceites esenciales (Lei et al., 2018). En otros estudios, la suplementación nutricional con aceites esenciales tuvo efectos negativos o neutrales sobre la digestión de nutrientes y el rendimiento productivo, respectivamente (Arteaga-Wences et al., 2021; Teobaldo et al., 2020). Varios estudios han evaluado los efectos de la administración de AE en las raciones sobre el rendimiento productivo, la fermentación del rumen, los metabolitos sanguíneos y la calidad de la carne, especialmente en el ganado vacuno (Alemu et al., 2019). Sin embargo, los resultados obtenidos hasta el momento siguen siendo controvertidos y poco concluyentes. Por lo tanto, es importante realizar evaluaciones particulares de los diferentes AE y su impacto en la producción y mitigación de metano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó una ración integral forraje:concentrado 60:40. Los aceites esenciales de cítricos utilizados fueron aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*), aceite esencial de limón persa (*Citrus x latifolia*), aceite esencial de toronja rosa (*Citrus x paradisi*) y limoneno obtenido de naranja (*Citrus sinensis*). Las incubaciones *in vitro* se llevaron a cabo utilizando el sistema de producción de gas ANKOM RF (ANKOM Technology, Macedon, NY, EE. UU.) En 1 g materia seca se adicionaron los diferentes aceites esenciales de cítricos (0, 50, 100 y 200 $\mu\text{l/g}$) de los tratamientos experimentales, se incubaron por triplicado y se colocaron en módulos de vidrio ANKOM equipados con un transductor de presión. El líquido ruminal fue obtenido antes de la alimentación de la mañana (entre las 08:00 y las 08:30 h), dichos animales fueron adaptados a la ración experimental durante 15 días previos. Las soluciones tampón se prepararon de acuerdo con las instrucciones del fabricante (ANKOM Technology, Macedonia, NY, EE. UU.). La presión se midió cada hora durante el período de incubación, que duró de 0 a 96 horas. La cinética de producción de gas *in vitro* se calculó ajustando los datos a la función de Gompertz mediante la ecuación:

$$GP = G_{max} * \exp[-A * \exp(-k * t)]$$

donde GP= producción de gas en el tiempo t (ml); G_{max}= producción máxima de gas (ml); k= tasa constante de producción de gas (h⁻¹); A= tiempo de latencia antes de que comience la producción de gas (h). Para las mediciones de proporciones de CH₄ y CO₂ se abrió la válvula de alivio de presión de los módulos por 2 segundos, de acuerdo a las instrucciones del fabricante, el gas expulsado se envió por un tubo a un analizador de gases portátil (GEMTM5000, LANDTEC, USA) adaptado por González-Arreola et al (2019). La determinación de ácidos grasos volátiles (AGV), se tomó una alícuota de las incubaciones y se le adicionó ácido metafosfórico al 25 % y se conservaron a 4 grados centígrados hasta la determinación de ácidos grasos volátiles por medio de cromatografía de gases (Hewlett Packard, 5890 serie III) el cual estaba equipado con un detector ionizador de flama y una columna HP-FFAP 30 m x 0.53 mm). Los datos de la cinética de producción, metano y el dióxido de carbono fueron analizados con un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial 4 x 4. El factor A es el tipo de aceite y el factor D es la dosis de aceite, la diferencia de la media dada de la interacción aceite x dosis fueron realizados mediante software de los procedimientos propuestos MIXED del paquete estadístico SAS (2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La inclusión de AEN y el AEL a dosis de 200 µl/g disminuyeron la concentración de ácido acético con respecto al control e incrementaron el ácido propiónico (26.14 % y 25.78 %, respectivamente); la proporción de ácido butírico registró un incremento en las tres dosis evaluadas. Estos hallazgos contrastan con lo reportado por Kamalak (2011) en donde dosis de 100, 200, 400, 800 y 1200 mg/L de AEN incrementaron la proporción de acetato, pero se redujo la concentración de propionato y butirato. En referencia al LMN obtenido de naranja, la dosis evaluada de 100 µl/g redujo la concentración de ácido acético (p < 0.05), pero se incrementaron los ácidos isobutírico, valérico e isovalérico (p < 0.05). En el caso del LMP todas las dosis evaluadas redujeron la proporción de ácido acético, pero solo la concentración de 200 µl/g logró incrementar el ácido propiónico, para el ácido valérico todas las concentraciones evaluadas incrementaron la proporción. Para el caso del AET se observó que dosis de 50 y 200 µl/g redujeron la concentración de acetato y las tres dosis incrementaron el valerato (p < 0.0729). Los pocos hallazgos reportados en la literatura sobre aceites esenciales reportan que no existe una consistencia en las modificaciones en el porcentaje de AGV, estas discrepancias pueden ser atribuidas a la concentración de compuestos bioactivos de los aceites esenciales, principalmente limoneno en los cítricos, las dosis evaluadas, los substratos utilizados y las técnicas empleadas (Busquet et al., 2006; Castillejos et al., 2006).

Para la producción de CH₄ y CO₂, (Cuadro 1) la menor concentración de metano se registró al adicionar 50 µl/g MS de aceite de naranja comparado contra todos los otros AE, además, se observó una disminución del 30 % con respecto al tratamiento control. Estos resultados coinciden con lo reportado por Kamalak (2011) utilizando aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis*). Es importante mencionar que no existen reportes extensos para los diferentes tipos de aceites esenciales de cítricos evaluados en el presente estudio. En referencia con la relación CH₄:CO₂ las dosis evaluadas de LMN, LMP, AET incrementaron dicha relación (p < 0.05); solo en el caso del AEN registró similitud estadística en dicha proporción. Algunos reportes sugieren que un solo AE en una dosis baja podría no reducir significativamente la producción de metano en el rumen y las posibles combinaciones tendrían un efecto sinérgico, pero podrían afectar la degradabilidad del alimento (Patra & Yu, 2012).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Producción de metano, dióxido de carbono y la relación CH₄:CO₂

Aceite	Nivel de aceite (µl/g MS)	CH₄ (ml)	CO₂ (ml)	CH₄:CO₂
Naranja	0	17.6d	125.9b	0.13g
	50	12.3f	90.6f	0.13g
	100	13.6f	99.4e	0.13g
	200	15.7e	113.9c	0.13g
Limoneno	0	17.6d	125.9b	0.13g
	50	15.3e	107.8d	0.14f
	100	20.2c	97.6e	0.20a
	200	20.2c	123.7b	0.18c
Lima	0	17.6d	125.9b	0.13g
	50	22.5b	139.7a	0.17d
	100	19.9c	123.26c	0.18c
	200	17.6d	102.7d	0.19b
Toronja	0	17.6d	125.9b	0.13g
	50	22.3b	140.6a	0.14e
	100	22.2b	146.5a	0.15e
	200	24.2a	147.0a	0.16d
Aceite x Nivel	Valor P	<0.0001	<0.0001	<0.00008
Error estandar		1.031	6.15	0.0089

^{abc} Diferentes letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (p<0.05).

CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de cítricos modificaron la proporción de ácidos grasos volátiles, algunas dosis evaluadas incrementaron el ácido propiónico y el ácido valérico. La reducción de CH₄ se logró con la incorporación de AEN en las tres dosis evaluadas y 50 µl/g de LMN. Se recomienda realizar más evaluaciones de dosis de aceites esenciales de cítricos, diferentes relaciones de forraje concentrado y confirmar con experimentos *in vivo*.

LITERATURA CITADA

- Alemu, A., Romero-Pérez, A., Araujo, R., & Beauchemin, K. (2019). Effect of Encapsulated Nitrate and Microencapsulated Blend of Essential Oils on Growth Performance and Methane Emissions from Beef Steers Fed Backgrounding Diets. *Animals*, 9(1), 21. <https://doi.org/10.3390/ani9010021>
- Arteaga-Wences, Y. J., Estrada-Angulo, A., Ríos-Rincón, F. G. G., Castro-Pérez, B. I., Mendoza-Cortéz, D. A., Manriquez-Núñez, O. M., Barreras, A., Corona-Gochi, L., Zinn, R. A., Perea-Domínguez, X. P., & Plascencia, A. (2021). The effects of feeding a standardized mixture of essential oils vs monensin on growth performance, dietary energy and carcass characteristics of lambs fed a high-energy finishing diet. *Small Ruminant Research*, 205, 106557. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106557>
- Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2006). Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, 89(2), 761–771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72137-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72137-3)
- Cardozo, P. W., Calsamiglia, S., Ferret, A., & Kamel, C. (2005). Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle1. *Journal of Animal Science*, 83(11), 2572–2579. <https://doi.org/10.2527/2005.83112572x>
- Castillejos, L., Calsamiglia, S., & Ferret, A. (2006). Effect of essential oil active compounds on rumen microbial fermentation and nutrient flow in in vitro systems. *Journal of Dairy Science*, 89(7), 2649–2658. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72341-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72341-4)
- Irawan, A., Hidayat, C., Jayanegara, A., & Ratriyanto, A. (2021). Essential oils as growth-promoting additives on performance, nutrient digestibility, cecal microbes, and serum metabolites of broiler chickens: A meta-analysis. *Animal Bioscience*, 34(9), 1499–1513. <https://doi.org/10.5713/ab.20.0668>

- Kamalak, A., Atalay, A. I., Ozkan, C. O., Tatliyer, A., & Kaya, E. (2011a). Effect of essential orange (*Citrus Sinensis* L.) oil on rumen microbial fermentation using in vitro gas production technique. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4), 764–769.
- Kamalak, A., Atalay, A. I., Ozkan, C. O., Tatliyer, A., & Kaya, E. (2011b). Effect of essential orange (*Citrus sinensis* L.) oil on rumen microbial fermentation using in vitro gas production technique. *J. Anim. Plant Sci.*, 21(4), 764–769.
- Lei, Z., Zhang, K., Li, C., Wu, J., Davis, D., Casper, D., Jiang, H., Jiao, T., Wang, X., & Wang, J. (2018). Dietary supplementation with Essential-oils-cobalt for improving growth performance, meat quality and skin cell capacity of goats. *Scientific Reports*, 8(1), 11634. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29897-3>
- Nehme, R., Andrés, S., Pereira, R. B., Ben Jemaa, M., Bouhallab, S., Ceciliani, F., López, S., Rahali, F. Z., Ksouri, R., Pereira, D. M., & Abdennebi-Najar, L. (2021). Essential Oils in Livestock: From Health to Food Quality. *Antioxidants*, 10(2), 330. <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>
- Patra, A., & Yu, Z. (2012). Effects of Essential Oils on Methane Production and Fermentation by, and Abundance and Diversity of, Rumen Microbial Populations. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(12), 4271–4280. <https://doi.org/10.1128/AEM.00309-12>
- Teobaldo, R. W., De Paula, N. F., Zervoudakis, J. T., Fonseca, M. A., Cabral, L. S., Martello, H. F., Rocha, J. K. L., Ribeiro, I. J., & Mundim, A. T. (2020). Inclusion of a blend of copaiba, cashew nut shell and castor oil in the protein-energy supplement for grazing beef cattle improves rumen fermentation, nutrient intake and fibre digestibility. *Animal Production Science*, 60(8), 1039. <https://doi.org/10.1071/AN18725>

ESTUDIO PRELIMINAR SOBRE LA MORTALIDAD DE LARVAS DE *Rhipicephalus microplus* CON APLICACIÓN DE UN HONGO ENTOMOPATÓGENO PROTEGIDO

PRELIMINARY STUDY ABOUT THE *Rhipicephalus microplus* TICKS LARVAE MORTALITY WITH PROTECTED ENTOMOPATHOGENOUS FUNGI

Leonor Miranda Jiménez^{1,2*}, Adrián R. Quero Carrillo^{1,2}, Raquel Alatorre Rosas¹, Nancy Olivia Munivez Castro¹

¹Colegio de Postgraduados: Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas: Km. 36.5, Carretera Federal México Texcoco, C.P. 56264, Montecillo, Estado de México.

²Integrantes de la LGAC: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería.

*Autor por correspondencia: miranda_leonor@yahoo.com

RESUMEN

La naturaleza de los pastizales es la producción en pastoreo de rumiantes domésticos o silvestres, sin embargo, el pastizal actúa de forma indirecta a la presencia y diseminación de las garrapatas, parásitos que a la fecha han desarrollado resistencia a una multitud de acaricidas comerciales. Con el objetivo de probar un producto a base del hongo *Metarhizium anisopliae* para el control de larvas de garrapata *Rhipicephalus microplus* se llevó a cabo esta investigación. Se utilizaron larvas de la garrapata *Rhipicephalus microplus* las cuales fueron infestadas con dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae*. Las cepas del hongo se protegieron para formar una solución de encapsulado. Realizada la infestación se observó la mortalidad por día y total; esto mediante microscopía electrónica. Se empleó diseño completamente al azar en arreglo factorial 2X2, con 12 observaciones y 25 unidades experimentales por cada observación. Los datos no cumplían con el postulado de normalidad, por tanto, se realizó transformación con arcoseno. La mortalidad total de larvas fue mayor con las cepas de *M. anisopliae* protegidas (encapsuladas) y de estas la de mejor resultado fue la cepa 129 protegida. Respecto a los días en que se registraron más larvas muertas fueron del día 5-7 y esto en con la cepa 129. En el resto de tratamientos no hubo diferencias ($p > 0.05$). Se concluye que la protección del hongo *M. anisopliae* para ser aplicado y producir mortalidad de larvas de *R. microplus* puede ser una buena alternativa y de esta manera contrarrestar los efectos de tan temida parasitosis en ganado. Se debe considerar que este estudio es preliminar y se requiere de mayor número de investigaciones para poder hacer recomendaciones acertadas.

Palabras clave: Garrapatas, bioparasitida, ectoparásitos, hongos encapsulados.

INTRODUCCIÓN

La habilidad natural de los pastizales es la producción en pastoreo de rumiantes domésticos o silvestres. La condición de pastizal afecta de forma directa e indirecta a la ganadería. De forma directa proporcionando alimentación a los bovinos mediante el pastoreo y, de forma indirecta debido a la diseminación de plagas y enfermedades al ganado. Esta característica provoca que los animales tengan estrecha relación con organismos capaces de causarles enfermedades, tal es el caso de las garrapatas las cuales están consideradas como los principales parásitos que afectan la rentabilidad de las unidades de producción.

En México, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus (R. microplus)* es la garrapata que más pérdidas económicas ocasiona, estas pueden ser directas o indirectas; por el potencial de transmitir enfermedades como: anaplasmosis y (babesiosis) piroplasmosis.

Se han identificado aproximadamente 82 especies de garrapatas, atacan tanto en animales domésticos (de interés zootécnico y de compañía) como silvestres. La especie de garrapatas de mayor importancia económica y sanitaria para la ganadería bovina es *R. microplus*.

Las especies de garrapatas se distribuyen por casi la totalidad de la República Mexicana; a excepción de cuatro estados del norte (Chihuahua, Sonora, Baja California y Baja California Sur) considerados como libres de este ectoparásito.

Para el caso de *R. microplus* su distribución en México es considerada en casi 53 % del territorio, principalmente a lo largo de la costa del Golfo de México, Península de Yucatán y la costa del Océano Pacífico, en ocasiones coexistiendo con *Rhipicephalus annulatus* o *Amblyomma mixtum*, sobre todo en zonas tropicales y subtropicales.

El ciclo biológico de *R. microplus* se desarrolla en un solo hospedero y parasita principalmente a bovinos, aunque puede parasitar a otras especies domésticas como; ovejas, caballos, burros, cerdos. Al igual que animales de compañía y animales silvestres (venados) e incluso al humano. El ciclo biológico de *R. microplus* consta de una vida libre y una parasitaria. La fase de vida libre, también conocida como fase no parasitaria, inicia con el desprendimiento de la garrapata repleta después de alimentarse del bovino y termina con la aparición de las larvas en los pastos donde encuentran condiciones adecuadas de humedad, temperatura y protección contra la desecación producida por el sol.

Las condiciones ambientales de los trópicos y subtrópicos favorecen el progreso del ciclo biológico y la diseminación, esto aunado a la producción de feromonas por las hembras adultas y que atraen a los machos para aparearse. Debido a todo esto su control es complejo y se aumenta su complejidad el desarrollo de resistencia a la aplicación de muchos acaricidas químicos.

A las alternativas de control químico (con utilización de primera mano) Reck *et al.* (2014), se han sumado otras como el uso de hongos entomopatógenos, sustancias bioactivas provenientes de plantas, vacunas, esto aunados a la recomendación de estrategias en el pastoreo.

Por todo esto, se hace necesario diseñar estrategias oportunas para salvaguardar la salud de los bovinos y otros animales que utilicen el pastizal atacando las fases de la garrapata con acaricidas naturales que puedan controlar este ectoparásito. Por tal razón, con el objetivo de desarrollar un producto a base de *Metarhizium anisopliae* para el control de larvas de garrapata *R. microplus* se llevó a cabo esta investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de huevos de *Rhipicephalus microplus*

La investigación se realizó con larvas de *R. microplus* a las cuales se les aplicaron una de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* (*M. microplus*), con esta finalidad se procedió de la siguiente manera:

Obtención de larvas de *R. microplus*

Se realizaron colectas de *R. microplus* en hembras de bovino de la unidad de ordeña del campo experimental “la posta” INIFAP (carretera La tinaja-Paso del Toro 94270 Medellín, Veracruz-Llave, México).

Las hembras grávidas, se lavaron y mantuvieron en cajas Petri de 9x1.5 cm con ventilación, temperatura de 28°C y 80% de humedad relativa (HR), todo esto durante 33-35 días; tiempo en el que termino la eclosión de las larvas.

Las larvas se recolectaron en la etapa de segundo ínstar (no como neolarva) por presentar mayor resistencia a la manipulación. Después se colocaron en cajas Petri con ventilación e se inmovilizaron en una cámara fría hasta la realización del bioensayo.

Manejo de las cepas fúngicas

Se utilizaron dos cepas (Cepa 129 y 130) del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* provenientes del laboratorio de patología de insectos del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Estas se obtuvieron de cultivos monospóricos y se cultivaron con agar PDA (que se preparó de acuerdo a las instrucciones del fabricante) a 28°C y 80% HR, por 15 días aproximadamente. De cultivos posteriores se obtuvieron conidios que se diluyeron en tween 80 al 0.03% hasta obtener una concentración de 1×10^8 .

Las cepas de *M. anisopliae* se cubrieron (encapsularon) con una solución de carboximetilcelulosa y lecitina de soya estéril. La solución con encapsulado de las cepas de *M. anisopliae* se aplicaron a las larvas de *R. microplus* (concentración de $1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$) por aspersión, utilizando una Torre de Potter. El diseño de tratamientos se muestra en Cuadro 1. Se evaluó la infestación de conidios a las larvas durante 12 días; se observó con microscopía electrónica.

Cuadro 1. Diseño de tratamientos con aplicación de dos cepas de *M. anisopliae* protegidas y sin proteger a larvas de *R. Microplus*.

Tratamiento	No. Repeticiones (No. de larvas/cajas Petri)
Testigo sin <i>M. anisopliae</i>	12 (25 larvas/caja)
Cepa 129 <i>M. anisopliae</i> ($1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$), sin proteger	12 (25 larvas/caja)
Cepa 130 de <i>M. anisopliae</i> ($1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$), sin proteger	12 (25 larvas/caja)
Cepa 129 de <i>M. anisopliae</i> ($1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$), protegida	12 (25 larvas/caja)
Cepa 130 de <i>M. anisopliae</i> ($1 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$), protegida	12 (25 larvas/caja)

Los datos se analizaron en un arreglo factorial 2X2 con 12 repeticiones y 25 unidades experimentales. Dado que, el comportamiento de los datos no fue normal se efectuó transformación de datos con arcoseno. Las diferencias entre medias se realizaron con prueba de Tukey a $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los tratamientos con *M. anisopliae* protegido fueron los que mayor porcentaje de larvas muertas presentaron ($p < 0.05$), Sin importar la cepa. Aun cuando, numéricamente la cepa 129 presento mayor porcentaje de mortalidad (Figura 1).

La aplicación *in vivo* de *M. anisopliae* a hembras adultas de *R. microplus* resulto en 100% de mortalidad (Valdez *et al.*, 2014); no obstante, se debe considerar que hicieron cinco aplicaciones con intervalos de 15 días. Mientras, en la presente investigación se realizó solo una aplicación y el estado de desarrollo de la garrapata fue diferente (larva). Además, Pulido *et al.* (2015), también encontraron 100% de mortalidad en hembras adultas y en este caso la investigación se efectuó *in vitro*; es importante aclarar que el porcentaje de mortalidad más alto se observó con la dosis 1×10^8 ml que fue la más alta que utilizaron y que es coincidente con este estudio. Para el año 2005 Fernández *et al.* ya reportaba la efectividad de *M. anisopliae* para producir mortalidad de garrapatas y esta no ha cambiado en el transcurso de los años, esto resulta alentador para seguir investigando en este tópico y con el empleo de nuevas tecnologías como es el caso del estudio que aquí se presenta (Encapsulado de *M. anisopliae*).

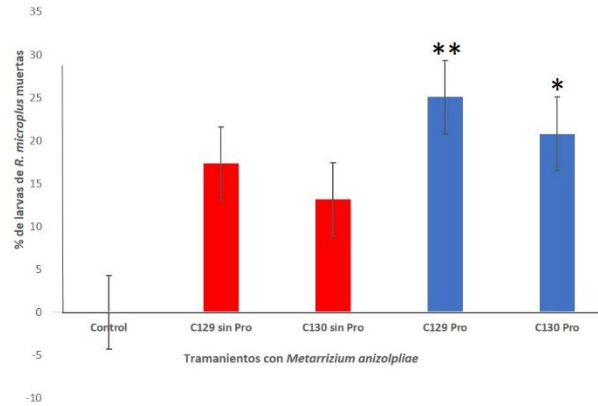


Figura 1. Porcentaje de larvas de *R. microplus* muertas por la aplicación del hongo entomopatógeno *Metarrizium anisopliae* protegido y sin proteger. C129 SinPro= Cepa 129 de *M. anisopliae* sin proteger (sin encapsular). C130 SinPro= Cepa 129 de *M. anisopliae* sin proteger (sin encapsular). C129 Pro= Cepa 129 de *M. anisopliae* protegida (encapsulada). C130 Pro= Cepa 129 de *M. anisopliae* protegida (encapsulada). * Muestra diferencias entre tratamientos ($p \leq 0.05$).

Respecto al efecto de los tratamientos de acuerdo a los días de observación, la cepa 129 fue diferente respecto al resto de los tratamientos ($p < 0.05$) y presentó mayor número (9 Larvas) de larvas muertas o invadidas por conidias de *M. anisopliae* en un día. Los días en los que se observó mayor invasión de la cepa 129 protegida fueron del 5 al 7. En el resto de los días la mortalidad fue variada en todos los tratamientos (Figura 2).

En la investigación realizada por Pulido *et al.* (2015), la mortalidad de 100% se observó a los 20 días postinfección, contrario a lo observado en esta investigación, donde la mortalidad inició el día 2, siendo acentuada los días 5-7; esto puede deberse a el estado de desarrollo de la garrapata, dado que el estudio de Pulido se realizo en hembras adultas y en el presente en larvas.

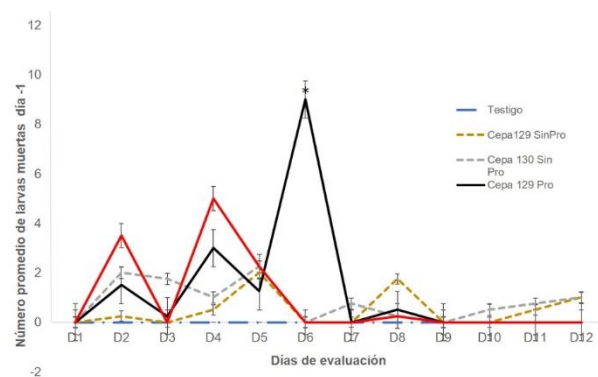


Figura 2. Número de larvas de *R. microplus* muertas por día, después de la aplicación de cepas de *M. anisopliae* protegidas y sin proteger. Cepa129 SinPro= Cepa 129 de *M. anisopliae* sin proteger (sin encapsular). Cepa130 SinPro= Cepa 129 de *M. anisopliae* sin proteger (sin encapsular). Cepa129 Pro= Cepa 129 de *M. anisopliae* protegida (encapsulada). Cepa130 Pro= Cepa 129 de *M. anisopliae* protegida (encapsulada). * Muestra los días en los que fue diferente la cepa 129 ($p \leq 0.05$).

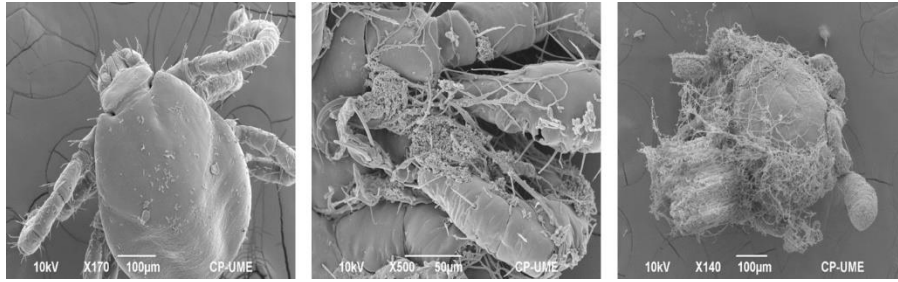


Figura 3. Microfotografías que muestran la infestación de conidias de *M. anisopliae* a larvas de *R. microplus*. Imagen A, muestra la infestación inicial, mientras la B y C el progreso de la misma

CONCLUSIONES

La protección del hongo *M. anisopliae* para ser aplicado y producir mortalidad de larvas de *R. microplus* puede ser una buena alternativa y de esta manera contrarrestar los efectos de tan temida parasitosis ganado. Se debe considerar que este estudio es preliminar y se requiere de mayor número de investigaciones que ayuden a encontrar la mejor alternativa para contrarrestar la ectoparasitosis producida por *R. microplus*.

LITERATURA CITADA

- Fernández, R. M.; E. Zhioua; V. Z. García. 2005. Infectividad de *Metarhizium anisopliae* en contra de cepas de garrapata *Boophilus microplus* sensible y resistente a los organofosforados, Téc Pecú Méx. 43(3): 433-440.
- Reck, J.; G. M. Klafke; A. Webster; B. Dall'Agnol; R. Scheffer; U. A. Souza; V. B. Corassini; R. Vargas; J. S dos Santos; J. R. S. Martins. 2014. First report of fluzaron resistance in *Rhipicephalus microplus*: A field tick population resistant to six classes of acaricides. *Veterinary Parasitology*. 201: 128-136.
- Valdez, M. E.; V. E. Gutiérrez; S. M. Vargas; G. R. Lezama; C. A. Juárez; R.G. Salas. 2014. Eficacia de *metarhizium anisopliae* en garrapatas *Rhipicephalus microplus* en Indaparapeo y Tzitzio, Michoacán, *Entomología Mexicana*. 1: 321-325.
- Pulido-Medellín, M. O.; R. I. Rodríguez-Vivas; D. J. García-Corredor; A. M Díaz-Anaya; R. J. Andrade-Becerra. 2015. Evaluación de la Eficacia de la Cepa MaF1309® de *Metarhizium anisopliae* en el Control Biológico de Garrapatas Adultas de *Rhipicephalus microplus* en Tunja, *Rev. Fac. Cs. Vets. UCV*. 56(2): 75-81.

**RENDIMIENTO DE FORRAJE Y VALOR NUTRITIVO DE ENSILADOS DE SORGO
EN CONDICIONES SUBTROPICALES
FORAGE YIELD AND NUTRITIONAL VALUE OF SORGHUM SILAGE UNDER
SUBTROPICAL CONDITIONS**

Fernando Lucio Ruiz¹, Ulises Aranda Lara², Jonathan Raúl Garay Martínez³, Juan Eduardo Godina Rodríguez¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, Tam. Méx.

²Campo Experimental Rio Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Rio Bravo, Tam. Méx.

³Campo Experimental Las Huastecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam. Méx.

*Autor por correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de forraje y valor nutritivo de ensilados de diferentes genotipos de sorgo en el centro de Tamaulipas. Se utilizaron siete genotipos de sorgo (197-1, 197-1-1, Arcos, Fortuna, Paloma, Williams y Sumiel Leguminutre®), cosechados en estado de grano lechoso-masoso. Las variables evaluadas fueron rendimiento de materia seca total (RMST; t ha⁻¹) y en los ensilados los contenidos (g kg⁻¹) de proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN) y ácida (FDA), lignina y digestibilidad *in vitro* de la materia seca a las 72 h. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones (Tukey; $\alpha = 0.05$). Fortuna y 197-1 presentaron los mayores rendimientos de MST con 24.6 t ha⁻¹. En la composición química, sobresalieron los genotipos Fortuna, Williams, Paloma y Sumiel con valores de 101 hasta 109 g kg⁻¹ de proteína; mientras que los contenidos de FDN, FDA y lignina fueron igual o inferiores a 611, 421 y 94 g kg⁻¹, respectivamente, lo que permitió obtener valores en digestibilidad de materia seca de hasta 739 g kg⁻¹. En conclusión, los genotipos Fortuna, Williams, Paloma y Sumiel pueden ser una opción para la producción y conservación de forraje en condiciones subtropicales.

Palabras clave. *Sorghum bicolor* (L.), forraje, proteína, conservación de forraje.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the forage yield and nutritional value of silages of different sorghum genotypes in central Tamaulipas. Seven sorghum genotypes were used (197-1, 197-1-1, Arcos, Fortuna, Paloma, Williams and Sumiel Leguminutre®), which were harvested in the milky-mass grain state. The variables evaluated were total dry matter yield (TDMY; t ha⁻¹) and in silage the contents (g kg⁻¹) of crude protein, neutral detergent fiber (NDF) and acid (ADF), lignin and *in vitro* digestibility of dry matter at 72 h. Data were analyzed in a completely randomized design with three replications (Tukey; $\alpha = 0.05$). Fortuna and 197-1 presented the highest TDMY with 24.6 t ha⁻¹. In the chemical composition, the genotypes Fortuna, Williams, Paloma and Sumiel stood out with values of 101 to 109 g kg⁻¹ of protein; while the contents of NDF, ADF and lignin were equal to or less than 611, 421 and 94 g kg⁻¹, respectively, which allowed to obtain values in dry matter digestibility of up to 739 g kg⁻¹. In conclusion, the Fortuna, Williams, Paloma and Sumiel genotypes may be an option for forage production and conservation in subtropical conditions.

Keywords. *Sorghum bicolor* (L.), forage, protein, forage conservation.

INTRODUCCIÓN

Los rumiantes bovinos están presentes dentro del 56 % del territorio mexicano destinado para actividades relacionadas con la ganadería (SIAP, 2022), y la producción de carne logra posicionar a México en el 7° lugar a nivel mundial, quien junto con nueve países más concentra el 86 % de las exportaciones de carne bovino (COMECARNE, 2021). Los diferentes sistemas de producción de bovino dependen en parte o exclusivamente de la disponibilidad de forraje de praderas o agostaderos para cubrir la mayor cantidad de requerimientos nutricionales y, es en este rubro, donde existen más posibilidad de reducir costos con especies productivas y de mayor valor nutritivo (Zamora *et al.*, 2002). Sin embargo, en praderas y agostaderos existe una marcada estacionalidad en la producción de forraje debido a la dependencia de la respuesta a factores como la cantidad de luz, CO₂, humedad, nutrientes disponibles en el suelo, temperatura, tipo de fotosíntesis, estructura de la planta e índice de área foliar (Ruiz y Carrillo, 2005; Sosa *et al.*, 2008). Por lo anterior, es necesario buscar estrategias para conservar forraje y utilizarlo durante la época donde las condiciones ambientales imposibilitan la producción de este. El ensilaje es una alternativa que permite afrontar la falta de alimento durante la época seca; este proceso se emplea para la conservación del forraje en los trópicos y subtropicos del mundo (Daniel *et al.*, 2019).

El cultivo del sorgo se utiliza como complemento para satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales rumiantes en los sistemas de pastoreo debido a sus características forrajeras, mientras que, para los animales en confinamiento, representa la fuente principal de alimento; por lo que, esta gramínea puede ser una opción para la alimentación de los rumiantes considerando parámetros de cantidad y valor nutritivo (Vargas, 2005). A nivel nacional, los datos de producción de grano de sorgo colocan a Tamaulipas como el principal estado productor para el año 2020, con una aportación de 40% del total nacional. Por consiguiente, el sorgo es un cultivo de importancia económica para el estado, además de ser indicador de la capacidad de producción de este cultivo en el estado (SIAP, 2022). Algunos genotipos de sorgo de doble propósito, además de proveer de grano, genera altos rendimientos de forraje al utilizar la planta completa, a lo que se le suman los altos contenidos de azúcares solubles; debido a esto el sorgo representa una opción para ser utilizado en la alimentación animal como cultivo de corte o ensilado (Vargas, 2005). Por ello, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y valor nutritivo del ensilado de diferentes genotipos de sorgo en el centro de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un predio agrícola dentro de las instalaciones de La Posta Zootécnica “Ing. Herminio García Gonzales” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en el municipio de Güémez, Tamaulipas (23° 56’ 28” N, 99° 06’ 24” O) a 190 msnm. El clima del lugar se clasifica como semiárido cálido [BS₁ (h’)hw; Vargas *et al.*, 2007].

Se evaluaron siete genotipos de sorgo: 197-1, 197-1-1, Arcos, Fortuna, Paloma, Sumiel Leguminutre® y Williams. La siembra se realizó el 12 de marzo del año 2021, con una densidad uniforme de 187 500 plantas ha⁻¹. Al momento de la cosecha se tomaron muestras de cada genotipo y se determinó su composición morfológica: hoja, tallo, panoja y material senescente (Figura 1). La cosecha se realizó en el estado de grano lechoso-masoso y en cada unidad experimental se cosecharon cinco plantas a 5 cm del suelo e inmediatamente se pesó y posteriormente, se realizó la separación de componentes morfológicos considerando hoja, tallo, panícula y materia senescente. Cada componente se depositó en bolsas de papel y se ingresaron en estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C hasta peso constante. Se realizaron los cálculos para estimar el rendimiento de cada componente y la suma de todos los componentes de expresó como el rendimiento de

materia seca total (RMST; t ha⁻¹). Para la elaboración del ensilado, en cada una de las parcelas se seleccionaron al azar plantas completas, las cuales se cortaron en trozos de 1 a 2 cm. Posteriormente, el forraje cosechado se depositó en microsilos de policloruro de vinilo [PVC (6" y 40 cm de largo)] con capacidad de 7.3 L con tapa en un extremo. El forraje se compactó para eliminar el aire presente dentro del microsilo y éste se selló con dos capas de plástico de polietileno. Los microsilos se colocaron bajo techo durante 65 días. Posteriormente, se tomó una muestra de ensilado y se determinó la composición química.

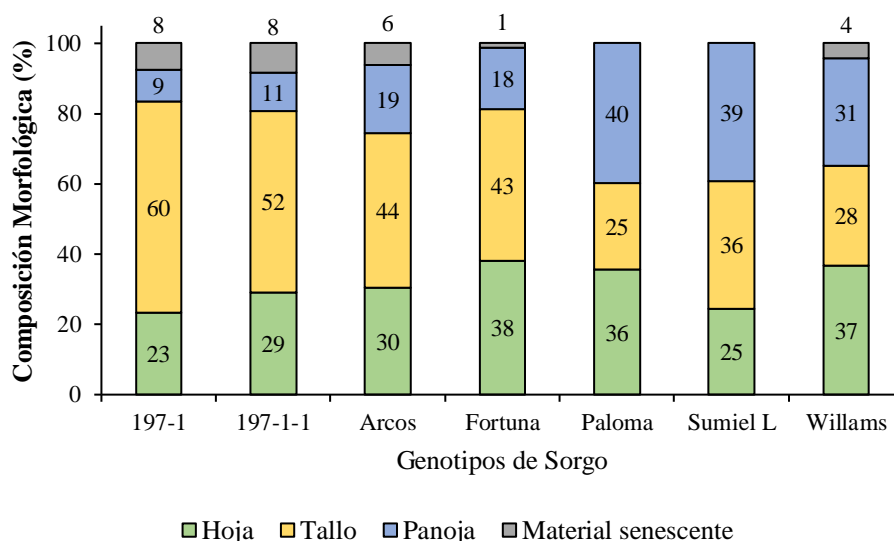


Figura 1. Composición morfológica de genotipos de sorgo al momento de elaborar los ensilados

La proteína cruda y cenizas se determinaron con la metodología descrita por la AOAC (2019). La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina se obtuvieron mediante la metodología de Van Soest (Van Soest y Wine, 1967). La digestibilidad se obtuvo indirectamente por la técnica de producción de gas (Menke y Steingas, 1988). Para cada variable se realizó un análisis de varianza (SAS, 2002) bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genotipos Fortuna y 197-1 presentaron los mayores rendimientos de materia seca total con 24.6 t ha⁻¹ en promedio ($P \leq 0.05$; Cuadro 1), estadísticamente similar con 197-1-1 (19.12 t ha⁻¹), mientras que Paloma obtuvo el menor rendimiento con 8.6 t ha⁻¹ ($P \leq 0.05$), seguido de Williams (9.49 t ha⁻¹). Los mayores rendimientos corresponden a la expresión genotípica y la mayor eficiencia fotosintética mediante el almacenamiento de nutrientes (Williams-Alanís *et al.*, 2007).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca total (RMST), digestibilidad *in vitro* de la materia seca y valor nutritivo de ensilados de forraje de sorgo

Genotipo	RMST	Proteína cruda	FDN	FDA	Lignina	DIVMS
	t ha ⁻¹					
197-1	24.93 a	85 d	634 A	392a	83 ab	673 abc
197-1-1	19.12 ab	74 e	601 Abc	403a	81 ab	598 c
Arcos	16.03 b	97 c	629 A	415a	91 a	691 abc
Fortuna	24.26 a	101 abc	586 Bc	408a	94 a	739 a
Paloma	8.61 d	108 ab	576 C	372a	71 bc	595 c
Sumiel	12.22 bc	109 a	586 Bc	421a	67 c	614 bc
Williams	9.49 cd	101 bc	611 ab	396a	88 a	715 ab

RMST: rendimiento de materia seca total, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácida, DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Literales diferentes (abcd) en la misma columna indican diferencia estadística (Tukey; $\alpha = 0.05$).

La composición química de forraje de ensilado de sorgo mediante el análisis de varianza mostró diferencias entre genotipos para todas las variables ($P \leq 0.05$), con excepción de la FDA (Cuadro 1). Los mayores valores de proteína fueron obtenidos por Fortuna, Williams, Paloma y Sumiel con valores desde 101 hasta 109 g kg⁻¹ de materia seca, mientras que 197-1-1 presentó el menor valor 74 g kg⁻¹; sin embargo, este valor fue superior a 60 g kg⁻¹, valor mínimo requerido para suplir los requerimientos microbianos de compuestos nitrogenados en la actividad ruminal (Lazzarini *et al.*, 2009; Belachew *et al.*, 2013). Los mayores valores de proteína están relacionados con los mayores rendimientos de los componentes hoja (Bolaños *et al.*, 2012) y grano, el cual está contenido en la panícula (Jaramillo *et al.*, 1993), por consiguiente, para este experimento, estos genotipos se caracterizaron por presentar valores sobresalientes de los componentes hoja y panícula (Figura 1).

En relación con la FDN, los genotipos Paloma, Sumiel, Fortuna, 197-1-1 y Williams presentaron los menores valores con 592 g kg⁻¹ en promedio. Para FDA, no se presentaron diferencias significativas entre los genotipos ($P > 0.05$) con 401 g kg⁻¹ en promedio. Los valores de lignina entre genotipos se presentaron dentro de un rango de 67 a 94 g kg⁻¹, en el que Sumiel, presentó el menor valor. Considerando los parámetros descritos por Linn y Martín (1991), especifica que valores de FDN y FDA menores a 650 y 450 g kg⁻¹, respectivamente, permiten obtener forraje dentro de los estándares de calidad. Por otra parte, valores cercanos a 91 g kg⁻¹ de lignina, limita el consumo y absorción de nutrientes (Granados-Niño *et al.*, 2021). No obstante, para este experimento, los valores de 94 g kg⁻¹ de lignina presentes en el genotipo Fortuna, no influyen en la digestibilidad de materia seca al presentar el mayor valor con 739 g kg⁻¹, seguido por Williams, Arcos y 197-1 con 693 g kg⁻¹ en promedio. Por su lado, el menor valor obtenido en Paloma con 594 g kg⁻¹ no afectó los parámetros dentro de los estándares de calidad de forraje (Linn y Martín, 1991). Debido a esto, el ensilado de los genotipos de sorgo evaluados permiten ser una opción a considerar para la producción y conservación de forraje debido a los valores de calidad encontrados.

CONCLUSIONES

Los genotipos evaluados permiten ser una opción para considerar en la producción y conservación de forraje dentro de los estándares de calidad, en los que sobresalen Fortuna, Paloma, Sumiel y Williams, con rendimientos de hasta 24 t ha⁻¹ y valores de proteína y digestibilidad de hasta 109 y 739 g kg⁻¹ de materia seca, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2019. Official Methods of Analysis. 2nd ed.; Association of Official Analytical Chemists: Montgomery, Maryland, USA.
- Belachew, Z.; K. Yisehak; T. Taye; G. P. J. Janssens. 2013. Chemical composition and *in sacco* ruminal degradation of tropical trees rich in condensed tannins. *Czech Journal of Animal Science* 58(4):176-192.
- Bolaños A. E. D.; J. C. Emile; G. Audebert. 2012. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3:441-449.
- COMECARNE, Consejo Mexicano de la Carne, Compendio estadístico 2023. Consultado en línea 28/07/2023. <https://comecarne.org/compendio-estadistico-2021/>.
- Daniel P., J. L.; T. F. Bernardes; C. C. Jobim; P. Schmidt; L. G. Nussio. 2019. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, 74(2): 188-200. <https://doi.org/10.1111/gfs.12417>
- Granados-Niño, J. A.; D. G. Reta-Sánchez; O. I. Santana; A. Reyes-González; E. Ochoa-Martínez; F. Díaz; J. I. Sánchez-Duarte. 2021. Efecto de la altura de corte de sorgo a la cosecha sobre el rendimiento de forraje y el valor nutritivo del ensilaje. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12(3):958-968.
- Jaramillo, M.; M. Peña; I. Angulo; A. León; N. Obispo. 1993. Valor nutricional de cultivares de sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] altos en taninos producidos en Venezuela I. Composición química. *Zootecnia Tropical* 11(2):129-150.
- Lazzarini, I.; E. Detmann; C. Batista S.; M. Fonseca P.; S. C. Valadares F.; M. Augusto S.; F. Albani O. 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(10):2021-2030.
- Linn, J. G.; N. P. Martin. 1991. Forage quality analyses and interpretation. *Dairy Nutrition Management* 7(2):509-523.
- Menke, K. H.; H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analyses and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development*. 28:7-55.
- Montes-García N.; H. Williams-Alanís; T. Moreno-Gallegos; M. E. Cisneros-López; V. Pecina-Quintero. 2012. RB-Paloma, variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:185-187.
- Ruiz V. J.; J. C. Carrillo R. 2005. Selección de cultivares forrajeros de sorgo (*Sorghum bicolor*) y mijo (*Pennisetum americanum*) por índices de eficiencia de producción y calidad. *Agronomía Mesoamericana* 16:153-160.
- SAS, Statistical Analysis System. 2002. Versión 9.0. USA.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sosa R., E. E.; E. Cabrera T.; D. Pérez R.; L. Ortega R. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria Mexicana* 46:413-426.
- Van Soest, P.J.; R. H. Wine. 1967. Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. IV. Determination of Plant Cell-Wall Constituents. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 50:50-55.
- Vargas R. C. F. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.). *Agronomía Mesoamericana* 16(2):215-223.
- Vargas T., V.; R. M. E. Hernández; L. J. Gutiérrez; D. C. J. Plácido; C. A. Jiménez. 2007. Clasificación climática del Estado de Tamaulipas, México. *Ciencia UAT* 2(2):15-19.
- Williams-Alanís H.; U. Aranda-Lara; G. Arcos-Cavazos; F. Zavala-García; M. C. Rodríguez-Vázquez; E. Olivares-Sáenz. 2007. Potencial productivo de variedades experimentales de sorgo blanco para el sur de Tamaulipas. *Nova Scientia* 13:1-19.
- Zamora V., V. M.; A. J. Lozano R.; A. López B.; M. H. Reyes V.; H. Díaz S.; J. M. Martínez R.; J. M. Fuentes R. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de materia seca y calidad nutritiva en dos localidades de Coahuila. *Técnica Pecuaria Mexicana* 40(3):229-242.

PARÁMETROS DE PRODUCCIÓN DE SISTEMAS CAPRINOS EN CONDICIONES SEMIÁRIDAS DE ZACATECAS, MÉXICO

Diana Luna-Coronel¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹ *, Blanca Isabel Sánchez -Toledano², Jorge A. Zegbe-Domínguez³, Daniel García-Cervantes¹, Alberto Muro-Reyes¹

¹Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cordovel, Enrique Estrada, Zacatecas, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, México.

Autor de correspondencia: [*hgutierrez@uaz.edu.mx](mailto:hgutierrez@uaz.edu.mx)

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue estimar parámetros de producción de los sistemas caprinos, en condiciones semiáridas del estado de Zacatecas, México. La población considerada en la investigación se conformó mediante un muestreo no probabilístico al 10% del padrón de los productores registrados con UPP (unidad de producción pecuaria), incluyendo los municipios de Mazapil, Concepción del Oro, El Salvador y Melchor Ocampo. De forma aleatoria, aplicado los meses de enero a marzo del 2023. El cuestionario estuvo dividido en dimensiones económicas, culturales, sociales, y productivas, considerando para este estudio sólo la última. El 87% de los productores tienen su sistema de producción extensivo, predominando la raza “Nubia” (44%) y “Criolla” (22%). Las cabras son empadradas a los 16 meses, en donde el 92% de los productores presentan al menos 10% de abortos en el rebaño, y al 57% de los productores presenta mortandad en cabritos. Al 23% de los productores sólo le paren la mitad de sus cabras cada año, y al 65% de ellos, le paren el 75%. La proporción macho cabrío:cabras fue de 1:62, y la principal actividad económica fue la venta de cabrito. La cantidad de leche producida por cabra fue de 712 ml. El 77% de los productores ha disminuido su inventario en los 3 años. Con estos datos de producción se concluye que se necesitan implementar políticas públicas de apoyo técnico, capacitación y adquisición de sementales, además de programas de repoblamiento.

Palabras clave: producción de leche, cabritos, gestación, abortos.

ABSTRACT

This work aimed to estimate the production parameters of goat systems in semi-arid conditions in the state of Zacatecas, Mexico. The population in the investigation was formed using a non-probabilistic sampling of 10% of the producers registered with UPP (livestock production unit), including municipalities of Mazapil, Concepción del Oro, El Salvador, and Melchor Ocampo. It was applied from January to March 2023. The questionnaire was divided into economic, cultural, social, and productive dimensions, considering only the last one for this study. 87% of the producers have an extensive production system, predominantly the “Nubian” (44%) and “Creole” (22%) races. The goats are bred at 16 months, where 92% of the producers present at least 10% abortions in the herd, and 57% of the producer’s present mortality in kids. 23% of the producers only give birth to half of their goats yearly, and 65% give birth to 75%. The male goat: goat ratio was 1:62, and the main economic activity was the sale of goats. The milk produced per goat was

712 ml. 77% of the producers have reduced their inventory in the three years. With these production data, it is concluded that public policies for technical support, training, and acquisition of stallions and repopulation programs need to be implemented.

Keywords: milk production, kids, pregnancy, abortions.

INTRODUCCIÓN

México se ubica como el segundo productor de cabras en el continente americano, sólo superado por Brasil (ICAMEX, 2001). Zacatecas ocupa en quinto lugar con mayor población caprina en México (SIACON, 2019). En Distrito Rural de Concepción del Oro es una de las áreas donde la caprinocultura ocupa un lugar de primer orden por la subsistencia familiar (Flores *et al*, 1991). Las cabras son animales altamente adaptados para sobrevivir en climas áridos y semiáridos. Pueden consumir una variedad de alimentos, incluidos pastos, malezas y arbustos, que son abundantes en estas áreas, lo que reduce la competencia con otras especies por recursos limitados. La cría de caprinos proporciona una fuente de alimentos valiosa en forma de carne y leche. La carne de cabra es una fuente de proteína magra y de alta calidad, mientras que la leche de cabra es más fácilmente digerible para algunas personas que la leche de vaca y puede procesarse en diversos productos lácteos como queso y yogurt. La venta de cabras, carne, leche y productos derivados puede ser una fuente importante de ingresos para las comunidades locales. Esto ayuda a mejorar la economía regional y a diversificar las fuentes de ingresos de las familias que dependen de la agricultura. La actividad ganadera de caprinos puede ayudar a mantener la salud del suelo en áreas propensas a la erosión. Al pastar, las cabras pueden eliminar especies invasoras y reducir la carga de vegetación seca, contribuyendo a la prevención de incendios forestales y la regeneración del pasto. Las cabras son animales relativamente fáciles de manejar y no requieren infraestructuras costosas o complejas para su cuidado. Esto las hace adecuadas para pequeños productores o comunidades con recursos limitados. La producción local de alimentos a través de la cría de caprinos puede ayudar a reducir la dependencia de alimentos importados y mejorar la seguridad alimentaria de la región. Incorporar la cría de caprinos en la agricultura existente puede proporcionar una forma de diversificar las actividades económicas de los agricultores, disminuyendo la vulnerabilidad a los cambios climáticos y los precios fluctuantes de los cultivos.

Los objetivos de la investigación son estimar los parámetros productivos de las zonas semiáridas del estado de zacatecas. Valorando los parámetros de explotaciones con sistemas similares, y buscar alternativas para mejorar la productividad de estas regiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

La técnica utilizada para la recolección de información consistió en una entrevista, a 62 productores de Mazapil, Concepción del oro, El Salvador y Melchor Ocampo, durante los meses de enero a marzo del 2023., utilizando como instrumento un cuestionario, dividido en dimensiones o secciones económicas, culturales, sociales, y productivas, considerando para este estudio sólo la última. Se utilizó estadística descriptiva para la evaluación de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo tuvo como objetivos estimar los parámetros productivos de sistemas caprinos en regiones semiáridas de Zacatecas, México. El 87% de los productores encuestados de las zonas semiáridas de Zacatecas, utiliza únicamente el sistema de producción extensivo. El sistema extensivo es el más utilizado en México, ya que está asentado en las regiones áridas y semiáridas, recibe manejo rústico, tiene un limitado apoyo tecnológico y económico (Echeverría *et al.*, 2006).

Así mismo, se establece en tierras marginales, no utilizables por la agricultura (Rivera, 2003) y presenta las ventajas de abaratar costos en alimentación e instalaciones, pero generalmente sus rendimientos productivos son menores (Arechiga *et.*, 2008). Los caprinos se adaptan a condiciones climáticas y geográficas, más que otro tipo de ganado, por esto mismo son manejadas en sistemas de producción nómada, trashumante, extensivo o bajo confinamiento total (Smith y Sherman, 1994).

La raza “Nubia” es la más utilizada, ocupando el 44% del inventario, le siguen “Criolla” 22% y “Saanen” 8.5%, explotadas por su capacidad de doble propósito en leche y carne. La cabra “Criolla” es capaz de producir, tolerando forrajes y pastos de baja calidad nutricional (Quezada, 2002), importante resaltar que tienen resistencia a la brucelosis (Quintero, 2006). Por otro lado, la “Boer” ocupando el 15 %, tiene que tener una dieta adecuada para producción de carne, las hembras son muy fértiles, con tasas de parición del 90% y prolificidad 2,1 (Malan, 2000; Capra, 2002). La explotación cárnica y de leche de cabra para producción de quesos y otros productos lácteos, ha permitido la presencia del hombre en el medio rural. Estos productos muestran elevada digestibilidad y alto nivel nutritivo, destacando su aporte proteico y riqueza en calcio y vitaminas (Contreras, 2001). Estas razas se adaptan fácilmente a todos los climas y condiciones rústicas (González, 2001). La diversidad de razas, es importante ya que encuentran en cada una de ellas sus propias ventajas particulares (Cosío, 1990). La raza que más se utiliza en los países menos desarrollados es la “Criolla”, aunque casi siempre existe algún grado de cruzamiento con razas más especializadas como la Anglo Nubian, Alpina y “Saanen” (Bidot, 2006).

La prolificidad de las cabras (porcentaje de crías nacidas en proporción al número total de hembras) encontradas en este estudio es del 25%, lo cual es considerado bajo. El promedio de cabras es de 217 vientres, de estos sólo paren 56 cabritos en promedio, es decir, por cada 100 cabras nacen 25.8 cabritos; comparando la prolificación madre-cría de Concepción del Oro del año 1991 de 43.6% (Salinas *et.*, *al* 1991). La proporción de semental es de 1 por cada 63 cabras, lo cual explica en parte las bajas tasas de nacimientos observadas. Estos resultados tienen una diferencia importante reportados por Frías Mora, (1998) y Carné *et al.* (2007), resaltando que estos resultados no se consideran recomendables en este tipo de sistemas. En ese sentido, diversos autores citados por Abreu, (1990) y SEA, (1999), recomiendan bajo condiciones de sistemas extensivos tropicales el manejo máximo de 25 hembras por semental. La prolificidad de la cabra “Criolla” mantenida en agostadero en México es de 1.6 crías por parto (Mellado, 2010).

La mortalidad registrada de cabritos pre-destete es de alrededor del 10%, los cuales en su mayoría son reportados muertos por inanición e insolación. Algunos autores manejan la causa de muerte debido principalmente a los parásitos gastrointestinales (Torres y Aguilar, 1996). En el estado de Zacatecas y el municipio de Ojo caliente la mortalidad en cabritos tiene una relación importante con la alimentación de la madre, antes y después del parto, en Concepción del Oro los partos ocurren en épocas de temperaturas cálidas y con abundancia de alimentos, se presentan bajos problemas de mortalidad en cabritos (Salinas *et.*, *al* 1991).

El 77.4% de productores caprinos les ha disminuido sus rebaños en los últimos tres años, solo el 16.1% de estos se ha mantenido y el 6.5% ha aumentado. La disminución de los rebaños en los últimos tres años, podrían ser causada por la baja precipitación en la zona (menos de 400mm en algunas entidades), reduciendo la productividad en cultivos y disponibilidad de forraje de agostadero, provocando disminución del hato (Echavarría *et al.*, 2014). Aunque, los productores,

también comentaron como principal causa de baja de inventario ganadero la escasez de pastores. La caprinocultura en el estado de Zacatecas se ha visto afectada por la disminución del número de cabezas por hatos y en el valor de producción. El promedio de leche por cabra es de 712.5 ml. La producción lechera de una cabra es de 0.5 litros/día en 100 a 120 días de lactancia. No obstante, con razas especializadas en sistemas intensivos se obtienen 2.5 litros/día en 8 meses de lactancia (Candotti, 2007).

CONCLUSIONES

Se concluye que se tiene un porcentaje elevado de muerte de cabritos, bajas pariciones, un retraso en la entrada a la pubertad, falta de sementales, y una disminución en el inventario. Con estos datos se necesitan implementar políticas públicas de apoyo técnico, capacitación y adquisición de sementales, además de programas de repoblamiento.

LITERATURA CITADA

- Abreu, P. (1990). Identificación y caracterización de los sistemas de producción caprina predominantes en República Dominicana. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 133 pp.
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., De Lara, S. M., Bañuelos, V. R., & Meza-Herrera, C. A. (2008). Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.
- Bidot A, Bidot G. (2006). La producción de leche caprina y sus formas de comercialización. Recopilación. Revista Agroenfoque. No. 3.
- Candotti JJ. (2007) Los beneficios de la leche caprina en la infancia. Disponible en: www.todoagro.com.ar Acceso: diciembre 2013.
- Capra, (2002). La Raza Boer. Disponible en: <http://www.icspana.es/Capra/boer/boer.htm>. Acceso Diciembre, 2012.
- Casey, N.H; Van Nickerk, W.A. (1988). The Boer Goat. I. Origin adaptability, performance testing, reproduction and milk production. *Small Ruminant Research*. 1 : 291-302.
- Carné, S., Roig, N. y Jordana, J. (2007). La cabra blanca de Rasquera: Caracterización estructural de las explotaciones. *Arch. Zootec.*, 56: 43-54.
- Contreras C. (2021). Cuidado de la cabra y su cría después del parto. Hoja divulgativa 24, 2 p. Guía de producción caprina. INIA Intihuasi.
- Cosio F. (1990). Sistemas de producción caprina para zonas áridas de Chile. *Terra Árida*; 10:77-104.
- Echavarría CH., F.G., Gutiérrez L., A.; Ledezma R., R.I.; Bañuelos V., R.; Aguilera S., J.I.; Serna P. a. (2006). Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: I Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria México*. 44(2):203-217
- Echavarría, F., Serna, A., Flores, M., Medida, G., Gutiérrez, R., Salinas, H. & López, J. (2014). Sistema de producción de forrajes de temporal una opción para la reconversión productiva. CIRNOC- INIFAP. Folleto Técnico No.53.
- Frías Mora, J.J. (1998). Situación actual y perspectivas de conservación de las razas caprinas en peligro de extinción en la provincia de Jaén. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. España.
- González, A. (2001). Manuales para la educación agropecuaria. Cabras. Área: producción animal. Editorial trillas. Pp 36 – 38
- ICAMEX, (2021). <http://icamex.edomex.gob.mx/caprinos>
- Malan, S. W. (2000). The improved Boer goat. *Small Ruminant Research* 36:165-170
- Mellado, B.M. (2010). Manejo reproductivo de hatos de cabras en agostadero. Simposio. La Contribución de los Ovinos y Caprinos en la Producción de los Alimentos. XXXI Aniversario de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de Méx., México.
- Quezada, J. L. (2002). Experiencia con un plantel productor de carne caprina en la Región Metropolitana. *TecnoVet*, 8(2), ág-9.
- Quintero, M. (2006). Curso de Producción y Manejo de Caprino Cultura Andina. Fundación Aliñambi. Finca L'Verde. Entrevista Personal. 13 y 14 de enero, 2006.
- Salinas, H., Avila, J. L., Falcón, A., & Flores, R. (1991). Factores limitantes en el sistema de producción de caprinos en Zacatecas México'. Turrialba: Revista Interamericano de Ciencias Agrícolas, 41, 47.
- SEA. (1999). Diagnóstico del subsector ganadero de la República Dominicana. Ganadería ovina y caprina. Secretaría de Estado de Agricultura. Santo Domingo. República Dominicana.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- SIACON. (2019). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Producción pecuaria. (Consultado: 7 junio 2023)
- Smith, M.C.; D.M. Sherman. (1994). Goat medicine. Lippincott Williams & Wilkins. Baltimore, MA. USA. 620 p.
- Torres, J.F. y Aguilar, F. (1996). Principales causas de mortalidad de cabras Criollas en el trópico subhúmedo del estado de Yucatán. En: Memorias de la IX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Octubre, 16-18. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Edo. de Méx., México.

**IMPACTO DEL PASTOREO DE GANADO BOVINO SOBRE VARIABLES
ECOLÓGICAS DEL SUELO EN UN BOSQUE ENCINO-PINO
IMPACT OF CATTLE GRAZING ON SOIL ECOLOGICAL VARIABLES IN AN OAK-
PINE FOREST**

Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Carlos Raúl Morales Nieto^{1*}, Raúl Corrales Lerma¹, Federico Villarreal Guerrero¹, Alfredo Pinedo Álvarez¹, José Humberto vega Mares¹, Nelson Guadalupe Aguilar Palma¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico R. Almada km 1. C. P. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor por correspondencia: cnieto@uach.mx

RESUMEN

El objetivo fue monitorear los cambios ecológicos ocasionados por el pastoreo de tres grupos raciales en un bosque de pino-encino. El área de estudio se localiza en el potrero "Las Lajas" del rancho experimental Teseachi, Chihuahua. Se seleccionaron 2000 ha y se dividieron en seis potreros. En cada potrero se colocaron tres exclusiones (alta, media y baja). Se seleccionaron tres razas de ganado bovino: criollo, especializado (hereford-angus) y una cruce (angus-criollo). Para medir el impacto del pastoreo sobre el pastizal, se evaluaron variables como Materia Orgánica (MO), Carbono Orgánico (CO), Densidad Aparente (DA), Porocidad del suelo (Po) y Velocidad de Infiltración Media (VIM). Se utilizó un análisis de varianza con comparación de medias Tukey y un análisis de correlación. El ganado criollo del potrero cuatro, presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) con el ganado especializado (hereford-angus) del potrero cinco. El impacto ecológico sobre el suelo del ganado criollo fue menor al aumentar el CO, la MO y la Po del suelo. Por otra parte, se detectó una corelación negativa entre DA con CO ($r = -0.3359$; $p < 0.0001$), MO ($r = -0.3363$; $p < 0.0001$), Po ($r = -0.5547$; $p < 0.0001$) y VIM ($r = -0.2399$; $p < 0.0038$). El ganado criollo al presentar hábitos de pastoreo más extensos disminuye la posibilidad de aumentar la densidad aparente permitiendo que los poros del suelo se encuentren abiertos lo que probablemente explique el aumento de las variables ecológicas del suelo.

Palabras clave: Captura de carbono, materia orgánica, pastizal, criollo, especializado.

ABSTRACT

The objective was to monitor the ecological changes caused by the grazing of three racial groups in a pine-oak forest. The study area is located in the "Las Lajas" pasture of the experimental Ranch Teseachi, Chihuahua. 2000 ha were selected and divided into six paddocks. Three exclusions (high, medium and low) were placed in each paddock. Three breeds of bovine cattle were selected; Creole, specialized (Hereford-Angus) and a cross (Angus-Creole). To measure the impact of grazing on the pasture, variables such as organic matter (OM), organic carbon (CO), bulk density (DA), soil porosity (Po) and mean infiltration rate (VIM) were evaluated. An analysis of variance (ANOVA) was used with comparison of Tukey means and a correlation analysis. The analyzes were carried out with the statistical package SAS 9.1.3 (2006). The Creole cattle of paddock four presented a difference ($p < 0.05$) with the specialized cattle (Hereford*angus) of paddock five. The Creole cattle had less impact on the ecological variables, by compacting the soil less and increasing the CO, OM and Po of the soil. On the other hand, the correlation analysis observed a negative relationship ($p < 0.05$) between DA with CO ($r = -0.3359$; $p < 0.0001$), MO ($r = -0.3363$; $p <$

0.0001), Po ($r = -0.5547$; $p < 0.0001$) and VIM ($r = -0.2399$; $p < 0.0038$). Criollo cattle, by presenting more extensive grazing habits, decreases the possibility of increasing the apparent density, allowing the soil pores to be open, which probably explains the increase in the ecological variables of the soil.

Keywords: Carbon sequestration, organic matter, grassland, criollo, specialized.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son uno de los ecosistemas más grandes del planeta, pues abarcan cerca del 30% de la superficie terrestre (Dixon *et al.*, 2014). Por esta gran distribución son considerados como una fuente de bienes y servicios ecológicos en Materia orgánica (MO), almacenamiento de carbono orgánico (CO), infiltración de agua, densidad aparente (DA), entre otras. Estas variables juegan un papel importante para prevenir erosión del suelo (Fissore *et al.*, 2017) al mantener la diversidad de especies vegetales (Cong *et al.*, 2014), mejorar los procesos hidrológicos, así como conservar la porosidad y agregados del suelo (Liu *et al.*, 2019), pero principalmente la producción de forraje para pastoreo de ganado bovino (Döbert *et al.*, 2021).

Sin embargo, la degradación de los ecosistemas a causa del sobrepastoreo ha provocado una reducción del porcentaje de materia orgánica del suelo, ocasionada por la baja concentración de hojarasca, cobertura vegetal, compactación del suelo y una disminución del espacio poroso, lo que ocasiona una disminución de infiltración de agua en el suelo que provoca un aumento de escorrentía y erosión del suelo (Kechero *et al.*, 2013). Con base en esto, se pretende conocer los impactos ecosistémicos entre diferentes razas de ganado, puesto que, este tipo de ecosistemas requieren mejores prácticas de pastoreo y una correcta administración del forraje, para mantener los servicios ecológicos antes mencionados. Por lo tanto, el objetivo fue monitorear durante dos años los cambios ecológicos provocados por el pastoreo de tres grupos raciales en un bosque de pino-encino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el potrero “Las Lajas”, del rancho experimental “Teseachi” del municipio de Namiquipa, Chihuahua ($28^{\circ} 47' 42.24''$ N y $107^{\circ} 26' 06.79''$ O). El rancho cuenta con una superficie de 12,500 ha, una altitud de 2,083 msnm, temperatura y precipitación promedios anuales de 13°C y 580 mm, respectivamente (INEGI, 2015). Las especies gramíneas del área de estudio son *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y las especies arbóreas incluyen a *Quercus oblongifolia* y *Quercus arizonica*, *Quercus arizonica*, *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*.

Se seleccionaron 2,000 ha y se dividieron en seis potreros de diferentes dimensiones de acuerdo a la topografía del terreno. Se utilizaron tres razas de ganado bovino: criollo, una cruce (angus-criollo) y raza especializada (hereford-angus). Se utilizaron animales de la misma edad, provenientes de las mismas condiciones de reproducción desarrolladas dentro del rancho. En cada potrero se colocaron tres exclusiones de 60 m² distribuidas en diferentes estratos (bajo, medio y alto) y protegidas con malla ciclónica.

Para estudiar el impacto del pastoreo del ganado bovino sobre la ecología del ecosistema se evaluó: materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), densidad aparente (DA), porcentaje de porosidad del suelo (Po) y velocidad de infiltración media (VIM). Los datos de las variables ecológicas se analizaron a través de un análisis de varianza (ANOVA), utilizando la prueba Tukey para la comparación de medias. Finalmente, se realizó un análisis de correlación para observar la asociación entre las variables evaluadas. Los análisis se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS (versión 9.1.3, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación por estrato por potrero

Al medir la intensidad del pastoreo a diferentes altitudes de cada uno de los potreros, cuantificada a través de las variables ecológicas, se encontró diferencia ($p < 0.05$) en los estratos de la parte baja del potrero tres y seis en las variables carbono orgánico ($p < 0.036$; $p < 0.017$) y materia orgánica ($p < 0.036$; $p < 0.017$), donde pastorea el ganado especializado (hereford*angus) y cruzado (angus*criollo), respectivamente. Por otra parte, la VIM presentó diferencia ($p < 0.05$) en la parte baja del potrero dos, donde pastoreó el ganado criollo ($p < 0.020$). Finalmente, el potrero seis (angus*criollo) presentó diferencias ($p < 0.05$) en el porcentaje de porosidad del suelo ($p < 0.009$) en el estrato bajo. Esto se puede deber a que el ganado especializado no tiende a recorrer grandes distancias y, por lo tanto, solamente se concentró en las partes planas, ocasionando zonas de castigo, perjudiciales para los servicios ecosistémicos (Conegliano *et al.*, 2022). La cruce (angus-criollo) puede mostrar estos mismos patrones de pastoreo, debido a que presenta genes provenientes de una raza especializada como es el angus. Por su parte, Raynor y colaboradores (2021), mencionan que este tipo de comportamiento en el ganado puede estar influenciado por la disponibilidad de alimento y la distribución de bebederos en el agostadero.

Comparación de razas por potrero

Se presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre las diferentes razas de cada potrero. Por ejemplo, el ganado cruzado (angus*criollo) proveniente del potrero uno y la raza especializada (hereford*angus) perteneciente al potrero tres, presentaron diferencias ($p < 0.05$) en las variables MO ($p < 0.034$), CO ($p < 0.034$) y Po ($p < 0.015$). Por otra parte, el ganado criollo del potrero cuatro presentó diferencia ($p < 0.05$) con el ganado especializado (hereford*angus) del potrero cinco. En general, el ganado criollo presentó menor impacto sobre las variables ecológicas, al compactar menos el suelo y aumentar el CO, la MO y la Po del suelo (Figura 1).

Análisis de Correlación

Se determinó una relación negativa ($p < 0.05$) entre DA con CO ($r = -0.3359$; $p < 0.0001$), MO ($r = -0.3363$; $p < 0.0001$), Po ($r = -0.5547$; $p < 0.0001$) y VIM ($r = -0.2399$; $p < 0.0038$; Cuadro 1). Esta relación es natural debido a que, al existir mayor compactación del suelo (DA) los poros se cierran y se interrumpe la infiltración de agua al suelo, así como el intercambio de gases, provocando que las especies vegetales sean incapaces de desarrollarse y mantenerse (Chaudhari *et al.*, 2013).

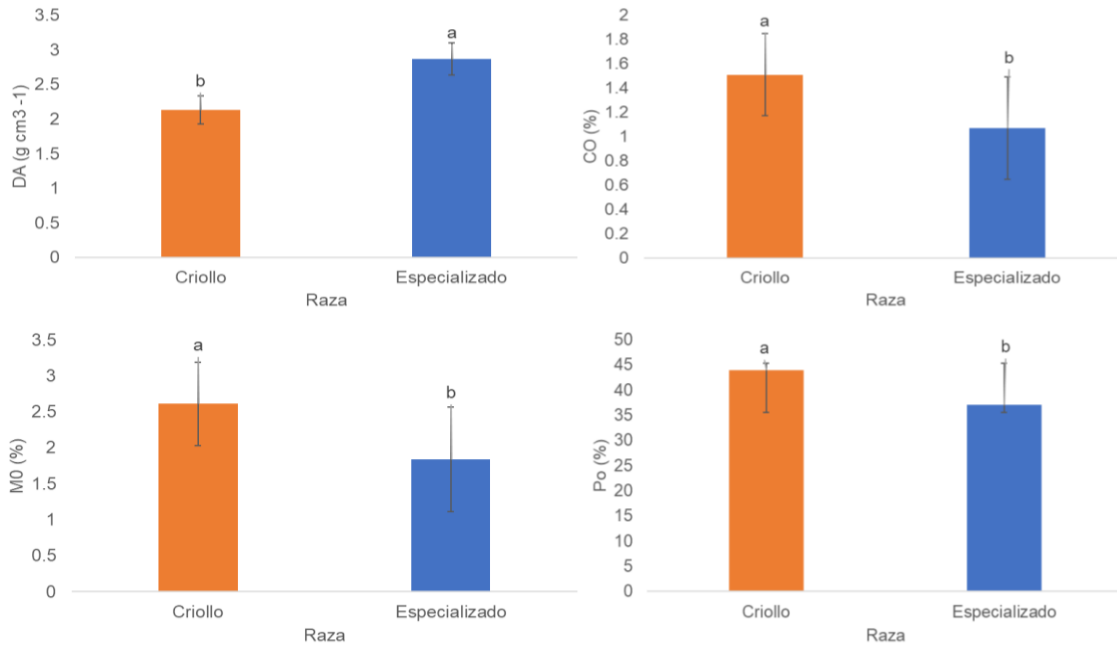


Figura 1. Comportamiento de la Densidad Aparente (DA), Carbono Orgánico (CO), Materia Orgánica (MO) y Porosidad del suelo (Po) con ganado criollo del potrero cuatro, comparado con el ganado especializado (hereford*angus) del potrero cinco. Medias con literales diferentes indican diferencia estadística ($p < 0.05$)

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre las variables ecológicas de los sub-potreros del potrero “Las lajas” del Rancho Experimental Teseachi

	DA	CO	MO	Po	VIM
DA	1				
CO	-0.3359** P < 0.0001	1			
MO	-0.3363** P < 0.0001	1** P < 0.0001	1		
Po	-0.5547** P < 0.0001	0.3998** P < 0.0001	0.4001** P < 0.0001	1	
VIM	-0.2399* P < 0.0038	0.1905* P < 0.0222	0.1909* P < 0.0219	0.2337* P < 0.0048	1

Diferencia estadística * ($p < 0.05$); ** = ($p < 0.0001$); DA = densidad aparente; CO = carbono orgánico; MO = materia orgánica y Po = porosidad del suelo.

CONCLUSIÓN

La cruce (angus-criollo) y la raza especializada (hereford-angus) mostraron diferencias ($p < 0.05$) en la parte bajo del potrero, ocasionando reducción de las variables ecológicas, al presentar una mayor concentración del ganado en pastoreo en dicha zona. Los potreros donde pastoreó el ganado criollo presentaron los valores más bajos en densidad aparente, lo que pudiera explicar el aumento de las demás variables ecológicas.

LITERATURA CITADA

Chaudhari, P. R., D. V Ahire, V. D. Ahire, M. Chkravarty, and S. Maity. 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *Int. J. Sci. Res.* 3:1–8.

Cong, W. F., J. van Ruijven, L. Mommer, G. B. De Deyn, F. Berendse, and E. Hoffland. 2014. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *J. Ecol.* 102:1163–1170. doi:10.1111/1365-2745.12280.

Dixon, A. P., D. Faber-Langendoen, C. Josse, J. Morrison, and C. J. Loucks. 2014. Distribution mapping of world

- grassland types. *J. Biogeogr.* 41:2003–2019. doi:10.1111/JBI.12381.
- Döbert, T. F., E. W. Bork, S. Apfelbaum, C. N. Carlyle, S. X. Chang, U. Khatri-Chhetri, L. S. Sobrinho, R. Thompson, and M. S. Boyce. 2021. Adaptive multi-paddock grazing improves water infiltration in Canadian grassland soils. *Geoderma*. 401:115314. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115314.
- Fissore, C., B. J. Dalzell, A. A. Berhe, M. Voegtle, M. Evans, and A. Wu. 2017. Influence of topography on soil organic carbon dynamics in a Southern California grassland. *Catena*. 149:140–149. doi:10.1016/j.catena.2016.09.016.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua.
- Kechero, Y., B. Duguma Eticha, T. Tolemariam Ejeta, K. Yisehak, D. Belay, T. Taye, and G. P. J. Janssens. 2013. Impact of soil erosion associated factors on available feed resources for free-ranging cattle at three altitude regions: Measurements and perceptions. *Elsevier*. 98:70–78. doi:10.1016/j.jaridenv.2013.07.012.
- Liu, Y., H. Miao, X. Chang, & G. W.-L. D., and undefined 2019. 2019. Higher species diversity improves soil water infiltration capacity by increasing soil organic matter content in semiarid grasslands. *Wiley Online Libr.* 30:1599–1606. doi:10.1002/ldr.3349.

VALOR NUTRICIONAL DE PELLETS A PARTIR DE HUESO DE MANGO COMO ALIMENTO PARA GANADO NUTRITIONAL VALUE OF PELLETS FROM MANGO SEEDS AS CATTLE FEED

Cynthia Adriana Nava Berumen^{1,2}, Artemio Carrillo Parra², Rigoberto Rosales Serna³, Gerardo Antonio Pámanes Carrasco⁴

¹Posdoctorante Conahcyt, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo., México, C.P. 34120.

²Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo., México, C.P. 34120.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana, Carretera Durango – El Mezquitil km. 4.5. Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

⁴Catedrático Conahcyt, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo., México. C.P. 34120.

Autor de correspondencia: cadrianan@hotmail.com

RESUMEN

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales más importantes del mundo por su producción, superficie cultivada y popularidad. Este cultivo genera gran cantidad de residuos, entre ellos el hueso, a los cuales se les puede dar diferentes usos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el valor nutricional de pellets elaborados a partir de hueso de mango como una alternativa de utilización como alimento para ganado. El hueso de mango fue colectado en Escuinapa, Sinaloa, se dejó secar y se molió a un tamaño de partícula de 3.1 mm para elaborar los pellets. Tanto a la biomasa como a los pellets del hueso mango se les determinó humedad (H), cenizas (CEN), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), celulosa (CEL), hemicelulosa (HE) y lignina (L). Los resultados obtenidos se analizaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se encontraron diferencias estadísticas entre la biomasa y el pellet de hueso de mango en GC, FC, ELN, FDN y HE. En general, en los componentes estructurales se obtuvieron porcentajes más bajos que en la biomasa lo cual indica que elaborar pellets de hueso de mango es una buena opción para obtener alimento para ganado con valor nutricional aceptable.

Palabras clave: mango, pellet, biomasa, valor nutricional

ABSTRACT

Mango (*Mangifera indica* L.) is one of the most important tropical fruits in the world due to its production, cultivated area and popularity. This crop generates a large amount of waste, including the seeds, which can have different uses. The objective of this work was to evaluate the nutritional value of pellets made from mango seeds as an alternative for use as cattle feed. The mango seeds were collected in Escuinapa, Sinaloa, dried and milled to a 3.1 mm particle size to make pellets. Moisture (H), ashes (CEN), crude protein (PC), ethereal extract (EE), crude fiber (FC), free nitrogen extract (FDN), were determined for both the biomass and the mango seeds pellets. neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA), cellulose (CEL), hemicellulose (HE) and lignin (L). The results obtained were analyzed in a completely randomized design with three repetitions and the comparison of means was made with the Tukey test ($\alpha=0.05$). Statistical differences were found between the biomass and the mango seeds pellet in GC, FC, ELN, FDN and HE. In general,

in the structural components lower percentages were obtained than in the biomass, which indicates that making mango seeds pellets is a good option to obtain livestock feed with acceptable nutritional value.

Keywords: mango, pellet, biomass, nutritional value

INTRODUCCIÓN

La biomasa puede provenir de una amplia variedad de fuentes como residuos forestales, cultivos energéticos y residuos agroindustriales (Okolie et al., 2021), estos últimos son generados a partir de la recolección y procesamiento de cultivos agrícolas (Ali et al., 2019).

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales más importantes del mundo por su producción, superficie cultivada y popularidad (FAOSTAT, 2012). Este fruto, genera gran cantidad de residuos agroindustriales, entre ellos la semilla de mango, que anualmente genera alrededor de 69 a 103.5 millones de toneladas, de las cuales existen practicas inadecuadas para su almacenamiento provocando impactos ambientales y sociales negativos (Suhartini et al., 2020). La utilización de estos residuos contribuye al uso de materiales potencialmente contaminantes en la alimentación animal (Olivera, 2006).

El aumento de los precios de los insumos para alimentación de rumiantes aumenta la necesidad del uso de alimentos alternativos para la alimentación de ganado donde los residuos agroindustriales juegan un papel importante (Chilibroste, 2012). Uno de los subproductos puede ser la obtención de pellets a partir de estos residuos ya que cuentan con alto potencial para ser utilizados como alimento para ganado por su alto valor nutricional (López-Varela, 2018). El objetivo de este trabajo fue evaluar el valor nutricional de pellets elaborados a partir de hueso de mango como una alternativa de utilización como alimento para ganado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El hueso de mango fue colectado en Escuinapa, Sinaloa, una vez que se recibió se dejó secar a temperatura ambiente para después someterlo a una molienda en un molino de martillos (TFS 420) equipado con una criba de 3.1 mm de diámetro. La biomasa obtenida se guardó en costales para usarlo posteriormente en la elaboración de pellets y los análisis de laboratorio. Para el análisis de la biomasa se tomo una submuestra y se tamizo a una malla de 60 (0.85 mm).

Para la elaboración de pellets fue necesario acondicionar la biomasa a una humedad de 12 %, los pellets fueron producidos en una peletizadora de disco marca ZSLP-R300, canales de 8 mm de longitud y 6 mm de diámetro con una capacidad de 250-300 kg h⁻¹. Los pellets de dejaron enfriar a temperatura ambiente y se guardaron en bolsas de plástico para su posterior análisis.

En biomasa de hueso de mango y pellets se realizó un análisis químico proximal de acuerdo con la AOAC, (1990), que incluye la determinación de cenizas (CEN), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra ruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN). Así mismo se determino el contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), y lignina (L) de acuerdo al método propuesto por ANKOM, (2005). La celulosa (CEL), se calculó por diferencia de la FDA menos L y la hemicelulosa (HE) FDN menos la FDA.

Los datos obtenidos se analizaron en un diseño completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el paquete estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para la composición química en la mayoría de las variables evaluadas. EE, FC y ELN presentaron diferencias altamente significativas mientras que CEN y PC resultaron estadísticamente iguales (Cuadro 1). Para el caso de los componentes estructurales se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas para FDN y significativas en HE; FDA, CEL y L presentaron igualdad estadística (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de la composición química de biomasa y pellet de hueso de mango

F.V.	G.L.	CEN	PC	EE	FC	ELN
Tratamiento	1	0.02	0.09	5.48	41.66	15.55
Error	4	0.06	0.02	0.10	0.71	0.47
C.V.		7.11	2.87	9.50	3.22	1.10
P		0.6277	0.1249	0.0019	0.0016	0.0045

F.V.= fuente de variación; G.L. grados de libertad; C.V.=coeficiente de variación; Ce=cenizas; PC=proteína cruda; EE=extracto etéreo; FC=fibra cruda; ELN=extracto libre de nitrógeno.

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de los de componentes estructurales de biomasa y pellet de hueso de mango

F.V.	G.L.	FDN	FDA	HE	CEL	L
Tratamiento	1	324.84	105.34	60.22	81.68	1.50
Error	4	14.53	19.81	3.03	16.60	3.21
C.V.		8.45	13.15	15.46	15.83	22.06
P		0.0091	0.0824	0.0112	0.0908	0.5315

F.V.= fuente de variación; G.L. grados de libertad; C.V.=coeficiente de variación; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida; HE=hemicelulosa; CEL=celulosa; L=lignina.

Se observó cambio en la composición química en tres variables evaluadas en los pellets de hueso de mango. En la biomasa se obtuvo 2.44 % de EE, FC de 28.74 % y ELN de 60.20 %, mientras que en forma de pellet el EE aumento a 4.35 %, la FC disminuyo a 23.47 % y el ELN aumento a 63.42 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Composición química y componentes estructurales de biomasa y pellets de hueso de mango

Variable	Biomasa	Pellet
Cenizas (%)	3.41	3.31
Proteína cruda (%)	5.21	5.45
Extracto etéreo (%)	2.44 ^b	4.35 ^a
Fibra cruda (%)	28.74	23.47
Extracto libre de nitrógeno (%)	60.2 ^b	63.42 ^a
Fibra detergente neutra (%)	52.48 ^a	37.76 ^b
Fibra detergente ácida (%)	38.05	29.67
Celulosa (%)	29.42	22.04
Hemicelulosa (%)	14.43 ^a	8.09 ^b
Lignina (%)	8.62	7.62

^{a-b} Literales diferentes en la misma fila indican diferencia estadística.

De igual manera, en el caso de los componentes estructurales hubo cambio después de que se peletizó la biomasa, en biomasa se obtuvo valores de FDN de 52.48 % y HE de 8.09 %; en pellet, la FDN bajo a 37.76 % y la HE 8.09 %. El resto de las variables (FDA, CEL y L) aunque resultaron estadísticamente iguales se observo la tendencia a disminuir después del peletizado (Cuadro 3).

Los resultados obtenidos en este trabajo para la biomasa del hueso de mango fueron superiores a los reportados por Guzman et al. (2013) para mangos nayaritas en CEN 2.13 %, PC 1.20 %, FDA 24.1 %, e inferiores en FDN 56.7 % y HE 32.5 %. y fueron similares a los reportados por Carrillo-Parra et al. (2022) (HE 18 %, CEL 27.7 %, L 9.3 %). Los valores de FDA se pueden relacionar con el nivel de digestibilidad de los alimentos y el valor de FDN se relaciona directamente con el consumo de alimento y el tiempo en que el animal permanece lleno (López-Varela, 2018). En base a lo anterior se puede decir que después del peletizado el hueso de mango mejoro su calidad para ser considerado como alimento para ganado ya que estos niveles disminuyen y se encuentran dentro de los valores requeridos para ser considerado de buena calidad (FDN= 52 % y FDA = 32%) (Van Soest, 1965).

CONCLUSIONES

Los pellets elaborados a partir de residuos agroindustriales de mango como el hueso, representan una buena opción para obtener un alimento de valor nutricional aceptable ya que el proceso de peletizado disminuye el porcentaje de componentes estructurales lo cual puede ayudar a mejorar la digestibilidad y a aumentar el consumo.

LITERATURA CITADA

- Ali M, Saleem M, Khan Z, Watson IA (2019) The use of crop residues for biofuel production. In: Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy. Elsevier, pp 369–395. [https:// doi. org/10. 1016/ B978-0- 08-102426- 3. 00016-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102426-3.00016-3)
- ANKOM. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (ANKOM²⁰⁰). Ankom Technology 2005; www.ankom.com/09_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf (verified 8 Jan. 2008). Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. Accessed Jun 28, 2016.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Carrillo-Parra, A., Rutiaga-Quiñones, J.G., Ríos-Saucedo, J.C., Ruiz-García, V.M., Ngangyo-Heya, M., Nava-Berumen, C.A., Nuñez-Retana, V.D. 2022. Quality of Pellet Made from Agricultural and Forestry Waste in Mexico. *Bioenerg. Res.* **15**, 977–986. <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10327-8>
- Chilibroste, P. 2012. Uso de productos industriales en la nutrición de bovinos de leche; una oportunidad para la lechería nacional. XL Jornadas Uruguayas de Buiatría. Pp. 34-42
- FAOSTAT. 2012. Importaciones y exportaciones/país por producto/ mango (Bases de Datos Estadístico Sustantivo de la FAO). <http://faostat3.fao.org/home/S>.
- Guzman, O., Lemus C., Bugarin J., Bonilla J., Ly J. 2013. Composición y características químicas de mango (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* **47**(3): 273-277).
- López-Varela, D. 2018. Caracterización bromatológica de pellets elaborados a partir de subproductos agropecuarios para la alimentación de bovinos. *Tecnología en Marcha.* Vol. 31 - Número Especial Movilidad Estudiantil 5. Pp 39-47.
- Okolie J.A., Nanda S., Dalai A.K., Kozinski J.A. 2021. Chemistry and specialty industrial applications of lignocellulosic biomass. *Waste Biomass Valori* **12**:2145–2169. [https:// doi. org/ 10. 1007/s12649- 020-01123-0](https://doi.org/10.1007/s12649-020-01123-0)
- Olivera, R., Carmenate, R., González, M., Pérez, C., Viera, G. & Sáez, S. 2006. Valor nutritivo in vitro de ensilajes de hollejo fresco de cítrico (*Citrus sinensis*) con bagacillo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). *Rev. Producción Animal* **18**:95.
- Suhartini S., Nurika I., Paul R., Melville L. 2020. Estimation of biogas production and the emission savings from anaerobic digestion of fruit-based agro-industrial waste and agricultural crops residues. *BioEnergy Res* **1**–16. [https:// doi. org/ 10. 1007/s12155- 020- 10209-5](https://doi.org/10.1007/s12155-020-10209-5).
- Van-Soest, P. J. 1965. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* **24**: 834-843.

VALOR NUTRICIONAL DE FORRAJE DE AVENA (*Avena sativa*) CON DIFERENTES TRATAMIENTOS DE FERTILIZACIÓN

Cynthia Adriana Nava Berumen¹, Sonia Valdez Ortega², Ixchel Abby Ortiz Sánchez², Anjuly Sánchez Velazquez², Oscar Gilberto Alaniz Villanueva² y Rigoberto Rosales Serna³

¹Posdoctorado Conahcyt-Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera-UJED, Blvd. Guadiana 501, Fracc. Ciudad Universitaria, Durango, Dgo. México, C.P. 34120

²Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Guadiana. Carretera Durango – México km. 22.5. Villa Montemorelos, Dgo. México. C.P. 34371.

³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km. 4.5. Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

Autor por correspondencia: ixchel.os@vguadiana.tecnm.mx

RESUMEN

La avena (*Avena sativa*) es una gramínea cultivada como forraje para alimentación de ganado; la variedad Turquesa obtiene buena producción de forraje henificado y de buena calidad. El objetivo de este trabajo fue evaluar el valor nutricional del forraje de avena variedad Turquesa con diferentes tratamientos de fertilización. La siembra se llevó a cabo en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana en el Ejido Villa Montemorelos, Durango en el mes de enero de 2021. Se evaluaron cuatro tratamientos de fertilización: Testigo (sin fertilización), Químico, Té de estiércol y NB Soil (fertilizante orgánico comercial). Se evaluó el contenido de cenizas (Ce), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina (L). Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Se encontraron diferencias significativas únicamente para EE, PC y L entre tratamientos. Tanto en el EE como en la PC el tratamiento químico fue el que presentó los valores más altos (3.86 % y 5.84 %, respectivamente) mientras que para L el tratamiento NB Soil registró el porcentaje más alto (12.48 %). El valor nutricional del forraje de avena no se ve afectado negativamente por la aplicación de fertilizantes no convencionales pudiendo ser una opción para su utilización en este tipo de cultivo.

Palabras clave: forraje, valor nutricional, fertilización orgánica, Turquesa

ABSTRACT

Oats (*Avena sativa*) is a grass cultivated as fodder for cattle feed; with the Turquoise variety, a good production of hay and good quality forage is obtained. The objective of this work was to evaluate the nutritional value of Turquoise variety oat forage with different fertilization treatments. Planting was carried out in the experimental field of the Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana in Ejido Villa Montemorelos, Durango in January 2021. Four fertilization treatments were evaluated: Control (without fertilization), Chemical, Tea of manure and NB Soil (commercial organic fertilizer). The ash content (Ce), crude protein (PC), ethereal extract (EE), crude fiber (FC), nitrogen-free extract (ELN), neutral detergent fiber (FDN), acid detergent fiber (FDA) and lignin (L). A completely randomized design with three repetitions and a comparison of means with Tukey's test ($\alpha=0.05$) was used. Significant differences were found only for EE, PC and L between treatments. Both in the EE and in the PC the chemical treatment was the one that presented the highest values (3.86 % and 5.84 %, respectively) while for L the NB Soil treatment registered the

highest value (12.48 %). The nutritional value of oat forage is not negatively affected by the application of unconventional fertilizers, and may be an option for its use in this type of crop.

Keywords: forage, nutritional value, organic fertilization, Turquesa

INTRODUCCIÓN

La avena (*Avena sativa*) es una gramínea que se puede cultivar en invierno bajo condiciones de riego ya que soporta bajas temperaturas durante la fase de crecimiento vegetativo (Zamora et al., 2002), es utilizada en la industria pecuaria debido a que gran parte de su producción se destina para consumo como forraje debido a su alta digestibilidad y a que la fibra presente lo hace de buena calidad (INFOAGRO, 2010). Este cultivo se produce en condiciones de temporal, en superficies de bajo potencial productivo, se considera un forraje estratégico en la reconversión productiva de tierras de vocación agrícola a explotación pecuaria.

La variedad de avena Turquesa, fue liberada por el INIFAP en 2006 para ser utilizada como grano y forraje (Villaseñor-Mir et al., 2021) presenta buena producción de forraje henificado (Villaseñor et al., 2009).

En 2022, se reportó una producción total de 10, 502,262.81 toneladas de avena forrajera en México, de las cuales Durango aportó el 20.8 % de esta producción situándose como segundo productor de este cultivo a nivel nacional (INFOSIAP, 2022). En la Avena, al igual que en otros cultivos, la máxima producción de forraje y calidad nutrimental se debe al estado de madurez en la que se encuentra la planta; en estado vegetativo la acumulación de hojas es alta, conforme empieza a crecer la planta el porcentaje de hojas disminuye, y el del tallo aumenta (Feyissa et al., 2007). Es necesario el uso de alternativas como es la aplicación de fertilizantes orgánicos que puedan cumplir con los requerimientos nutricionales de los cultivos, igualar la producción de forraje obtenida con fertilizantes convencionales y obtener cultivos de buena calidad (Tamayo et al., 2007). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el valor nutricional del forraje de avena de la variedad Turquesa con diferentes tratamientos de fertilización química y orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La siembra se llevó a cabo en el campo experimental del Tecnológico Nacional de México campus Valle del Guadiana en el Ejido Villa Montemorelos, Durango (24°0'37.3" N y 104°26'39.7" O), en el mes de enero de 2021. Se utilizó semilla de avena variedad Turquesa. En el Cuadro 1, se describen los tratamientos aplicados en el presente estudio.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización aplicados al cultivo de avena (*Avena sativa*) variedad Turquesa

Tratamiento	Dosis
Testigo	Sin fertilizante
Químico	3 L/ha
Té de estiércol	50 %
NB Soil	20%

El corte se realizó a los 147 DDS y los tratamientos se aplicaron a los 47, 71, 103 y 134 DDS, al momento del corte, las muestras se colocaron en bolsas de papel y se metieron en una estufa a 50 °C para su secado y posterior molienda en un equipo Wiley® a un tamaño de partícula de 1 mm,

las muestras de cada tratamiento se guardaron en bolsas con sello hermético para su posterior análisis.

Los análisis para determinar el valor nutricional del forraje de avena consistieron en evaluar el contenido de cenizas (Ce), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo a lo propuesto por la AOAC (1990). Así mismo se realizó un análisis de fibras, el cual consistió en la determinación de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina de acuerdo al protocolo propuesto por ANKOM (2005).

Los datos obtenidos se analizaron en un diseño completamente al azar y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), utilizando el paquete estadístico Infostat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos para la PC, EE y L (Cuadro 2), el resto de las variables no mostraron diferencias estadísticas. El contenido de cenizas se encontró en un rango de 9.61 a 10.91 %. La PC se encontró en mayor porcentaje en el tratamiento químico (5.84 %), seguido por el Té de estiércol (4.36 %). El EE fue mayor en el tratamiento químico (3.86 %) y menor en el Té de estiércol. La FC presenta un rango de 26.79 a 28.56 %, el ELN de un 50.83 a 57.41 %, la FDN en un rango de 53.66 a 71.45 %, la FDA de un 32.16 a 43.80 %. En el caso de la lignina, el mayor porcentaje se encuentra en el NB Soil (12.48 %) y el testigo (6.38 %) (Cuadro 3)

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza realizado en forraje de avena (*Avena sativa*) var. Turquesa bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica

F.V.	G.L.	Ce	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	L
Tratamiento	3	1.03	7.79	2.41	2.03	25.37	219.95	91.36	32.11
Error	8	1.24	0.36	0.12	4.07	6.61	183.54	74.21	0.71
C.V. (%)		10.71	13.46	13.17	7.36	4.67	20.42	21.45	11.10
P		0.5145	0.0093	0.0005	0.6940	0.0569	0.3705	0.3602	<0.0001

F.V.= fuente de variación; G.L. grados de libertad; C.V.=coeficiente de variación; Ce=cenizas; PC=proteína cruda; EE=extracto etéreo; FC=fibra cruda; ELN=extracto libre de nitrógeno; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida; L=lignina

Cuadro 3. Composición química del forraje de avena (*Avena sativa*) var. Turquesa bajo diferentes tratamientos de fertilización orgánica

Tratamiento	Ce	PC	EE	FC	ELN	FDN	FDA	L
Testigo	10.31	3.78 ^b	2.26 ^{bc}	27.43	56.23	53.66	32.16	6.38 ^a
Químico	10.91	5.84 ^a	3.86 ^a	28.56	50.83	68.59	41.04	5.80 ^b
Té de estiércol	9.61	4.36 ^{ab}	1.78 ^c	26.84	57.41	71.44	43.80	5.71 ^b
NB Soil	10.76	3.82 ^b	2.82 ^b	26.79	55.80	71.45	43.68	12.48 ^a

Ce=cenizas; PC=proteína cruda; EE=extracto etéreo; FC=fibra cruda; ELN=extracto libre de nitrógeno; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida; L=lignina; ^{a-c}literales diferentes en la misma columna, indican diferencias estadísticas.

La variedad Turquesa presenta su madurez fisiológica a los 105 DDS durante el ciclo otoño-invierno (Villaseñor et al., 2009), en el presente estudio esta misma variedad llegó a la madurez fisiológica a los 147 DDS, se puede decir que debido al ciclo en que se mantuvo el cultivo, factores climáticos, edafológicos y de manejo agronómico. Ramírez-Ordoñez et al., (2013) reportaron valores de 67.5 para FDN, 40.3 para FDA y 4.2 % para L en estado de madurez fisiológica de la planta (92 DDS) para variedades de avena precoces siendo estos valores superiores a los encontrados en el presente trabajo.

Un forraje de buena calidad no debe de presentar más 52 % de FDN y más de 32 % de FDA (Van Soest, 1965). Estos valores tienden a aumentar con la madurez de la planta (Aganga, 2004) por lo que se puede decir que los altos porcentajes obtenidos en este trabajo se puede deber al estado de madurez del forraje.

CONCLUSIONES

El valor nutricional del forraje de avena no se ve afectado negativamente por la aplicación de fertilizantes no convencionales pudiendo ser una opción para su utilización en este tipo de cultivo, sin embargo, en este trabajo, el valor nutricional disminuyó debido al estado de madurez del forraje obtenido ya que presentó valores bajos de PC y altos en FDN y FDA lo cual indica que no es un forraje de buena calidad.

LITERATURA CITADA

- Aganga A., A., U. J. Omphile, T. Thema, and L. Z. Wilson. 2004. Chemical composition of ryegrass (*Lolium multiflorum*) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. *J. Biol. Sci.* 4: 645-549. AOAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists. 1990.
- ANKOM. Acid detergent fiber in feeds. Filter bag technique (ANKOM²⁰⁰). Ankom Technology 2005; www.ankom.com/09_procedures/ADF%20Method%20A200.pdf (verified 8 Jan. 2008). Macedon, NY, USA: Ankom Technology Corp. Accessed Jun 28, 2016.
- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Información del Sistema Agropecuario (INFOAGRO). 2010. Cultivo de avena. Información agronómica. InfoAgro Systems. Madrid, España. www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm (Consultado 13 de enero de 2010).
- INFOSIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp.
- Feyissa F, Tolera A, Melaku S. 2007. Effects of variety and growth stage on proportion of different morphological fractions in oats (*Avena sativa* L.). Degefa T, Feyyissa F editors. Proc 15th Ann Conf Ethiopian Soc Anim Prod (ESAP) Ethiopia :47-61.
- Tamayo, A.; G., Franco; M., Hincapié; J.E., Rodríguez. 2007. Abonamiento orgánico del cultivo de la estevia en Colombia. *Suelos Ecuatoriales*. 37 (2):155-159.
- Villaseñor M., H.E., Espitia R., E., Huerta E. J., Osorio A. L., López H. J. 2009. Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura Técnica en México*. 35(4): 480-485.
- Villaseñor-Mir, H.E.; Huerta-Espino, J.; Rodríguez-García, M.F.; Santa-Rosa, R.H.; Espitia-Rangel, E.; Martínez-Cruz, E.; 2021. Mejoramiento genético de avena en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Publicación especial No. 25: 21-25.
- Van-Soest, P. J. 1965. Symposium of factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. *J. Anim. Sci.* 24: 834-843.
- Zamora, V. V. M.; Lozano, R. A. J.; López, B. A.; Reyes, V. M. H.; Díaz, S. H.; Martínez, R. J. M. y Fuentes, R. J. M. 2002. Clasificación de triticales forrajeros por rendimiento de metería seca y calidad nutritiva en dos Localidades de Coahuila. *Téc. Pec. Méx.* 40:229-242.

DIGESTIBILIDAD Y PROTEÍNA CRUDA DE OCHO ECOTIPOS DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN ESTADO DE MADUREZ FISIOLÓGICA

Arlet Michel Nieto Mauricio¹, Ricardo A. Sánchez Gutiérrez^{2*}, Alan Álvarez Holguín^{3,4}, Jesús Manuel Ochoa Rivero³

¹Unidad Académica de Agronomía de la Universidad Autónoma de Zacatecas

²Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP

³Campo Experimental La Campana

⁴Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua

*Autor por correspondencia: rasanchez.gutierrez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la digestibilidad *in vitro* y la proteína cruda de ocho ecotipos de pasto banderita en estado de madurez fisiológica bajo condiciones de temporal del año 2021 en Zacatecas. Los ecotipos se establecieron en agosto del año 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana. Después los datos se sometieron a un diseño completamente al azar mediante el procedimiento "PROC GLM" de SAS. La comparación de medias fue mediante Lsmeans y se eligió una probabilidad mayor al 95 % (SAS, 2011). En la figura se observa que los ecotipos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), el rango fue de 4.7 a 5.8%. En ella se muestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre ecotipos sobresaliendo 31-C y Diana con valores de 71 y 73 % respectivamente. Se concluye que en la proteína cruda los ecotipos fueron similares al testigo, mientras que en digestibilidad solo 31-C fue similar a Diana.

Palabras clave: Banderita, madurez, digestibilidad

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the digestibility *in vitro* and crude protein of eight banderita grass ecotypes in a state of physiological maturity under rainfed conditions in 2021 in Zacatecas. The ecotypes were established in August 2019 under a completely randomized block design with three repetitions, and they were; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C and the Diana variety as controls. The data were then subjected to a completely randomized design using the SAS "PROC GLM" procedure. The comparison of means was through Lsmeans and a probability greater than 95% was chosen (SAS, 2011). The figure shows that the ecotypes did not present significant differences ($P > 0.05$), the range was from 4.7 to 5.8%. It shows statistical differences ($P < 0.05$) between ecotypes, standing out 31-C and Diana with values of 71 and 73% respectively. It is concluded that in the reared protein the ecotypes were similar to the control, while in digestibility only 31-C was similar to Diana.

Keywords: Sideoat gramma, maturity, digestibility

INTRODUCCIÓN

En México se ha reportado que cerca del 1.2 millones de hectáreas de pastizal nativo se han deteriorado a causa del sobrepastoreo, siendo esta actividad una de las principales en los sistemas de producción extensivo (PMARP, 2012). La ganadería extensiva en Zacatecas se considera como unas de las actividades socioeconómicas más importantes para el estado, se practica en 5.4 millones de hectáreas, de las cuales el 27 % se consideran áreas de pastizal que desafortunadamente se encuentran en un alto grado de degradación o condición pobre (Gutiérrez *et al.*, 2020). Para remediar esta situación, es necesario implementar prácticas que restablezcan los ecosistemas y apoyen a la economía de la ganadería. Una de ellas es la resiembra de pastos con características de alta producción y buena calidad forrajera. Actualmente, el programa de mejoramiento de pastizales del INIFAP ha estado seleccionando ecotipos sobresalientes con fines forrajeros (Morales *et al.*, 2016; Rubio *et al.*, 2016). Sin embargo, a la fecha se desconoce el potencial nutricional de los ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal en Zacatecas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la digestibilidad *in vitro* y la proteína cruda de ocho ecotipos de pasto banderita en estado de madurez fisiológica bajo condiciones de temporal del año 2021 en Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas geográficas de -102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte, a una altitud de 2192 metros sobre el nivel del mar (msnm). El tipo de suelo es un Kastañozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. el clima es semiárido y el promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm, la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto (Medina *et al.*, 2001) para el año 2021 la precipitación fue un 88% mayor a lo esperado (Figura 1). Los ecotipos se establecieron en agosto del año 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana. La unidad experimental constó de cinco surcos de 0.76 m de ancho y 15 m de largo, cada planta tuvo un distanciamiento de 0.75 m. Para la parcela útil se utilizaron 12 plantas de los tres surcos centrales. El experimento inició con un corte de estandarización a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo el 29 de mayo del año 2021, después todo el periodo se llevó a cabo bajo condiciones de temporal. Las variables medidas en estado de madurez fisiológica fueron: Proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Para ambas variables se toma una muestra al azar de 500 kg de la parcela útil para después someterlas a una estufa de aire forzado durante 72 horas a 55 °C. Posteriormente, se molieron en un molino tipo wiley a un tamaño de 1 mm. Para determinar el porcentaje de proteína cruda de las muestras, se sometieron al método de Dumas por combustión, utilizando el equipo LECO. Mientras que la digestibilidad *in vitro* se llevó a cabo mediante los procedimientos recomendados para el incubador Daisy II, el tiempo de incubación fueron 72 hrs. Después los datos se sometieron a un diseño completamente al azar mediante el procedimiento "PROC GLM" de SAS. La comparación de medias fue mediante Lsmeans y se eligió una probabilidad mayor al 95 % (SAS, 2011).

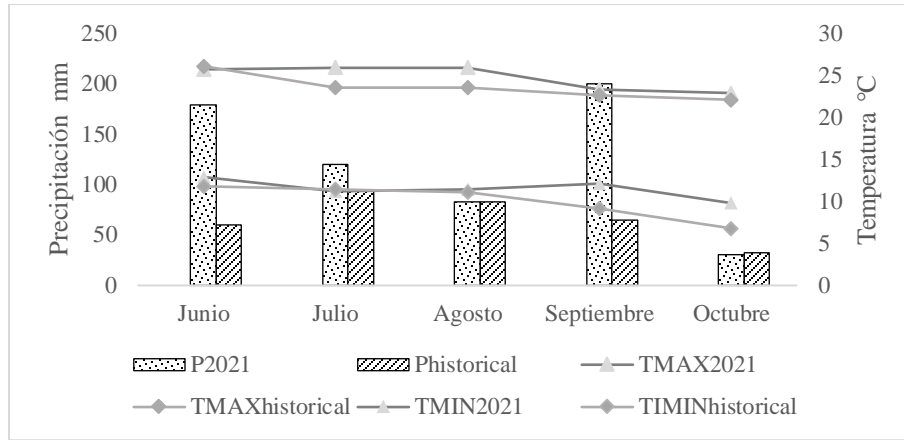


Figura 1. Precipitación mensual (mm) y temperaturas (°C, máximas y mínimas) del Campo Experimental Zacatecas en el año 2021

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se presenta las medias de proteína cruda de ocho ecotipos de pasto banderita evaluados en el 2021 bajo condiciones de temporal en el campo experimental de Zacatecas. En la Figura 2 se observa que los ecotipos no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$), el rango fue de 4.7 a 5.8%. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Alvarez et al., (2020), donde reportan en cinco genotipos de pasto banderita rangos menores al 7%.

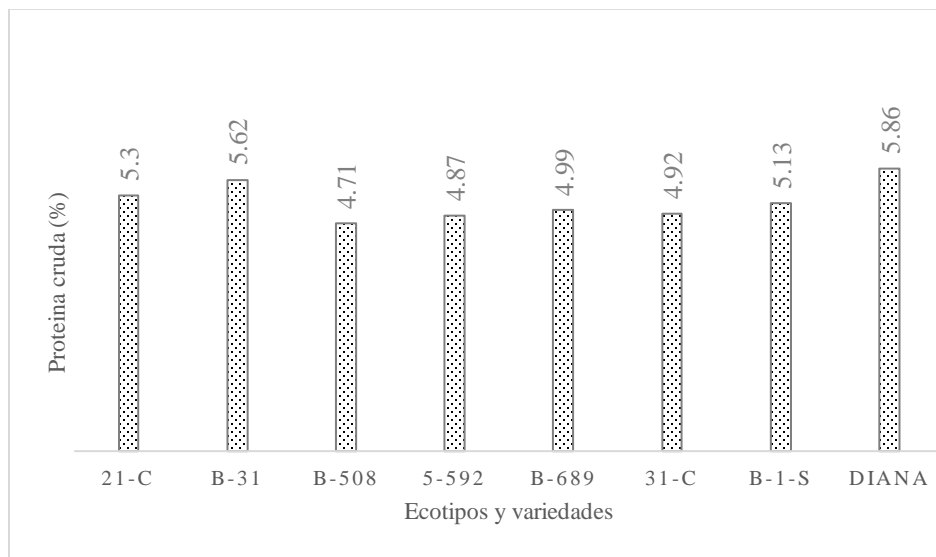


Figura 2. Proteína cruda de 8 ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal del 2021 en el campo experimental de Zacatecas

En la Figura 3 se presenta las medias de digestibilidad *in vitro* de ocho ecotipos de pasto banderita evaluados en el 2021 bajo condiciones de temporal en el Campo Experimental Zacatecas. En ella se muestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre ecotipos sobresaliendo 31-C y Diana con valores de 71 y 73% respectivamente. Estos resultados difieren a los reportados por Eck y Sims (1984), debido a que encontraron rangos de 59 al 63%. Estas diferencias se pudieran atribuir a las condiciones ambientales de nuestro experimento, ya que en el año de evaluación la lluvia fue por encima de lo esperado.

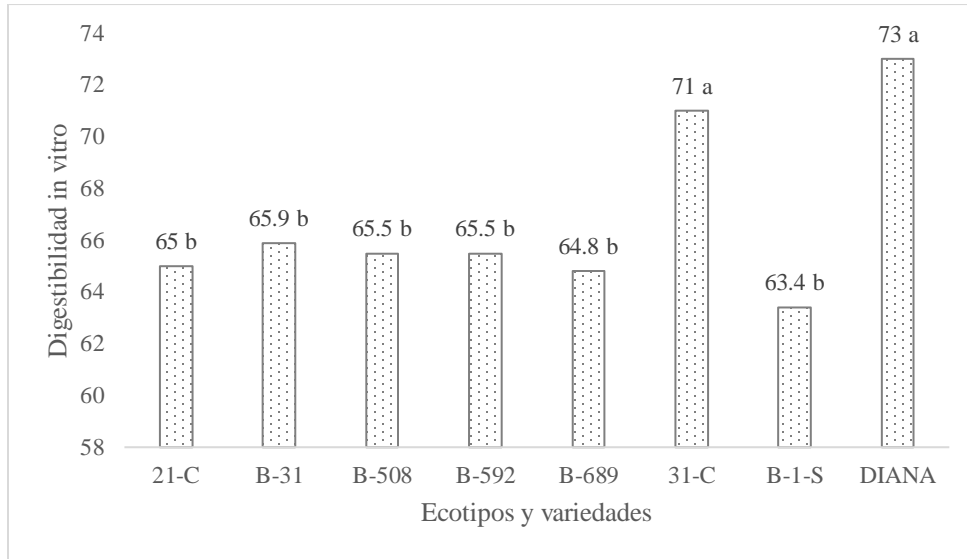


Figura 3. Digestibilidad *in vitro* de ocho ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal del 2021 en el Campo Experimental de Zacatecas

CONCLUSIONES

Para las condiciones de temporal 2021 se concluye que los ecotipos presentaron contenidos de proteína cruda similares al testigo (Diana). Mientras que solo el ecotipo 31-C presentó valores de digestibilidad *in vitro* similares al testigo, pero mayores a los demás ecotipos. Se recomienda continuar con las evaluaciones durante mas periodos y considerar la producción de forraje seco.

LITERATURA CITADA

- Gutiérrez, L. R., García, G. M. y Amador M. D. R. (2004). Estado Actual de los pastizales de la zona central del estado de Zacatecas. En: IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Delicias, Chih. pp 130-37
- Plan Maestro de la alianza regional para la conservación de los pastizales del Desierto Chihuahuense (PMARP, 2012). En: https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2016/10/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf. Consultado 30 septiembre 2021
- Rubio-Aguirre, F.A., Villanueva-Avalos, J.F., Sánchez-Gutiérrez, R.A. (2016). Comportamiento morfológico y productivo de “Colectas base” de gramíneas nativas e introducidas del altiplano de Zacatecas. Publicación especial. Núm. 22. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Zacatecas
- Medina, G. G., Salinas, G. H., y Rubio, A. F. (2001). Potencial Productivo de Especies Forrajeras en el Estado de Zacatecas. Libro Técnico 1. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. INIFAP

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS NUTRICIONALES DE ENSILAJE EN SORGO
(*Sorghum X Drummondii*) Y MAÍZ (*Zea mays*) INOCULADOS CON DIFERENTES
ADITIVOS**

EVALUATION OF NUTRITIONAL PARAMETERS OF SILAGE IN SORGHUM
(SORGHUM X DRUMMONDII) AND CORN (ZEA MAYS) INOCULATED WITH
DIFFERENT ADDITIVES

Damary Nataly Ruiz Ibarra¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Daniel García-Cervantes¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

Autor por correspondencia: *alejandroespinoza@uaz.edu.mx

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad de fermentación y calidad nutricional de ensilaje fabricados con sorgo (*Sorghum x drummondii*) y maíz (*Zea mays*) con diferentes proporciones de aditivos, con y sin uso compuestos por: Melaza, Urea, Levadura, Ac fosfórico, Yogurt, Mezquite y el testigo. Los microsilos se fabricaron con tubos de PVC de 3” y 60 de alto. Dentro de cada uno se colocaron 2kg de mezcla en base verde con su respectivo aditivo de acuerdo con los tratamientos propuestos. Estos fueron evaluados con un diseño factorial de 2x8x3, con un periodo de fermentación de (50 días). Las combinaciones de factores dieron origen a ocho tratamientos (T1 testigo, T2 melaza 0.05% + urea 0.15%, T3 melaza 0.1 % + urea 0.15%, T4 melaza 0.15% + urea 0.15%, Ac fosfórico 0.007% + yogurt 0.002% + agua 0.091%, T6 levadura 0.022%, T7 yogurt 0.004% + agua 0.091% T8 mezquite 0.1%) que fueron repetidos tres veces para un total de cuarenta y ocho unidades experimentales. El sorgo fresco presentó 18.90% PC en T4, mientras que el maíz 10.55% PC, en T3 llama la atención el bajo valor de PC en sorgo lo cual se debió al bajo porcentaje 5.37 % en Ceniza se observó, que los valores en tratamientos de Sorgo T7 y T8 son diferentes a los demás (P<0.05) con valor T7 (11.591%) y T8 (9.308%). En tanto que en Maíz los tratamientos (T1 y T5), se observa que el T1 (testigo) con valor (9.548%) mejora en calidad de ceniza sobre el T5 con valor de (6.983%) con menor porcentaje en comparación con los demás tratamientos. De los resultados presentados, teniendo en consideración que predominaron en el proceso de ensilaje, apertura y evaluación de parámetros, se concluye que el micro ensilaje representa una técnica acertada para evaluar el ensilaje por cuanto permite manipular óptimamente el proceso y extrapolar resultados.

Palabras claves: Evaluar, aditivos, ensilaje, sorgo y maíz, nutrición.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the fermentation capacity and nutritional quality of silage made with sorghum (*Sorghum x drummondii*) and corn (*Zea mays*) with different proportions of additives, with and without use composed of: Molasses, Urea, Yeast, Ac phosphoric, Yogurt, Mesquite and the witness. The microsilos were manufactured with 3" and 60 high PVC pipes. Inside each one, 2kg of green base mixture with its respective additive were placed according to the proposed treatments. These were evaluated with a 2x8x3 factorial design, with a fermentation period of (50 days). The combinations of factors gave rise to eight treatments (T1 control, T2 molasses 0.05% + urea 0.15%, T3 molasses 0.1% + urea 0.15%, T4 molasses 0.15% + urea 0.15%, Phosphoric Ac 0.007% + yogurt 0.002% + water 0.091%, T6 yeast 0.022%, T7 yogurt 0.004% + water 0.091% T8 mesquite 0.1%) that were repeated three times for a total of forty-eight experimental units. The fresh sorghum presented 18.90% CP in T4, while the maize 10.55% CP, in T3 the low value of CP in sorghum is striking, which was due to the low percentage of 5.37% in Ash, it was observed that the values in treatments of Sorghum T7 and T8 are different from the others ($P < 0.05$) with value T7 (11.591%) and T8 (9.308%). While in Maize the treatments (T1 and T5), it is observed that the T1 (control) with value (9.548%) improves in ash quality over T5 with a value of (6.983%) with a lower percentage compared to the others treatments. From the results presented, taking into account that they prevailed in the silage process, opening and evaluation of parameters, it is concluded that micro silage represents a successful technique to evaluate silage since it allows optimal manipulation of the process and extrapolation of results.

Key words: Evaluate, silage, additives, sorghum, corn, and nutritional.

INTRODUCCION

En las zonas áridas y semiáridas la agricultura y ganadería no es fácil, sin embargo, en muchas de ellas es una de las actividades más importantes. Tal es el caso del semidesierto zacatecano donde el clima seco las escasas precipitaciones, los suelos pobres en materia orgánica entre otros factores, limitan la producción agrícola. De hecho, en esa zona de zacatecas el destino de la producción es para autoconsumo principalmente, y la venta solo cuando hay excedentes (INECC, 2018).

Para garantizar el bienestar animal durante las épocas de escasez y sequía se recomienda conservar alimento en las temporadas de abundancia. La henificación, el ensilaje y el henolaje son algunas técnicas que le permiten conservar el forraje para asegurar la alimentación de su ganado, por ello resulta fundamental tener un buen manejo de técnicas para conservar alimento que aporte suficiente nutrientes para lograr resultados óptimos en su hato ganadero. (Velásquez, 2022). El ensilaje permite mejorar la oferta nutricional para los animales, este método se basa en un proceso de fermentación anaerobia. Se puede ensilar casi cualquier material vegetal que se utilice para la alimentación animal, como forrajes, frutas o tubérculos, este a su vez permite conservar el alimento gran parte del año o durante todo este. Sin embargo, se recomienda utilizar un material con alto contenido en producción de biomasa y carbohidratos una de sus ventajas es que el ensilaje mantiene el valor nutritivo del forraje. Al realizar el proceso de ensilado se debe tener en cuenta el estado de madurez del forraje. (Nájera *et al*; 2016). A nivel mundial, se observa un aumento en la conservación de forrajes mediante ensilaje, especialmente en los países de clima templado húmedo y áridos (Sierra, 2016). Este método permite a los productores tener una reserva de alimento

(ensilado) para el ganado durante la época seca ya que hay poca disponibilidad de forraje de calidad por lo que, los productores tienen que utilizar pastos en estado de madurez avanzado y residuos de cosecha como son (maíz y sorgo), puesto que la proteína es un nutriente caro durante la época crítica, los concentrados duplican su precio. Por lo anterior, existe la necesidad de conservar forraje de calidad y utilizarlo como complemento en la dieta en el ganado durante la época difícil por lo cual esta tecnología del ensilado apoya a los productores ganaderos quienes a diario se esfuerzan para que los mexicanos tengamos alimentos en nuestra mesa.

Por lo anterior la presente investigación tiene como objetivos: Evaluar los parámetros nutricionales Proteína Cruda (PC) y Cenizas (Cnz) en ensilaje de sorgo (*Sorghum x drummondii*) y maíz (*Zea mays*) inoculados con diferentes aditivos. Así mismo determinar la digestibilidad *in vitro* por el método Daisy del ensilaje de sorgo (*Sorghum x drummondii*) y maíz (*Zea mays*) inoculados con diferentes aditivos.

MATERIALES Y METODOS

En la presente investigación la materia prima utilizada para realizar los microsilos de Sorgo (*Sorghum × drummondii*) y Maíz (*Zea mays*). Se obtuvo de los cultivos cosechados en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, Kilómetro 31.5. 98500. Gral. Enrique Estrada, Zac. 22° 57' norte y 102° 42' oeste.

Los tratamientos utilizados estuvieron conformados por la combinación de un arreglo factorial de 2x8x3 donde el primer factor correspondió a “Gramínea” (dos especies: sorgo y maíz), el segundo a los tratamientos con “aditivos” y el tercero a “tres repeticiones” por cada tratamiento, las combinaciones de factores dieron origen a ocho tratamientos que fueron repetidos tres veces para un total de cuarenta y ocho unidades experimentales.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos

Tratamientos	Aditivos % en ensilaje
T1	testigo
T2	melaza 0.05% + urea 0.15%
T3	melaza 0.1% + urea 0.15%
T4	melaza 0.15% + urea 0.15%
T5	Ac fosfórico 0.007 % + yogurt 0.002% + agua 0.091%
T6	levadura 0.022%
T7	yogurt 0.004% + agua 0.091%
T8	mezquite 0.1%

El periodo experimental inició a partir del 15 de septiembre del 2022, día en que se realizó la cosecha de sorgo (*Sorghum × drummondii*) el cual tuvo un periodo de 50 días de fermentación; el segundo fue el maíz (*Zea mays*) el cual dio inicio el día 17 de octubre en el periodo de 50 días de fermentación. Fueron fabricados en la planta de alimentos de la misma institución con el siguiente material utilizado: tubos de (PVC) de 3” de diámetro por 60 cm de alto, con coples de tapas y cinta adhesiva; cada uno de estos fue previamente pesado vacíos. El procedimiento para la realización fue el siguiente el material introducido en cada microsilo fue mezclado con los diferentes aditivos

de manera homogénea en un recipiente separado, una vez mezclado el material se introdujo en los microsilos se compactó con una prensa maula para liberar la mayor cantidad de oxígeno que este podría tener en su interior para generar una mejor fermentación. La determinación del valor nutritivo de los microsilos se llevó a cabo en Laboratorio de metabolismo animal y fisiología ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Para determinar el análisis bromatológico de la calidad nutritiva las muestras se pesaron en freso a una estufa de secadores a 50° durante 72 h. Posteriormente, se molieron con una criba de 1 mm.

A las muestras se les determinó la cantidad de cenizas, introduciendo las muestras en una mufla a 600 °C por 6 h dando como resultado la ceniza la cual luego se pesó y se le determinaron los % de estas, la Proteína cruda (PC) se obtuvo mediante la determinación de nitrógeno total (N) por análisis de combustión de Dumas (Leco PF-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI). Tomado como referencia a (Etheridge *et al*; 1998).

Análisis estadístico

Todos los resultados fueron analizados mediante prueba ANOVA y Tukey, para determinar la significancia estadística entre los tratamientos de sorgo y maíz utilizando el programa estadístico sas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Datos de Ceniza (Cen)

Cuadro 2. Contenido de Ceniza (%) en ensilaje en sorgo (*Sorghum x drummondii*) y maíz (*Zea mays*) inoculados con diferentes aditivos

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Sorgo	10.538 ^a	10.378 ^b	10.141 ^{bc}	10.045 ^{bc}	9.483 ^{bc}	9.886 ^{bc}	11.591 ^a	9.308 ^c
Maíz	9.548 ^a	8.120 ^{abc}	9.211 ^{ab}	7.418 ^{bc}	6.983 ^c	7.411 ^{bc}	8.490 ^{abc}	7.706 ^{abc}

ABC, medias dentro de líneas con diferentes superíndices usando la prueba de poder de Tukey ($p < 0.05$). T7 (Sorgo, yogurt 0.004%, + agua 0.091%) T8 (Sorgo, mezquite 0.1%) T1 (Maíz, testigo) T5 (Maíz, Ac fosfórico 0.007%, yogurt 0.002%, agua 0.091%).

Se determinó que si existió una diferencia significativa en la ANOVA en referencia a los tratamientos

Estadísticamente se observó, que los valores de ceniza en tratamientos de Sorgo (*Sorghum x drummondii*) T7 y T8 son diferentes a los demás ($P < 0.05$) con valor T7 (11.591%) y T8 (9.308%). En tanto que en Maíz (*Zea mays*) los tratamientos (T1 y T5), se observa que el T1 (testigo) con valor (9.548%) mejora en calidad de ceniza sobre el T5 con valor de (6.983%) con menor porcentaje en comparación con los demás tratamientos. El contenido de cenizas para los distintos tratamientos fluctuó entre 5,8% y 8.7% (Cuadro 2). Contenidos mayores a 11% de Ce, son asociados a contaminación con suelo durante la cosecha o elaboración del ensilaje (Jiménez, et al: 2019) lo que favorece la presencia de fermentaciones secundarias y reducción del consumo, situación que no sucede en el presente trabajo.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 3. Contenido de proteína cruda (%) en ensilaje en sorgo (*Sorghum x drummondii*) y maíz (*Zea mays*) inoculados con diferentes aditivos.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Sorgo	5.632 ^d	8.525 ^c	13.66 ^b	18.90 ^a	5.521 ^d	5.538 ^d	6.240 ^d	5.375 ^d
Maíz	6.422 ^b	8.239 ^{ab}	10.55 ^a	9.406 ^{ab}	7.764 ^{ab}	8.831 ^{ab}	7.273 ^{ab}	8.472 ^{ab}

ABCD, medias dentro de líneas con diferentes superíndices usando la prueba de poder de Tukey ($p < 0.05$). T3 (Sorgo, urea y melaza) T4 (Sorgo melaza 0.15%, + urea 0.15%) T1 (Maíz, testigo) T3 (Maíz, urea y melaza).

Se determinó que si existió una diferencia significativa en la ANOVA en referencia a los tratamientos.

Estadísticamente se observó, que los valores de proteína en tratamientos de Sorgo (*Sorghum x drummondii*) T3 y T4 son diferentes a los demás ($P < 0.05$) con valor T3 (13.66%) y T4 (18.90%). En tanto que en Maíz (*Zea mays*) los tratamientos (T3 y T1), se observa que el T3 con valor (10.55%) mejora en calidad de proteína sobre el T1 (testigo) con valor de (6.42%).

Sobre lo anterior, (Ochoa, 2019) comenta que se determina que los ensilajes con melaza o urea superan estadísticamente al ensilaje sin aditivos.

CONCLUSIÓN

El ensilado que presento la mayor cantidad de cenizas en el caso del sorgo fue el T7 (Sorgo, yogurt 0.004%, + agua 0.091%), para el caso del maíz fue el T1 (Maíz, testigo), lo cual indicaría que esos ensilados tienen un mayor porcentaje de minerales.

Se concluye que los mejores niveles de proteína cruda en el ensilado de sorgo fueron en los tratamientos T3 y T4, esto debido a la inclusión de la urea. Para el caso del maíz el tratamiento T3 obtuvo los mejores niveles de proteína, al igual que el sorgo debido a la incorporación de urea. Dichos ensilados al haber obtenido los mayores niveles de proteína pudieran ser utilizados en dietas para bovinos de la región.

Se recomienda: Mantener vigente este y otros métodos de conservación en los diferentes forrajes que se cultivan en condiciones de sequía a fin de ofertar alternativas para épocas de escasez de estos. Evaluar otros productos, que podrían emplearse como aditivos en el ensilaje. Realizar pruebas de consumo a fin de tener mayor certeza del producto ensilado y su aceptabilidad y efecto sobre la producción animal.

LITERATURA CITADA

- Jiménez, M. C. (2019). VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CULTIVADO EN ASOCIO CON VIGNA (*Vigna radiata*). Revista Agronomía Costarricense ISSN: 0377-9424, 137 A 138.
- Nájera, M. d. (2016). MICROSILOS: UNA ALTERNATIVA PARA PEQUEÑOS PRODUCTORES. INIFAP (ZACTECAS), 1,2 pag.
- Ochoa, C. E. (16 de julio de 2019). UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4665>
- Velásquez, J. T. (martes 22/ 11/ 2022). ESTAS SON ALGUNAS TÉCNICAS PARA CONSERVAR EL FORRAJE Y ALIMENTAR A SU HATO BOVINO. LA REPÚBLICA S.A.S BOGOTÁ, 32 - 37,.
- INECC. (febrero de 2018). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático | Gobierno. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/668/zonas.pdf>

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Sierra (20 de noviembre de 2016). Revista de la sociedad española para Estudios de Pastos. Obtenido de Ensilado de forrajes y su empleo en la alimentación de rumiantes - Dialnet (unirioja.es)
- Etheridge R, Pesti G, Foster E. 1998. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (LECO CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. *Anim. Feed Sci. Technol.* 73(1):21-28
- Jiménez, M. C. (2019). VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILAJE DE MAÍZ CULTIVADO EN ASOCIO CON VIGNA (*Vigna radiata*). *Revista Agronomía Costarricense* ISSN: 0377-9424, 137 A 138.
- Ochoa, C. E. (16 de julio de 2019). UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE INGENIERÍA ZOOTECNIA. Obtenido de Repositorio Institucional: <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4665>

**ESTIMACION DE CARBONO DEL SUELO CON EL MODELO CARBONPAST EN
PASTIZALES DE CHIHUAHUA
SOIL CARBON ESTIMATION BY USING THE CARBONPAST MODEL IN
RANGELANDS OF CHIHUAHUA**

Pedro Jurado Guerra^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, Héctor Ramírez Garduño¹

¹INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga km 33.3, Aldama, Chih. Méx. C.P. 32910.

*Autor por correspondencia: jurado.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

La captura de carbono del suelo en pastizales tiene potencial para mitigar el cambio climático, sin embargo, su monitoreo y medición directa es tardada y costosa. El objetivo fue estimar el carbono del suelo por medio del Modelo CarbonPast en dos sitios de pastizales. El estudio se realizó en un pastizal abierto y un pastizal arborescente, en el Rancho Experimental La Campana, con clima semi-seco templado, en el estado de Chihuahua. El pastizal abierto presenta una dominancia del 95% de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), mientras que el pastizal arborescente presenta 35% de zacate africano y 34% de zacate colorado (*Schizachyrium scoparium*). Se estimaron las siguientes variables en cada sitio: cobertura vegetal y composición florística, precipitación promedio anual, contenido de arena del suelo y altitud promedio. Se utilizó el modelo CarbonPast, el cual utiliza estas cuatro variables, para estimar el carbono del suelo en pastizales. El modelo estimó un almacén de carbono de 154.7 ton CO₂ ha⁻¹ (42.2 ton C ha⁻¹) a 0.3 m de profundidad en el pastizal abierto y de 105.2 ton CO₂ ha⁻¹ (28.7 ton C ha⁻¹) a 0.3 m de profundidad en el pastizal arborescente. El modelo CarbonPast es una herramienta rápida y de bajo costo para conocer el contenido de carbono del suelo de los pastizales y facilitar el acceso a los mercados de carbono.

Palabras Clave: materia orgánica suelo, pastizal con encino, modelos ecológicos.

ABSTRACT

Soil carbon sequestration has potential for mitigation of climate change, however, soil carbon monitoring and evaluation is costly and time-consuming. The objective was to estimate soil organic carbon through CarbonPast Model in two rangeland sites. The study was conducted in an open grassland site and an oak-grassland site, at La Campana Experimental Ranch, with dry temperate climate in Chihuahua State. The open grassland shows a high invasion (95%) of Lehmann lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*), while the oak-bunchgrass site shows 35% of Lehmann lovegrass and 34% of little bluestem (*Schizachyrium scoparium*). The following variables were estimated in each site: basal plant cover, floristic composition, mean annual precipitation, soil sand content, and mean altitude. The CarbonPast model was used with these four variables to estimate soil organic carbon in the grassland sites. The model estimated a soil carbon stock of 154.7 ton CO₂ ha⁻¹ (42.2 ton C ha⁻¹) at 0.3 m soil depth in the open grassland site, and 105.2 ton CO₂ ha⁻¹ (28.7 ton C ha⁻¹) at 0.3 m soil depth in the oak-bunchgrass site. The model CarbonPast is a low cost and fast tool to estimate soil organic carbon in rangelands and to facilitate access to carbon markets.

Keywords: soil organic matter, oak-grass site, ecological model.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del norte de México, con aproximadamente 9.9 millones ha desde Sonora a Guanajuato (SEMARNAT, 2011), son la base de la alimentación de la ganadería de carne extensiva. En estos ecosistemas, el suelo emite dióxido de carbono, el ganado emite metano y el

estiércol emite óxido nitroso, siendo estos tres gases los principales responsables del calentamiento global. Los pastizales presentan un almacén de carbono del suelo importante, que llega hasta los 155 Tg C en Chihuahua (Jurado *et al.*, 2021) y que alcanza aproximadamente hasta 366.5 Tg C en todos los pastizales áridos y semiáridos de México. Este carbono cual tiene que ser conservado para evitar emisiones de gases de efecto invernadero y puede ser aumentado por medio de prácticas sostenibles para incrementar la fertilidad de los suelos de los pastizales y mitigar el cambio climático.

Simultáneamente, al incrementar el almacén de carbono, se puede ingresar al mercado de carbono a través de la venta de bonos de carbono y obtener ingresos extras. Es conocido que el manejo del pastoreo promueve la captura de carbono en ranchos ganaderos (Gerber *et al.*, 2013; Conant *et al.*, 2017). Sin embargo, esto dependerá de otros factores como el clima y el suelo. De cualquier manera, es necesario el monitoreo del carbono del suelo para estimar la captura de carbono. Existen algunas metodologías para la medición del carbono tales como la medición directa del carbono en muestras de suelo, o la estimación de flujos de gases. Sin embargo, estas metodologías son costosas y/o tardadas.

Una alternativa es el uso de modelos ecológicos para la estimación indirecta del carbono del suelo. Sin embargo, la mayoría de los modelos como el CENTURY, en Estados Unidos y el RothC en Europa, han sido generados en ecosistemas diferentes a los pastizales del norte de México. Jurado *et al.* (2021) propusieron el Modelo CarbonPast para estimar el carbono del suelo en pastizales del norte de México a través de variables como la cobertura basal de pastos forrajeros, precipitación media anual, altitud y porcentaje de arena del suelo de los pastizales. El objetivo de este trabajo fue validar el Modelo CarbonPast para la estimación del carbono del suelo en dos sitios de pastizales, un pastizal mediano abierto y un pastizal amacollado arborescente en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Rancho Experimental La Campana, en el municipio de Chihuahua. El clima es semiseco templado con lluvias de verano, entre las isoyetas de 300 a 400 mm y las isoterms de 14 a 16°C, con relieve de Bajada y suelos Phaeozem y Regosol (INEGI, 2010). El primer sitio de estudio es un pastizal abierto, con invasión de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) y con menor presencia de otros pastos del género *Aristida* y baja presencia de arbustos como el gatuño (*Mimosa biuncifera*). El segundo sitio es un pastizal amacollado arborescente, con presencia abundante de zacate africano y otros zacates en menos densidad como el zacate colorado (*Schizachyrium scoparium*), zacates de los géneros *Muhlenbergia*, *Bouteloua* y con presencia de encinos (*Quercus* spp). Originalmente, estos sitios fueron un pastizal amacollado arborescente, con pastos de los géneros *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Elyonurus*, *Trachypogon* y *Schizachyrium*, asociados con encino (Royo y Melgoza, 2001).

Los dos sitios tienen un historial de manejo similar, con carga moderada de ganado bovino desde el inicio de operaciones del Rancho en 1957. Desde finales de los años 1990s, se ha presentado un cambio de clima, incluyendo sequías y temperaturas extremas, lo cual ha provocado un cambio en la vegetación de los sitios estudiados.

En ambos sitios, se realizaron muestreos de cobertura basal y composición florística, por medio de la metodología “punta de pie”, con tres muestreos de 200 lecturas cada uno, en áreas representativas de cada sitio. Con estas lecturas, se estimó la cobertura total de la vegetación en cada sitio. Además, se tomaron tres muestras compuestas de suelo a una profundidad de 30 cm, para análisis de textura y estimación del contenido de arena del suelo. Se tomaron datos de la altitud de cada sitio con cinco lecturas en cada sitio, tomadas con GPS. Dado que no se dispone de datos de precipitación en los sitios, se utilizó la base de datos mundial CHELSA (Karger *et al.*, 2017), para estimar la

precipitación promedio anual en cada sitio. Finalmente, se utilizó el modelo CarbonPast (Jurado *et al.*, 2021), para estimar el carbono del suelo en cada sitio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cobertura basal de la vegetación fue de 27.4% en el sitio de pastizal abierto y de 20.5% en el sitio de pastizal arborescente. De la composición florística, el zacate africano representó el 95.2% en el pastizal abierto y el 35.2% en el pastizal arborescente. En este último sitio, el zacate colorado representó un 34.1% de la vegetación. El mantillo orgánico, representó un 26.6% en el pastizal abierto, principalmente tallos y hojas de gramíneas, y un 38.0 % en el pastizal arborescente, compuesto principalmente por hojarasca de encino. El pastizal abierto mostró moderado porcentaje de suelo desnudo con 30.2 y bajo porcentaje de grava y roca con 2.9%. Por el contrario, el sitio de pastizal arborescente, mostró bajo porcentaje de suelo desnudo con 7.5% y alta presencia de grava y roca con 22.0%.

La precipitación media anual, de acuerdo con la base de datos CHELSA, es de 369 mm para el pastizal abierto y de 411 mm para el pastizal arborescente. El suelo del pastizal abierto mostró una textura de suelo franco-arenosa, con un contenido de arena del 72.27%, mientras que el pastizal arborescente, presentó una textura de suelo franco-arenosa, con 74.86% de arena. La altitud promedio del sitio de pastizal abierto fue de 1,602 msnm y la del pastizal arborescente fue de 1,714 msnm. Con estos datos, se procedió a estimar el carbono del suelo con el modelo CarbonPast:

$$\text{Ton C ha}^{-1} \text{ a 0.3 m de profundidad} = \text{Exp} (7.255 + 0.03 * \text{Cob} + 0.003 * \text{Pma} - 0.031 * \text{Pare} - 0.002 * \text{Alt})$$

Exp = Antilogaritmo natural base e.

Cob = Cobertura basal total de pastos perennes en %

Pma = Precipitación media anual en mm

Pare = Porcentaje de arena del suelo en %

Alt = Altitud del sitio en m

$$\text{Ton C ha}^{-1} \text{ a 0.3 m en el pastizal abierto} = \text{Exp} (7.255 + 0.03 * 27.4 + 0.003 * 369 - 0.031 * 72.2 - 0.002 * 1602) = 42.17$$

$$\text{Ton CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ a 0.3 m en el pastizal abierto} = 42.1 * 3.67 = 154.7$$

$$\text{Ton C ha}^{-1} \text{ a 0.3 m en el pastizal arborescente} = \text{Exp} (7.255 + 0.03 * 20.5 + 0.003 * 411 - 0.031 * 74.8 - 0.002 * 1714) = 28.67$$

$$\text{Ton CO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ a 0.3 m en el pastizal arborescente} = 28.67 * 3.67 = 105.2$$

El modelo CarbonPast incluye dos variables con impactos positivos: la cobertura vegetal y la precipitación, es decir, aquellos sitios con mayor cobertura y precipitación contienen un mayor contenido de carbono en suelo. Por el contrario, el contenido de arena del suelo y la altitud tienen un efecto negativo sobre el carbono del suelo, en otras palabras, a mayor contenido de arena y mayor altitud, el contenido de carbono del suelo es más bajo. Lo anterior tiene sentido, ya que el carbono del suelo en pastizales, proviene principalmente de la descomposición de raíces de los pastos, por lo tanto, al existir una mayor cobertura de pastos perennes, habrá una mayor descomposición de raíces. Similarmente, con la precipitación, ya que ésta tiene una influencia directa sobre el crecimiento de los pastos, a mayor precipitación habrá mayor cobertura y crecimiento de los pastos y por consecuencia más carbono en el suelo.

Respecto al contenido de arena del suelo, está demostrado que los suelos arenosos contienen menos carbono que los suelos arcillosos (Burke *et al.*, 1989), por lo tanto, a mayor contenido de arena del suelo, menor será su contenido de carbono. Estos autores también concluyen que los modelos de regresión indican que el carbono del suelo se incrementa con la precipitación y el contenido de arcilla del suelo y disminuye con la temperatura en suelos de pastizales y áreas agrícolas de Estados Unidos.

En relación a la altitud, el efecto es difícil de explicar ya que ésta tiene influencia sobre varios factores. Como es conocido, a mayor altitud la temperatura baja, de hecho, en el análisis de las variables para la construcción del modelo CarbonPast, el carbono del suelo se incrementa con la altitud y disminuye con la temperatura media anual. Lo anterior explica porqué en el modelo la altitud tiene un efecto decreciente en el carbono del suelo, lo cual puede estar más relacionado con el incremento de temperatura a medida que se incrementa la altitud de los pastizales. Sin embargo, algunos estudios han reportado que, a mayor altitud mayor contenido de carbono orgánico del suelo en bosques, pastizales y áreas agrícolas (Manojlovic *et al.*, 2011), mientras que otros han observado que la altitud tiene poca o ninguna influencia en el carbono del suelo en bosques de Pakistán (Shedayi *et al.*, 2016).

En este trabajo, el pastizal abierto mostró mayor cobertura de pastos, menor precipitación anual, menor contenido de arena y menor altitud que el pastizal arborescente. En este caso, el pastizal abierto mostró valores más deseables en tres de las cuatro variables medidas, así es que, el modelo estimó un almacén de carbono mayor que en el pastizal arborescente. Dado que las variables estimadas en los dos sitios, están dentro de los límites del modelo CarbonPast, se asume que las estimaciones son apropiadas. Sin embargo, es deseable confirmar dichas estimaciones con mediciones directas del contenido de carbono del suelo por medio de análisis químicos, con el fin de validar el modelo.

CONCLUSIONES

El modelo CarbonPast estimó de forma apropiada el almacén de carbono del suelo en el sitio de pastizal abierto y en el sitio de pastizal amacollado arborescente en el Rancho Experimental La Campana.

LITERATURA CITADA

- Burke, C.I.; C. M. Yonker; W. J. Parton; C.V. Cole; K. Flach; D. S. Schimel. 1989. Texture, climate, and cultivation effects on soil organic matter content in U.S. grassland soils. *Soil Science Society of America Journal* 53:800-805.
- Conant, R.T.; C.E.P. Cerri; B.B. Osborne; K. Paustian. Grassland management impacts on soil carbon stocks: a new synthesis *Ecological Applications* 27(2): 662-668.
- Gerber, P. J.; H. Steinfeld; B. Henderson; A. Mottet; C. Opio; J. Dijkman; A. Falcucci; G. Tempio. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): Rome, Italy.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Chihuahua, Chihuahua. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825292959>. Consultado el 3 de Julio de 2023.
- Jurado-Guerra, P.; R. Saucedo-Terán; C. Morales-Nieto; M. Juárez-Morales; G. Sosa-Pérez; A. Álvarez-Holguín. 2021. Soil carbon stocks of semi-arid grasslands in northern Mexico. *The Rangeland Journal* 43:247-255.
- Karger, D. N.; O. Conrad; J. Bohner; T. Kawohl; H. Kreft. 2017. Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. *Scientific Data* 4, 170122. doi:10.1038/sdata.2017.122.
- Manojlovic, M.; R. Cabilovski; B. Sitaula. 2011. Soil organic carbon in Serbian mountain soils: effects of land use and altitude. *Polish Journal of Environ. Studies* 20(4): 977-986.
- Royo, M.M.; A. Melgoza. 2001. Listado florístico del Campo Experimental La Campana y usos de su flora. *Técnica Pecuaria en México* 39(2): 105-125.
- Shedayi, A.A.; M.Xu; I. Naseer; B. Khan. 2016. Altitudinal gradients of soil and vegetation carbon and nitrogen in a high altitude nature reserve of Karakoram ranges. *SpringerPlus* 5:320. DOI 10.1186/s40064-016-1935-9.

EVALUACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO EXTRUDIDO PARA GANADO BOVINO EMPLEANDO SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA MEZCALERA EVALUATION OF AN EXTRUDED FEED FOR BOVINE CATTLE USING BYPRODUCTS OF THE MEZCAL INDUSTRY

Sarai Maya Paura¹, Elia Esther Araiza Rosales², Jorge Iñaki Gamero Barraza¹, Hiram Medrano Roldán¹, Damián Reyes Jáquez^{1*}

¹Instituto Tecnológico de Durango-Tecnológico Nacional de México, Blvd. Felipe Pescador 1830, Nueva Vizcaya, 34080, Durango, Dgo., México.

²UJED-Facultad de Medicina de Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. México, C.P. 34170

*Autor por correspondencia: damian.reyes@itdurango.edu.mx

RESUMEN

La industria mezcalera del Estado de Durango genera subproductos de agave (SA) con cierto valor nutricional, los cuales fueron incluidos a distintas proporciones en un alimento balanceado extrudido para ganado bovino, contribuyendo a la consolidación económica mediante la sustitución de materias primas de mayor costo como lo es la melaza. Se formuló un alimento balanceado para ganado bovino de engorda al 12% de proteína, añadiendo SA y empleando un proceso de extrusión para aumentar la biodisponibilidad de los nutrientes y alargar la vida de anaquel para posteriormente realizar una caracterización fisicoquímica. Mediante el programa Design-expert 8.0 se elaboró un diseño experimental D-optimal teniendo como factores al contenido de humedad y temperatura y como respuestas se evaluaron: índice de expansión, densidad aparente, índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y dureza. Se realizaron regresiones cuadráticas y un análisis ANOVA ($p < 0.05$). Se estandarizó el proceso mediante una metodología de superposición de superficie de respuesta y se encontraron que las condiciones óptimas de procesamiento de extrusión fueron a una temperatura de 132 °C con una humedad de 18% con las siguientes respuestas generadas por el modelo: Índice Expansión: 0.801, Densidad Aparente: 493.932 (kg/m³), Índice Absorción en Agua: 3.693 (g/g), Índice de Solubilidad en Agua: 35.102(%) y Dureza : 0.06 (N). Encontrándose en la caracterización un beneficio en el aporte de celulosa. El SA puede ser un sustituto de la melaza de caña debido a su valor nutricional con un menor costo, lo que podría beneficiar a los productores agropecuarios

Palabras clave: Extrusión, residuos de agave, alternativa alimentaria, propiedades fisicoquímicas

ABSTRACT

The mezcal industry in the State of Durango generates agave by-products (SA) with certain nutritional value, which were included in different proportions in an extruded balanced feed for cattle, contributing to economic consolidation by substituting higher-cost raw materials such as it is molasses. A balanced feed for fattening cattle was formulated at 12% protein, adding SA and using an extrusion process to increase the bioavailability of nutrients and lengthen shelf life to subsequently perform a physicochemical characterization. Using the Design-expert 8.0 program, a D-optimal experimental design was elaborated, taking as factors the moisture content and temperature and as answers the following were evaluated: expansion index, apparent density, water solubility index, water absorption index and hardness. . Quadratic regressions and an ANOVA

analysis ($p < 0.05$) were performed. The process was standardized using a response surface superimposition methodology and it was found that the optimal extrusion processing conditions were at a temperature of 132 °C with a humidity of 18% with the following responses generated by the model: Expansion Index: 0.801, Bulk Density: 493.932 (kg/m³), Water Absorption Index: 3.693 (g/g), Water Solubility Index: 35.102(%) and Hardness: 0.06(N). Finding in the characterization a benefit in the contribution of cellulose. SA can be a substitute for cane molasses due to its nutritional value at a lower cost, which could benefit agricultural producers.

Key words: Extrusion, agave residues, food alternative, physicochemical properties.

INTRODUCCIÓN

Las industrias de destilerías de maguey en Durango generan materia orgánica de alta fibrosidad. Estos residuos sólidos tienen un impacto en el medio ambiente al provocar alteraciones en el pH de los suelos en los que son desechados sumando a la problemática de la erosión y baja fertilidad de los campos (Gurrola, 2016). Esto hace a la agricultura y aún más a la ganadería vulnerables, en especial, en tiempos de sequía, donde se percibe una importante disminución en el forraje disponible para la alimentación del ganado bovino (Delgadillo *et al.*, 2015). El ganado bovino sufre desde una digestión inadecuada que se ve reflejada en la desnutrición del ganado hasta deficiencias en el animal que tiene necesidades energéticas básicas que, si no son cubiertas, puede ocurrir una pérdida de peso e incluso el deceso del animal, lo que repercute en pérdidas económicas (Villalba *et al.*, 2010).

Algunos antecedentes del aprovechamiento del bagazo de agave (Delgadillo *et al.*, 2015) demostraron que los subproductos de agave pueden ser usados especialmente en estaciones secas, cuando la disponibilidad de alimento es baja. Además, se ha demostrado que el uso de bagazo de agave en sustitución del rastrojo de maíz en formulaciones alimentarias generó una mejora en la conversión alimenticia como fuente de fibra (Gurrola, 2016). Por otro lado, se le conoce como extrusión al tratamiento “termo mecánico” mediante el cual es posible desnaturaliza las proteínas, gelatinizar el almidón, inactivar enzimas y reducir la carga microbiana lo que ayuda a aumentar el valor nutricional y le añade valor al SA obtenido de la industria mezcalera (Llopart *et al.*, 2014). Además, el proceso de extrusión puede modificar las características de las dietas al tener un mejor control de procesamiento sobre las proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y macromoléculas (García, 2017). El SA ha sido empleado como una fuente disponible incluso en temporadas de sequía (Aragon, 2022), que tiene la característica de aportar un valor nutritivo a través fibras como la lignina que se buscan incluir en dietas para ganado bovino y azúcares que proporcionan suplementos a los microorganismos del rumen (Gurrola, 2016).

En este trabajo se evaluó un alimento balanceado extrudido para ganado bovino empleando SA buscando determinar si este es un sustituto adecuado de la melaza de caña debido a su contenido en polisacáridos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El SA fue donado por la mezcalera “Bossca”, las muestras se colocaron en bolsas selladas de plástico y se mantuvieron en refrigeración para su posterior tratamiento con trapiche para extraer la mayor cantidad de líquido. Después se colocaron las muestras a exposición solar por un periodo de tres días para posteriormente colocarse en bandejas separadas dentro de un horno de laboratorio a una temperatura no menor a los 45 °C con la intención de prevenir el desarrollo de hongos o bacterias que pudieran proliferar en este medio manteniendo la inocuidad del SA. Para la determinación de materia seca y digestibilidad de las formulaciones se empleó la técnica de Van Soest et al. (1991). El alimento balanceado se formuló para tener un contenido de 12% de proteína cruda, sometiendo cada tratamiento a un proceso de extrusión siguiendo las condiciones de acuerdo con el diseño experimental. Se empleó un diseño experimental D-optimal empleando como factores el contenido de humedad en la formulación de la dieta con un rango entre 12% y 19% y la temperatura en la zona de calentamiento final del extrusor con un rango de 124°C a 175 °C. Como respuestas, se evaluaron los índices de absorción de agua y de solubilidad en agua, densidad aparente, dureza e índice de expansión. Además, se evaluó la fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, hemicelulosa, sílice, lignina y celulosa de los ingredientes de la formulación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de celulosa que aporta el SA en comparación a los otros ingredientes de la formulación resulta beneficioso para la actividad de las bacterias celulíticas encargadas de digerir la materia vegetal produciendo ácidos grasos (Torres et al., 2019). Además, cabe mencionar las desviaciones en el contenido de lignina, los extrudidos pueden ser una fuente valiosa de nutrientes reflejándose en la fibra detergente neutra y acida, fibras de calidad para el ganado bovino mientras se mantenga un índice adecuado de lignina (también asociada a la fibra detergente acida) para garantizar una digestibilidad adecuada.

Cuadro 1. Caracterización Química Proximal de los ingredientes utilizados para las formulaciones

INGREDIENTES	FDN	FDA	HEMICEL	SILICE	LIGNINA	CELULOSA
HARINOLINA	41.78±0.10	18.44±2.04	23.34±1.94	1.06±0.32	2.63±0.68	15.80±1.36
GRANOS SECOS DE DESTILERIA	49.01±0.48	18.25±0.12	30.75±0.61	0.95±0.57	2.51±0.21	15.74±0.09
MAÍZ MOLIDO	19.39±0.21	4.70±0.28	14.69±0.50	1.66±0.63	0.02±0.02	4.72±0.15
SALVADO DE TRIGO	48.10±0.48	16.73±0.58	31.37±0.10	0.39±0.22	1.57±0.19	15.16±0.77
PASTA DE SOYA	19.81±2.89	6.36±0.57	13.44±2.32	4.87±5.24	0.29±0.25	6.65±0.82
BAGAZO AGAVE	43.82±1.00	36.22±0.40	7.59±1.40	4.59±0.36	5.40±0.89	30.82±0.48

La estandarización del proceso de extrusión se llevó a cabo empleando el software Design Expert 13 mediante una metodología de superposición de superficie de respuesta. Como criterios, se maximizó el índice de absorción de agua para gelatinizar la mayor cantidad de almidón y aumentar la biodisponibilidad para los rumiantes. Los valores óptimos del proceso de extrusión fueron a una temperatura 132 °C con una humedad de 18%.

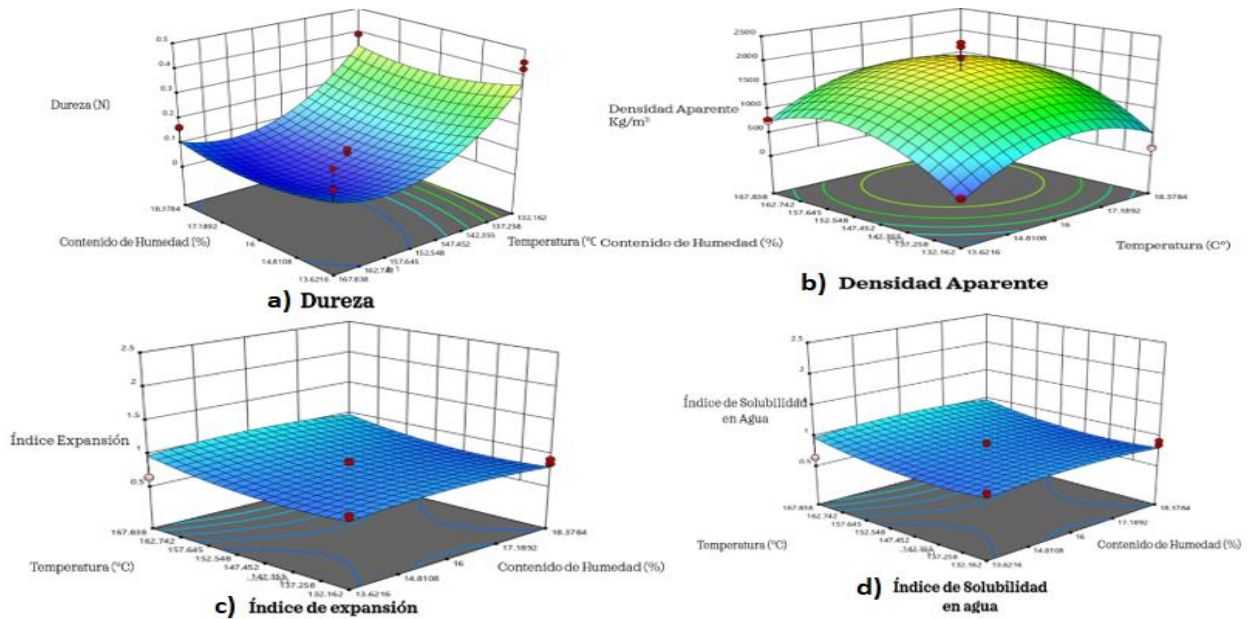


Figura 1: Índices de los extrudidos asociados a sus propiedades físicas en función de los empalmes de superficie a) Dureza: medida en Newtons b) Densidad aparente: medida en (Kg/m²) c) Índice de expansión: medida en g/g d) Índice de solubilidad en agua: medido en (%), siendo valorados estos índices con temperatura última zona de calentamiento °C y contenido de Humedad %.

Los valores de Índice de Expansión se encuentran en un rango relativamente bajo reflejándose de igual manera en el valor ($p < 0.05$) de la Densidad y Dureza, esto por la temperatura manejada que repercute directamente en la humedad de la última zona de calentamiento siendo pertinente aumentar el ($p < 0.05$) del índice de solubilidad en agua en busca de proveer una digestión adecuada del alimento a través de la gelatinización del almidón.

CONCLUSIONES

La inclusión de SA como sustituto de melaza de caña en un alimento balanceado para ganado bovino puede ser una opción que favorece a los procesos microbianos en la fase de fermentación entérica del rumen debido a su aporte de celulosa, además, se estandarizó el proceso de extrusión para la elaboración del alimento balanceado siendo pertinente aumentar el índice de solubilidad en agua en busca de maximizar el aprovechamiento del alimento.

LITERATURA CITADA

- Aragón Gutierrez, F. (2022). Elaboración de un alimento balanceado extrudido para ganado bovino usando residuos agroindustriales de piña.
- Delgadillo Ruíz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., & Muro Reyes, A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(SPE11), 2099-2103.
- García, I. B. (2017). Trabajo fin de grado harinas extruidas en la industria alimentaria (doctoral dissertation, universidad complutense).
- Gurrola Armendáriz, D. L. (2016). Aprovechamiento Integral del Bagazo de Agave Mezcalero Cocido para su uso en la Agricultura y Ganadería (Doctoral dissertation).
- Llopart, E. E., Drago, S. R., De Greef, D. M., Torres, R. L., & González, R. J. (2014). Effects of extrusion conditions on physical and nutritional properties of extruded whole grain red sorghum (*sorghum spp*). *International journal of food sciences and nutrition*, 65(1), 34-41.
- Torres-Salado, N., Sánchez-Santillán, P., Rojas-García, R. A., Almaraz-Buendía, I., Herrera-Pérez, J., Reyes-Vázquez, I., & Mayren-Mendoza, F. J. (2019). Producción de gas in vitro y características fermentativas de consorcios

- bacterianos celulolíticos ruminales de búfala de agua (*Bubalus bubalis*) y vaca Suiz-bu. *Agrociencia*, 145-159.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Villalba, D., Molina, E., Cubiló, D., Blanco, M., Albertí, P., Joy, M., & Casasús, I. (2010). Alternativas técnicas para el engorde de terneros utilizando forrajes. *Agroecología*, 2, 24-27

**MONITOREO DEL PASTOREO EXTENSIVO DEL GANADO CHAROLÁIS
MEDIANTE EL USO DE COLLARES GPS
MONITORING EXTENSIVE GRAZING OF CHAROLAIS CATTLE THROUGH THE
USE OF GPS COLLARS**

Juan Emmanuel Segura Carmona¹, Hugo Bernal Barragán^{1*}, Nydia Corina Vásquez Aguilar¹, Jesús Guadalupe Delgado Torres¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Francisco Villa s/n, Col. Ex Hacienda El Canadá, Gral. Escobedo, N.L. C.P. 66050 Campus Ciencias Agropecuarias

*Autor por correspondencia: hugo.bernalbr@uanl.edu.mx

RESUMEN

El uso de dispositivos GPS de rastreo puede ser de gran utilidad en el monitoreo del ganado en el agostadero, ya que permite registrar las actividades individuales de distancia recorrida, visitas al bebedero, patrones de actividad, entre otras. El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad del uso de collares de rastreo GPS como herramienta para monitorear a intervalos de 5 minutos la distribución del ganado Charoláis en pastoreo en agostaderos. Se colocaron collares GPS a dos de un hato de 26 vacas Charoláis, que pastorearon en un potrero de 69 ha del 1 al 19 de febrero de 2023. Se calculó la distancia recorrida, y se relacionaron las ubicaciones pastoreadas con el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI) y la pendiente del terreno. Se elaboró un “mapa de calor” para determinar las áreas con mayor actividad de pastoreo. Se analizaron los datos con ANOVA y se hizo comparación de medias por Tukey. El ganado registró una mayor actividad ($p<0.05$) entre las 7:00 y 9:00 horas y entre las 14:00 y las 19:00 horas. La distancia recorrida por día fue 5599 m. Los animales prefirieron pastorear áreas con NDVI de 0.11 a 0.21. El 89% de las ubicaciones fueron en pendientes de 0-6%. El mapa de calor indica una actividad concentrada en áreas más pequeñas del potrero. El uso de collares de rastreo GPS en este estudio resultó ser una herramienta útil para aumentar la probabilidad de éxito en el manejo del agostadero.

Palabras clave: Ganadería de precisión, bovinos en agostadero, manejo eficiente del ganado, distribución de bovinos

ABSTRACT

The use of GPS tracking devices can be very useful in monitoring cattle in the range, since it allows recording individual activities such as distance traveled, visits to the drinking trough, activity patterns, among others. The objective of this study was to evaluate the feasibility of GPS tracking collars as a tool to monitor the distribution of Charolais cattle grazing in the rangelands. A GPS collar was placed on two cows from a herd of 26 Charolais cows, grazing in a 69 ha pasture from February 1st to 19th, 2023. With the activities registered every 5 minutes, the distance traveled were calculated, and the grazed locations were related to NDVI (difference vegetation index normalized) and slope. A “heat map” was created with all the locations to determine the areas with the highest activity. Data were analyzed with ANOVA and means were compared with Tukey at $p<0.05$. Cattle presented greater activity ($p<0.05$) between 7:00 and 9:00 hours and between 14:00 and 19:00 hours. The distance traveled per day was 5599 m. Animals preferred NDVI of 0.11 to 0.21. Eighty nine percent of the grazed locations were on slopes of 0-6%. The heat map indicated higher activity in small areas of the paddock. The use of GPS tracking collars in this study turned out to be a useful tool to increase the probability of success in range management.

Keywords: Precision livestock farming, cattle in rangeland, efficient livestock management, cattle distribution

INTRODUCCIÓN

A la par de un incremento rápido de la población mundial, se presenta un fuerte incremento de las necesidades de proteína animal proveniente de la ganadería extensiva (Sawalhah et al., 2019). La conservación de los recursos naturales juega un papel importante en los esfuerzos por el mejoramiento del medioambiente (Virgilio et al., 2019). En los agostaderos se deben considerar factores como el manejo del pastoreo de animales rumiantes, cambios de uso de suelo, instalación de generadores de energías renovables, captación de carbono, entre otros (Holechek et al., 2020). El entendimiento del comportamiento animal en pastoreo y su interacción en el agostadero, es crucial para optimizar el manejo de los recursos naturales del agostadero, y para aumentar la eficiencia en la producción ganadera (Manning et al., 2017).

En los agostaderos con limitada producción de forraje, el pastoreo suele llevarse a cabo en grandes potreros (Bailey et al., 2021). Entender cómo realmente se distribuyen y utilizan el potrero los animales es crucial para desarrollar estrategias que permitan aumentar la eficiencia de producción, y a la vez disminuyendo el impacto negativo que genera una mala distribución (Rivero et al 2021). En situaciones de difícil monitoreo de los animales en pastoreo, debido a la vegetación densa y terreno accidentado del agostadero, algunos ganaderos realizan el monitoreo a bordo de caballos o vehículos todo terreno. Sin embargo, esta práctica resulta en una utilización considerable de tiempo y dinero (Bailey et al., 2021). Este monitoreo tiende también a ser invasivo para los animales en pastoreo, lo que puede generar la obtención de datos erróneos y a una incorrecta toma de decisiones.

Sin embargo, el avance tecnológico ha permitido la creación de dispositivos GPS de rastreo, los cuales pueden ser de gran utilidad en el monitoreo del ganado en el agostadero (Millward et al., 2020). Estos dispositivos permiten conocer en tiempo real la ubicación precisa de los animales que lo portan, y mediante algunas aplicaciones digitales se puede conocer el historial de recorridos de acuerdo con el intervalo de tiempo en que se registran las ubicaciones (Bailey et al., 2018). La recopilación de información relacionada con la distribución del ganado permite conocer datos individuales de los animales (distancia recorrida, visitas al bebedero, patrones de actividad, entre otros), permitiendo planificar medidas de acción para modificar su distribución, tales como ubicación de cercos, bebederos, suplementación estratégica y arreo (Bailey et al., 2019). También se pueden registrar patrones de comportamiento que permitan predecir su distribución basados en diversos factores, tales como índices de vegetación, ubicación de los bebederos y saladeros, tipo de suelo y características topográficas, como la pendiente del suelo (Rivero et al., 2021). El objetivo de este estudio fue evaluar la viabilidad de la utilización de collares de rastreo (GPS) como herramienta para monitorear la distribución del ganado Charoláis bajo condiciones de pastoreo extensivo en agostaderos del municipio de Marín Nuevo León México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El predio en el que se realizó el presente estudio se localiza en Marín Nuevo León, en el noreste de México, en donde se tiene una vegetación propia del matorral espinoso tamaulipeco, la precipitación media anual es de 600 A 620 mm, y la temperatura media anual es de 22°C (Fick & Hijmans, 2017). Se seleccionaron dos vacas de un hato de 26 vacas raza Charolais en etapa productiva y se les colocó 1 collar (marca Winnes, modelo TK935) funcionando en la red

GSM/GPRS y con los satélites GPS, programado para registrar la ubicación de los bovinos en un intervalo de tiempo de cada 5 min. Posterior a la colocación de los dos rastreadores, el hato completo fue conducido a un potrero con superficie de 69 ha, con una capacidad de carga anual de 3.7 unidades animal, en donde los animales permanecieron del 1 al 19 de febrero de 2023. Debido a que la vegetación aún permanecía en latencia, se les suministró 500 g de concentrado con 15% de proteína cruda para cada animal diariamente a las 9:00 horas.

Utilizando las imágenes del satélite Sentinel 2 (Copernicus, 2023), del 3 de febrero del 2023, y el software Quantum GIS (QGIS), se calculó el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI, por sus siglas en inglés) para relacionar el historial de ubicaciones con el índice NDVI. Los índices obtenidos se clasificaron en las siguientes categorías: 0.06-0.11, 0.11-0.12, 0.12-0.13, 0.13-0.14, 0.14-0.15, 0.15-0.16, 0.16-0.17, 0.17-0.18, 0.18-0.19, 0.19-0.20, 0.20-0.21, 0.21-0.22, 0.22-0.23, 0.23-0.24, 0.24-0.25, 0.25-0.27, 0.27-0.33. Utilizando imágenes LIDAR (INEGI 2012), y el software QGIS se calcularon y clasificaron las pendientes con los siguientes valores de 0 a 6%, 6 a 12%, 12 a 18%, 18-24% y 24 a 100%, para posteriormente conocer el grado de utilización de estas pendientes por el ganado.

Para el manejo de la información, en este estudio se definió como actividad nocturna la registrada en períodos de cada hora (Figura 1), en el horario comprendido entre las 19:00 horas y las 07:00 horas, y como actividad diurna la que se realizara entre las 07:00 horas y las 19:00 horas. Con los datos de los dos collares se realizó una ruta, a la cual se le aplicó un buffer de 5 metros, para generar un polígono que sería utilizado para conocer el porcentaje de utilización del área del potrero. Adicional a lo anterior, se realizó un “mapa de calor” en el que se determinaron las ubicaciones de las áreas más preferidas por los bovinos en pastoreo. Además, se calcularon las distancias recorridas por hora y por lapso del día y noche. En este estudio se asumió que los desplazamientos se realizaron en línea recta entre dos ubicaciones consecutivas (Lomillos et al., 2017). La distancia recorrida hasta llegar al bebedero, se calculó como la distancia entre el bebedero y cada uno de los puntos de ubicación obtenidos durante el estudio.

Se realizó un análisis de varianza en los datos de distancias recorridas e índices NDVI utilizados para el ganado registrados en cada uno de los períodos de 1 hora. Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación de medias por el método Tukey a nivel de $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón registrado de actividades de los animales durante los 19 días del estudio, indicó que el ganado presenta una mayor movilidad ($p < 0.05$) durante dos fases del día, entre las 8:00 y 9:00 horas y entre las 15:00 y las 19:00 horas (Figura 1). El periodo de menor movilidad de los animales durante la noche no presentó diferencia significativa ($p > 0.05$) en los 11 períodos de tiempo comprendidos de las 21:00 a las 07:00 horas (Figura 1). Estos resultados son similares a los reportados para toros de lidia durante la temporada fría (Lomillos *et al.*, 2017). La baja actividad registrada durante la noche coincide con lo reportado por Larson *et al.* (2017), quienes mencionan que el ganado tiende a estar sin movimiento alrededor del 50% del día.

La distancia que los animales recorrieron durante el día (4150 m) fue superior ($p < 0.05$) a la registrada (1449 m) durante la noche. La distancia total recorrida por los animales del presente estudio (5599 m) es similar a la reportada para el ganado Charoláis en Australia (Manning *et al.*, 2017). Los animales registraron 11.7% de actividad (428 de 3642 puntos) de pastoreo en distancias

menores a 200 metros del bebedero. La mayor distancia registrada de pastoreo respecto al bebedero fue de 1025 metros. La distancia promedio al bebedero del total de los puntos registrados de pastoreo fue de 458 m, mientras que Bailey *et al.* (2004), registraron que los animales se mantenían más del 40% del tiempo en ubicaciones menores de 200 m del bebedero. En el presente estudio, los animales visitaron en bebedero en promedio 1.2 veces por día, lo cual se encuentra dentro del rango reportado para cruza de ganado comercial (Larson *et al.*, 2017).

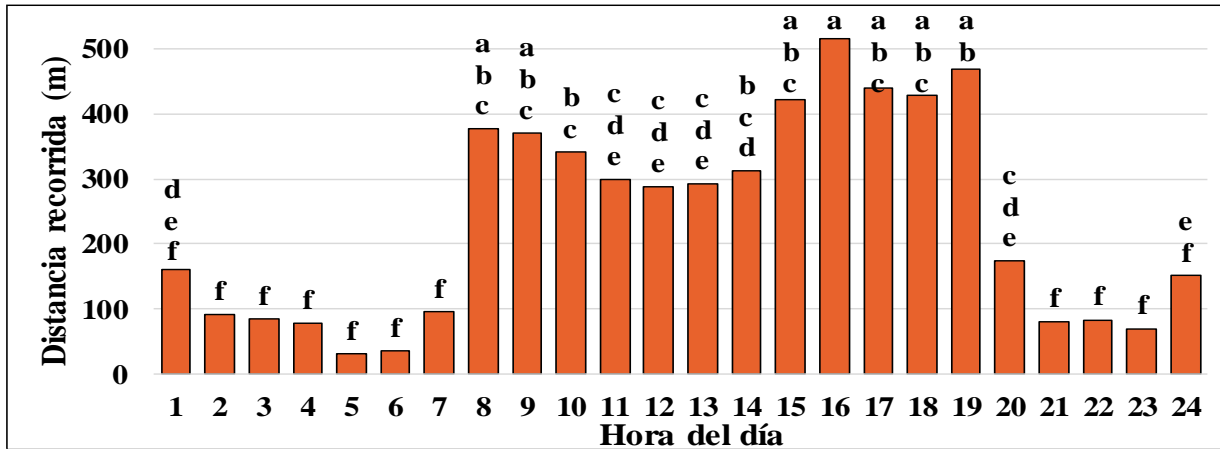


Figura 1. Promedio de distancia recorrida por hora por los animales durante el estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las barras

En el potrero del presente estudio, la pendiente presente en el 81% de la superficie fue de entre 0 y 6%. Las pendientes de entre 6 y 12% cubrieron el 16%. La pendiente del 12 -18% cubrió un 2.2% del potrero y la pendiente del 18-24 % abarcó solo el 0.6% del área de pastoreo. El 89% de los registros de pastoreo obtenidos se distribuyeron principalmente en la pendiente de 0-6%. El 9% de los puntos correspondieron a la pendiente de 6-12%, mientras que el 1.4% en la pendiente de 12-18% y sólo el 0.6% se registró en la pendiente de 18-24%. Los animales prefirieron mantenerse en las áreas con menor pendiente como lo indicaron también Bailey *et al.* (2004).

Basándose en el trazado de ruta de los animales, se calculó que los animales utilizaron 52 ha (un 75%) de la superficie del potrero. Una tasa de utilización similar había sido reportada por Lomillos *et al.* (2017), con tasa de utilización de 60 al 95% en potreros de entre 50 y 200 ha. Sin embargo, el mapa de calor indica que la actividad de pastoreo ocurrió principalmente en áreas del potrero aún más pequeñas (Figura 2).

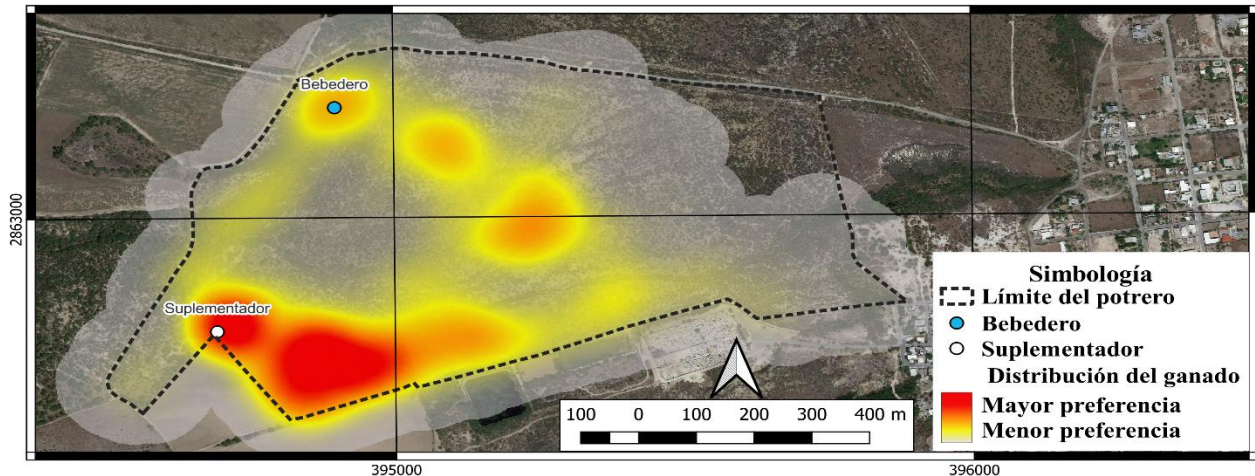


Figura 2.-Mapa de calor de la actividad registrada durante el estudio

El mayor valor de NDVI encontrado en la zona de estudio fue de 0.30. Durante el día los animales prefirieron índices de 0.15 a 0.21, mientras que por la noche eligieron índices de 0.11 a 0.19 ($p < 0.05$). El NDVI se utiliza como indicador de la calidad y cantidad de biomasa vegetal, valores más altos indican una mayor cantidad y calidad (Rivero *et al.*, 2021). Los animales durante el día prefirieron índices ligeramente más altos que los preferidos durante la noche, coincidiendo esto con lo reportado para el ganado Charoláis (Manning *et al.*, 2017). La selección de índices más bajos durante la noche tiene relación con hallazgos que mencionan que el ganado prefiere lugares con menor vegetación para disminuir la posibilidad de ser atacados por depredadores y reducir la molestia de algunos insectos (Larson *et al.*, 2017). La información colectada con los rastreadores es de utilidad para realizar ajustes que busquen mejorar la eficiencia de utilización del forraje en las áreas de pastoreo. Este manejo debe ser dirigido de acuerdo con las condiciones del sistema de pastoreo, ya que las prácticas para mejorar la eficiencia del pastoreo en un rancho pueden no tener el mismo éxito en otro (Kothman *et al.* 2009).

CONCLUSIONES

El uso de collares de rastreo GPS en este estudio resultó ser una herramienta útil para aumentar la probabilidad de éxito en el manejo de los bovinos en pastoreo en el agostadero, pues permite registrar y monitorear en tiempo real el comportamiento de los animales, por lo que la toma de decisiones se puede orientar de acuerdo con la respuesta del ganado en pastoreo.

LITERATURA CITADA

- Bailey D. W.; J.C. Mosley; R. E. Estell; A.F. Cibils; M. Horney; J.R. Hendrickson; et al. 2019. Synthesis paper: targeted livestock grazing: prescription for healthy rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 72(6), 865-877.
- Bailey D. W.; M.G. Trotter; C.W. Knight; M.G. Thomas. 2018. Use of GPS tracking collars and accelerometers for rangeland livestock production research. *Translational Animal Science*, 2(1), 81-88.
- Bailey D. W.; M.R. Keil; L.R. Rittenhouse. 2004. Research observation: Daily movement patterns of hill climbing and bottom dwelling cows. *Journal of Range Management*, 57(1), 20-28.
- Bailey D.W.; M.G. Trotter; C. Tobin; M.G.Thomas. 2021. Opportunities to Apply Precision Livestock Management on Rangelands. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:611915.
- Copernicus Sentinel data. 2023. Retrieved from ASF DAAC February 23 of 2023, processed by ESA.
- Di Virgilio A.; S. A. Lambertucci; J. M. Morales. 2019. Sustainable grazing management in rangelands: over a century searching for a silver bullet. *Agric. Ecosyst. Environ.* 283:106561.
- Fick S.E; R. J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. [International Journal of Climatology](https://doi.org/10.1016/j.jclim.2017.02.044), 37 (12): 4302-4315.

- Holechek J. L.; H. M. Geli; A. F. Cibils; M. N. Sawalhah. 2020. Climate change, rangelands, and sustainability of ranching in the Western United States. *Sustainability*, 12(12), 4942.
- INEGI. (2012). Modelo digital de elevación de alta resolución LiDAR, Tipo terreno con resolución de 5m. Retrieved 15/02/2023, 2023, from <https://inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=lidar>
- Kothmann M; R. Teague; H. Díaz-Solís; W. Grant. 2009. New approaches and protocols for grazing management research. *Rangelands*, 31(5), 31-36.
- Larson L; D. E. Johnson; M. Wilson; k. Wilson; M. Louhaichi; J. Williams. 2017. Spatial occupancy patterns and activity of arid rangeland cattle grazing small riparian pastures. *Animal Science Journal*, 88(3), 553-558.
- Lomillos P. J. M; M. E. Alonso; J. J. García; V.R. Gaudioso. 2017. Monitoring lidia cattle with GPS-GPRS technology; a study on grazing behaviour and spatial distribution. *Veterinaria México OA*. 2017;4(4).
- Manning J.; G. Cronin; L. González; E. Hall; A. Merchant; L. Ingram. 2017. The behavioural responses of beef cattle (*Bos taurus*) to declining pasture availability and the use of GNSS technology to determine grazing preference. *Agriculture*, 7(5), 45.
- Millward M. F.; D. W. Bailey; A. F. Cibils; J. L. Holechek. 2020. A GPS-based evaluation of factors commonly used to adjust cattle stocking rates on both extensive and mountainous rangelands. *Rangelands*, 42(3), 63-71.
- QGIS Development Team. 2023. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Rivero M. J.; P.Grau-Campanario; S. Mullan; S. D. E.Held; J. E.Stokes; M.R F. Lee; L. M. Cardenas. 2021. Factors Affecting Site Use Preference of Grazing Cattle Studied from 2000 to 2020 through GPS Tracking: A Review. *Sensors*. 21, 2696.
- Sawalhah M. N.; J. L. Holechek; A. F. Cibils; H. M. Geli; A. Zaied. 2019. Rangeland livestock production in relation to climate and vegetation trends in New Mexico. *Rangeland Ecology & Management*, 72(5), 832-845.

EVALUACIÓN DE UNA FORMULACIÓN PELETIZADA CON LA INCLUSIÓN DE INGREDIENTES ALTERNATIVOS COMO SUPLEMENTO PARA RUMIANTES EVALUATION OF A PELLETIZED FORMULATION WITH THE INCLUSION OF ALTERNATIVE INGREDIENTS AS A SUPPLEMENT FOR RUMINANTS

Diana Sofía Torres Velázquez¹, Jesús Bernardo Páez Lerma³, Damián Reyes Jáquez³, Gerardo Pámanes Carrasco⁴, Karina Araiza Ponce², Manuel Murillo Ortiz^{2*}.

¹CONACYT – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México. ³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, C.P. 34080. Durango, Dgo. México. ⁴Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Veterinaria No. 501, C.P. 34120. Durango, Dgo. México.

*Autor por correspondencia: manuelmurillo906@gmail.com

RESUMEN

Introducción. El uso de fuentes de alimentación no convencionales es un elemento clave para afrontar la problemática actual derivada del cambio climático y escasez de alimentos que demanda el establecimiento de nuevos sistemas sustentables de alimentación de los rumiantes. Leguminosas, como el huizache y residuos como el bagazo de agave representan posibles alternativas. Objetivo: Evaluar el potencial nutricional para rumiantes y de reducción de emisiones de metano de una formulación peletizada con inclusión de especies de huizache y bagazo de agave ampliamente disponibles en Estado de Durango, México. Materiales y Métodos: Se hizo la formulación de un concentrado proteico que fue caracterizado antes y después de ser peletizado incluyendo determinaciones de proteína cruda, carbohidratos, digestibilidad y producción de gas, metano y dióxido de carbono *in vitro*, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal. Resultados: El peletizado tuvo efectos mínimos en las composición y parámetros de fermentación evaluados del alimento propuesto. Además, se observaron mejores valores en las relaciones CO₂:CH₄ y acetato:propionato para la formulación en comparación con un forraje de alta calidad. Conclusión: La formulación peletizada propuesta presenta potencial para ser incluido en la dieta de rumiantes como un concentrado proteico de menor costo que podría favorecer la eficiencia de la dieta y la reducción de las emisiones de metano, así como el fácil manejo y aceptabilidad.

Palabras clave: huizache, bagazo de agave, concentrado proteico, metano.

ABSTRACT

Introduction. The use of non-conventional food sources is a key element to face the current problems derived from climate change and food shortages that demand the establishment of new sustainable feeding systems for ruminants. Legumes, such as huisache, and residues such as agave bagasse represent possible alternatives. Objective: To evaluate the nutritional potential for ruminants and the reduction of methane emissions of a pelleted formulation with the inclusion of species of huisache and agave bagasse abundant in Durango, Mexico. Materials and Methods: The formulation of a protein concentrate was made and characterized before and after being pelleted, determination included crude protein, carbohydrates, digestibility, and production of gas, methane and carbon dioxide *in vitro*, volatile fatty acids and ammoniacal nitrogen. Results: Pelleting had

minimal effects on the composition of the formulation and fermentation parameters evaluated. In addition, better values were observed in the CO₂:CH₄ and acetate:propionate ratios compared to a high-quality forage. Conclusion: The proposed pelleted formulation has the potential to be included in the ruminant diet as a lower cost protein concentrate that could favor diet efficiency and methane emissions reduction, as well as easy handling and acceptability.

Key words: huisache, agave bagasse, protein concentrate, methane

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero enfrenta actualmente retos importantes para suplir la creciente demanda de carne y leche, esto exige la implementación de sistemas de alimentación de calidad y bajo costo a la vez que se hace frente a las afectaciones derivadas del cambio climático, problemas de salud pública y competencia con la alimentación humana. Muchos estudios se han enfocado en la mitigación del metano (CH₄), gas de efecto invernadero cuya generación se debe en gran proporción al ganado rumiante (INECC, 2018; Murillo *et al.*, 2019).

Ante esta problemática, se han propuesto diversas fuentes no convencionales de alimento dentro de las que se encuentran leguminosas, que están siendo estudiadas en zonas desde tropicales hasta semisecas; por ventajas que incluyen su amplia disponibilidad a lo largo del año, bajo o nulo costo, un contenido relativamente elevado de proteína y la presencia de metabolitos secundarios (Cabrera-Núñez *et al.*, 2019; Araiza Rosales *et al.*, 2022). El Estado de Durango cuenta con diversidad de especies de huizache, entre las que están *Acacia schaffneri*, frecuentemente dominante en zonas de matorral y pastizal, y *Acacia farnesiana* más común en la región de las quebradas (Ruacho-González *et al.*, 2017). Otra fuente potencial es el bagazo de agave, generado en grandes cantidades a partir de la elaboración de mezcal, su contenido en fibra y microminerales indican que puede ser aprovechada como alimento provisional en temporada seca (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2015); además, su aroma podría favorecer la aceptabilidad del alimento de manera similar a otros subproductos de fermentaciones alcohólicas.

El uso de procesos de densificación como el peletizado permiten la inclusión en la dieta de ingredientes diversos que incrementan la calidad nutricional y aceptabilidad por parte de los animales, facilitando también el transporte, manejo y almacenaje, y reduciendo costos; además, su uso para la fabricación de suplementos ha resultado en mejoras en la fermentación y reducción de la producción de metano *in vitro* (Reyes-Jáquez *et al.*, 2011; Nguyen *et al.*, 2020).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el potencial nutricional para rumiantes y de reducción de emisiones de metano de un suplemento alimenticio peletizado que incluye especies de huizache y bagazo de agave, recursos abundantes en Estado de Durango, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri*, fueron colectadas en otoño de 2022, en dos zonas ubicadas en las inmediaciones de la ciudad de Durango con abundante vegetación de huizache. Se cortaron ramas de aproximadamente 1m a partir de arbustos seleccionados al azar, las especies de huizache fueron identificadas en el Herbario del CIIDIR-Unidad Durango. Las hojas se separaron manualmente y se mezclaron en un pool por especie. El bagazo de agave fue donado por una mezcalera local. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C hasta peso constante y fueron procesadas en un molino con malla de un 1mm.

Se formuló un concentrado proteico con un 25% de proteína (Tabla 1), incluyendo ingredientes de fácil adquisición a partir de proveedores locales, además de ambas especies de huizache y bagazo

de agave. El procesamiento de la formulación se llevó a cabo en una peletizadora escala planta piloto diseñada y montada en el Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (Universidad Juárez del Estado de Durango) con una temperatura de entrada de 50-55°C.

Tabla 1. Formulación del suplemento proteico

Ingrediente	%	%PC
Grano seco de destilería	15	26.58±0.03
Bagazo de agave	6	4.42±1.4
Maíz	9	7.35±0.41
Pasta de soya	18	46.32±0.82
Harinolina	15	39.95±4.4
Salvado de trigo	17	15.45±0.07
Hoja de <i>A. farnesiana</i>	15	22.37±0.03
Hoja de <i>A. schaffneri</i>	5	19.23±0.37

%PC: porcentaje de proteína cruda de los ingredientes

El suplemento fue evaluado antes y después de ser procesado a la par de heno de alfalfa, un forraje de alta calidad para efectos de comparación. Se hicieron determinaciones de materia seca (MS), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y proteína cruda (PC) de acuerdo con procedimientos propuestos por la AOAC (2010). Las fracciones de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LIG) fueron estimadas empleando un analizador de fibra ANKOM siguiendo las instrucciones del fabricante (ANKOM, 2020). Los carbohidratos no fibrosos (CNF) fueron estimados empleando la ecuación: $CNF = [100 - (PC + EE + C + FDN)]$. Los fenoles totales (FT) se extrajeron y estimaron de acuerdo con lo reportado por Heimler *et al.* (2005). La digestibilidad verdadera *in vitro* de la materia seca (DIVMS) se determinó al medir la desaparición de la materia seca a 39°C por 48h en líquido ruminal y solución buffer de acuerdo con lo sugerido por ANKOM (2018).

Para la producción de gas total (PG), metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) *in vitro*, se prepararon fermentaciones en jeringas de vidrio de 100mL de acuerdo con lo realizado por Yusuf *et al.*, (2020), empleando 0.200g de muestra y 30mL de una solución de buffer y líquido ruminal en una relación 2:1 para incubación por 24h a 39°C. Al concluir la fermentación, se midió pH a cada muestra con un potenciómetro digital y se cuantificaron nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y ácidos grasos volátiles (Galyean, 2010).

El análisis estadístico se realizó empleando un diseño completamente al azar usando los procedimientos GLM del SAS. La comparación de medias fue desarrollada con la prueba de Tukey y las diferencias estadísticas fueron declaradas a $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se presenta la composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la formulación antes y después de ser peletizada, así como de heno de alfalfa. En la Tabla 3 se presentan los parámetros evaluados durante las fermentaciones *in vitro*.

No se observó diferencia significativa en cuanto a composición del concentrado tras el procesamiento, aunque sí con respecto al forraje de alta calidad que tiene un mayor contenido de carbohidratos estructurales y menor de proteína y carbohidratos no fibrosos. La digestibilidad *in vitro* de la materia seca es mayor para el concentrado, esto es probablemente debido a una mayor

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

proporción de carbohidratos no fibrosos que favorecen una rápida fermentación (Nguyen *et al.*, 2020).

Tabla 2. Composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia seca

	Formulación sin procesar	Formulación peletizada	Heno de alfalfa	EEM
%MS	96.17±0.09a	96.33±0.03a	93.6±0.06b	0.06
%MO	93.27±0.02a	93.26±0.03a	87.15±0.01b	0.02
%PC	25.57±0.32a	25.47±0.58a	16.8±0.35b	0.44
%EE	3.2±0.21a	3.5±0.001a	1.5±0.06b	0.12
%FDN	31.2±0.70b	31.1±0.17b	55.17±0.20a	0.43
%FDA	11.8±0.17b	12.03±0.26b	36.33±0.72a	0.45
%HEM	19.37±0.49a	19.07±0.43a	18.9±0.92a	0.65
%CEL	9.60±0.23b	9.97±0.033b	30.97±0.55a	0.34
%LIG	2.0±0.06b	1.87±0.20b	4.3±0.11a	0.14
%CHOT	64.53±0.43b	64.3±0.61b	68.87±0.38a	0.48
%CNF	33.33±1.09a	33.17±0.75a	13.7±0.17b	0.77
FT (mg eqAG/g)	3.03±0.37b	1.84±0.38b	4.76±0.12a	0.31
DIVMS	80.25±0.21a	76.66±0.85b	75.94±0.78b	0.68

¹Medias con diferentes literales en la misma hilera son diferentes estadísticamente (Tukey, $p < 0.05$); FT=fenoles expresados en equivalentes de ácido gálico; DIVMS: digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EEM=error estándar de la diferencia entre medias.

Tabla 3. Producción de gas, CH₄, CO₂, pH, ácidos grasos volátiles y nitrógeno amoniacal de las fermentaciones *in vitro*

	Formulación sin procesar	Formulación peletizada	Heno de alfalfa	EEM
PG (ml/200mg)	49.5±0.69a	50.5±2.14a	50.53±3.15a	2.23
CH ₄ (ml/200mg)	10.2±0.17a	10.27±0.32a	10.7±0.64a	0.42
CO ₂ (ml/200mg)	39.3±0.52a	41.87±1.07a	39.83±2.51a	1.60
CO ₂ :CH ₄	3.87±0.03b	4.07±0.03a	3.7±0.01c	0.002
pH	7.22±0.01a	7.22±0.02a	7.16±0.03a	0.001
AGV TOTAL (mM)	224.7±11.28c	313.85±14.70b	471.19±16.78a	14.43
%AC	57.13±1.66b	58.76±1.37b	68.58±0.10a	1.25
%PRO	36.29±1.77a	36.17±1.85a	25.15±0.64b	1.52
%BUT	6.16±0.31a	4.66±0.64a	5.75±0.76a	0.60
AC:PRO	1.59±0.12b	1.64±0.12b	2.73±0.6a	0.10
N-NH ₃ (mg/dL)	12.53±1.38a	13.73±1.08a	9.8±1.37a	1.29

CO₂:CH₄=relación de ml de dióxido de carbono por ml de metano; AGV TOTAL= total de ácidos grasos volátiles; AC:PRO=relación acetato:propionato; EEM=Error estándar de la diferencia entre medias.

A pesar de que no hubo diferencia significativa entre las producciones de gas, la formulación propuesta presentó un mayor valor en la relación CO₂:CH₄ lo que indica una disminución de la proporción de metano producido. Adicionalmente, una mayor relación AC:PRO es indicativo de mejor eficiencia de la dieta con menores pérdidas energéticas al favorecerse la ruta del propionato, esto implica la captación de iones hidrógeno para la síntesis de ácido propiónico y no para la síntesis de metano (Carmona *et al.*, 2005. Esto también podría asociarse con un mayor porcentaje de carbohidratos no fibrosos en la formulación en comparación con el heno de alfalfa (Yanti y Yoyota,

2017); además, un mayor contenido de proteína mejora el balance ruminal e incrementa la eficiencia de transformación del amoníaco en proteína microbiana, lo que implicaría menores costos energéticos por pérdidas de compuestos como el metano (Galindo- Blanco *et al.*; 2018).

CONCLUSIONES

La formulación propuesta representa una alternativa para un concentrado proteico de menor costo al incluir ingredientes altamente disponibles como son el huizache y el bagazo de agave con potencial para incrementar la eficiencia de la dieta y reducir de las emisiones de metano. El peletizado mostró tener efectos mínimos en las propiedades del alimento por lo que se considera un método adecuado para facilitar su manejo y aceptabilidad.

LITERATURA CITADA

- ANKOM. 2018. RF Gas production system operator's manual. ANKOM Technology, USA.
- ANKOM. 2020. Fiber analyzer operator's manual. ANKOM Technology, USA.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2010. Official method of Analysis. 18th Ed 3 rd Revision. Washington DC, USA. Association of Officiating Analytical Chemists. 2590 p. ISBN: 9780935584820
- Araiza-Rosales E; Pámanes-Carrasco G; Sánchez-Arroyo J; Herrera-Torres E; Rosales-Castro M; Carrete-Carreón F. 2022. Caracterización nutricional y producción de gas de especies vegetales con potencial alimenticio para la alimentación de rumiantes. Revista MVZ Córdoba 27(2):e2142.
- Cabrera-Núñez, A.; Lammoglia-Villagomez, M.; Alarcón-Pulido, S.; Martínez-Sánchez, C.; Rojas-Ronquillo, R.; Velázquez-Jiménez, S. 2021. Fodder trees and shrubs used to feed cattle in northern Veracruz, Mexico. *Abanico vet* 9:1-12.
- Carmona, J.; Bolívar, D.M.; Giraldo, L.A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev Col Cienc Pec.* 18(1):49-63.
- Delgadillo Ruíz L.; Bañuelos Valenzuela R.; Esparza Ibarra, E. L.; Gutiérrez Bañuelos H.; Cabral Arellano, F. J.; Muro Reyes, A. 2018. Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas.* 11:2099–2103.
- Galindo-Blanco, J.; Rodríguez-García, I.; González-Ibarra, N.; García-López, R.; Herrera-Villafranca, M. 2018. Sistema silvopastoril con *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray: efecto en la población microbiana ruminal de vacas- Pastos y Forrajes 41(4):273-280.
- Heimler, D.; Vignolini, P.; Dini, M. G.; Romani, A. 2005. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(8): 3053–3056.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). 2018. Sexta comunicación nacional y segundo reporte bienal de actualización ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Secretaría del Medio ambiente y recursos naturales. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. México.
- Murillo-Ortiz, M.; Herrera-Torres, E.; Paez-Lerma, J.; Ruiz, Ó.; Corral-Luna, A.; Pámanes-Carrasco, G. 2019. Digestive and Fermentative Dynamics in Steers Supplemented with Multi-nutrients Blocks Containing Fermented *Opuntia ficus-indica*. *Animal Nutrition and Feed Technology* 19: 395-404.
- Nguyen, D.V. ; Vu, C.C.; Nguyen, T.V. 2020. The Current Utilisation and Possible Treatments of Rice Straw as Ruminant Feed in Vietnam: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition* 19(3): 91-104.
- Pámanes-Carrasco, G.; Murillo-Ortiz, M.; Herrera-Torres, E.; Reyes-Jáquez, D. 2019. Climate Change mitigation in Livestock Production: Nonconventional Feedstuffs and Alternative Additives. In: *Livestock Health and Farming*; M. Abubakar (Ed.). Intechopen publishers. London, UK.
- Ruacho-González, L.; López-Enríquez, I.L.; Acosta- Hernández, A. C.; Retana-Rentería, F.I. 2017. Las leguminosas (familia Fabaceae). En: *La biodiversidad en Durango. Estudio de Estado.* Hernández, P.; Sánchez-Galván, J.; Valero-Padilla, J.; Melgarejo, E.; Nájera-Cordero, K.; Cruz-Medina, J.; López-Higareda, D. (Eds.). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. pp. 357-364. IBSN: 987-607-8328-95-6.
- Reyes-Jáquez D.; Vargas-Rodríguez J.; Delgado-Licon E.; Rodríguez-Miranda J.; Araiza-Rosales E.E.; Andrade-González I.; Solís-Soto A.; Medrano-Roldan, H. 2011. Optimization of the Extrusion Process Temperature and Moisture Content on the Functional Properties and in vitro Digestibility of Bovine Cattle Feed Made out of Waste Bean Flour. *J Anim Sci Adv.* 1(2):100-110.
- Yanti, Y.; Yayota, M. 2017. Agricultural by-products as feed for ruminants in tropical area: nutritive value and mitigating methane emission. *Reviews in Agricultural Science* 5: 65-76.

PLUMAS DE CERCETA ALAS VERDES (*Anas crecca*): INDICADORAS DE CONTAMINACIÓN POR METALES EN EL AMBIENTE FEATHERS OF GREEN-WINGED TEAL (*Anas crecca*): INDICATORS OF METAL POLLUTION IN THE ENVIRONMENT

Andrea Vargas Duarte¹, Martín E. Pereda Solís^{1*}, Manuel A. Salazar Borunda¹, Genaro Olmos Oropeza², Daniel Sierra Franco¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, ² Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí

Autor por correspondencia: mepereda@ujed.mx

RESUMEN

En este estudio, se evaluaron las concentraciones de elementos inorgánicos en las plumas de la cerceta alas verdes (*Anas crecca*) como indicadores de contaminación ambiental. Las plumas son herramientas no invasivas y efectivas para medir la presencia de metales y metaloides en las aves, proporcionando información sobre la exposición a estos contaminantes. La investigación se realizó en la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre "Los Álamos", un humedal en Durango. Se recolectaron plumas de 15 individuos durante el invierno 2021-2022, y se analizaron las concentraciones de Zn, Pb, Cu, Cr, As, Ni y Hg. Los resultados revelaron que las concentraciones más altas correspondieron a Cr, Cu y Ni, mientras que las concentraciones más bajas fueron de Hg, Zn y Pb. Estas concentraciones se compararon con estudios previos en aves acuáticas, y se encontraron similitudes en los patrones de acumulación de elementos. Lo anterior indica que las plumas podrían servir como indicadoras de contaminación por metales y metaloides. Las concentraciones detectadas no indicaron riesgo inmediato para la salud de las aves en el sitio de estudio.

Palabras clave: Aves acuáticas, Biomarcadores de exposición, metales pesados, análisis de elementos inorgánicos

ABSTRACT

In this study, the concentrations of inorganic elements in the feathers of green-winged teals (*Anas crecca*) were evaluated as indicators of environmental contamination. Feathers serve as non-invasive and effective tools for assessing the presence of metals and metalloids in birds, providing insights into their exposure to these pollutants. The research was conducted at "Los Álamos" Wildlife Management Unit, a wetland in Durango. Feathers were collected from 15 individuals during the winter of 2021-2022, and concentrations of Zn, Pb, Cu, Cr, As, Ni, and Hg were analyzed. The results revealed higher concentrations for Cr, Cu, and Ni, whereas Hg, Zn, and Pb exhibited lower concentrations. These concentrations were compared with previous studies in aquatic birds, showing similarities in element accumulation patterns. This suggests that feathers could serve as indicators of metal and metalloid contamination. The detected concentrations did not indicate immediate health risks to the birds at the study site.

Keywords: Feather of birds, exposure biomarkers, heavy metals, inorganic element analysis

INTRODUCCIÓN

Las aves tienen un valor significativo como bioindicadoras de contaminación ambiental, gracias a su amplia distribución en diversos medios (suelo, agua, aire), su posición en las cadenas tróficas y su sensibilidad a las alteraciones atmosféricas (González *et al.*, 2018). Existen diversas técnicas empleadas en el biomonitoreo de contaminantes; sin embargo, muchas de estas son invasivas y letales, ya que implican la extracción de diferentes tejidos de las aves, como el hígado y el riñón.

Esto se debe a que muchos de los metales son lipofílicos y tienden a acumularse en estos órganos. Además, es posible utilizar vísceras, sangre, músculos y huesos en este proceso (Burger y Gochfeld, 2004; Nam *et al.*, 2005). En líneas generales, los biomarcadores son modificaciones celulares, bioquímicas o moleculares, que se pueden medir en tejidos, células o fluidos. Un biomarcador de exposición indica la presencia de una sustancia exógena, un metabolito o el resultado de la interacción entre una sustancia contaminante y una molécula o célula específica. Un ejemplo de este tipo de biomarcador podría ser la cuantificación de los niveles de metales o metaloides en el tejido hepático o en las plumas (Mayeux, 2004). Es altamente beneficioso utilizar las plumas como biomarcadores de exposición a metales y metaloides debido a que cuando estos elementos circulan en la sangre, se adhieren a las proteínas presentes en las plumas (Dauwe *et al.*, 2003) y de esta manera, se acumulan a lo largo del proceso de desarrollo y crecimiento de estas (Lodeni y Solonen, 2013). En el interior de la pluma, los metales se unen a las metalotioneínas y quedan inmovilizados. Una vez que cesa el crecimiento de la pluma, esta se sella y deja de interactuar con la fisiología del ave, lo que refleja los niveles de metales acumulados durante su período de crecimiento o muda (Dauwe *et al.*, 2003; Nam *et al.*, 2005; Burger *et al.*, 2008). El objetivo de este estudio consistió en emplear las plumas de cerceta alas verdes (*Anas crecca*) como indicadoras de la contaminación por elementos inorgánicos, y evaluar si las concentraciones detectadas representan un riesgo para la salud de estas aves.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se llevó a cabo en enero de 2022 en la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) “Los Álamos” (SEMARNAT-UMA EX-0097-DGO), ubicada en un humedal palustre en la porción sur del complejo de humedales de Málaga (24.097°N, -104.507°W). Esta UMA abarca una extensión de 275 hectáreas y recibe el agua residual proveniente de la planta de tratamiento del estado de Durango, además de albergar prácticas de ganadería extensiva.

Colecta de aves. Con el fin de obtener las plumas de cerceta alas verdes, se recolectaron un total de 15 ejemplares adultos (4 hembras y 11 machos) durante la temporada de cacería 2021-2022. En este proceso, contamos con la colaboración de los prestadores de servicios de la UMA, quienes trabajaron junto con los cazadores para llevar a cabo la colecta.

Toma y procesamiento de muestras. Se recopilaron muestras de las plumas P9 y P10 del ala izquierda de 15 cercetas de alas verdes. Estas plumas se guardaron en sobres de papel etiquetados para transportarse al laboratorio de la FMVZ-UJED. En dicho laboratorio, se limpiaron con una solución de agua desionizada y detergente al 1 % (Triton X-100, CAS 9002-93-1 Biopharm); se pesaron en estado fresco y posteriormente se deshidrataron en una estufa (35–45°C, 48 h). Una vez deshidratadas, las plumas se empaquetaron y se enviaron al Instituto de Ecología, Pesquerías y Oceanografía del Golfo de México (EPOMEX) de la Universidad Autónoma de Campeche para analizarse para determinar Zn, Pb, Cu, Cr, As, Ni y Hg por voltamperometría (analizador 797 VA, Computrace de Metrohm).

Análisis estadístico. Para calcular los estadísticos descriptivos (promedio, DE, valor mínimo y valor máximo) de las concentraciones de los metales y metaloides se utilizó el software Minitab 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Las concentraciones de elementos inorgánicos obtenidas en las plumas de las aves recolectadas se presentan en el Cuadro 1. Los valores se expresan como mg/kg en base seca (BS). Los elementos inorgánicos se observaron en orden decreciente como sigue: Cr > Cu > Ni > As > Hg > Zn > Pb. Esto indica que los elementos con mayor concentración son cromo, cobre y níquel, mientras que mercurio, zinc y plomo presentan concentraciones más bajas. Esta observación coincide con un estudio previo (González *et al.*, 2018) realizado en plumas de aves acuáticas (*Ardea alba*, *Egretta thula* y *Nycticorax nycticorax*), en el cual el cromo también fue el elemento con mayor concentración.

Cuadro 1. Concentración de elementos inorgánicos en plumas de cercetas alas verdes (*Anas crecca*) capturadas en la UMA “Los Álamos” durante el invierno 2021-2022 (mg/kg base seca, n = 15)

Elemento	Promedio	DE	Mínimo	Máximo
Zn	1.38	0.29	0.71	1.86
Pb	0.70	0.29	0.33	1.57
Cu	21.76	7.20	3.85	31.51
Cr	24.99	23.19	0.00	75.81
As	4.26	3.80	0.11	10.45
Ni	14.49	13.79	0.32	48.72
Hg	3.42	12.80	0.00	49.68

Zn.-El Zn es un elemento esencial debido a su importancia en diversos procesos fisiológicos, como la síntesis del ADN y la cicatrización de heridas (Tate *et al.*, 1999). Debido a esto, puede presentarse en concentraciones más elevadas en comparación con otros metales y metaloides (Pereda-Solis *et al.*, 2012). Sin embargo, niveles elevados de Zn pueden resultar en efectos tóxicos (Zare y Ebadi, 2005). En el contexto de esta investigación, la concentración de Zn se asemejó a la de los elementos As, Hg y Pb, con un promedio de 1.38 mg/kg. Este valor es comparable al reportado por Pandiyan *et al.*, (2020) en diversas aves playeras, como *Numenius arquata* (1.4 mg/kg), *Charadrius alexandrinus* (1.5 mg/kg) y *Mycteria leucocephala* (1.5 mg/kg).

Pb.- La concentración de plomo (0.70 mg/kg) fue la más baja en comparación con los otros metales analizados en este estudio. Es importante señalar que las concentraciones de Pb encontradas en las aves de este estudio son inferiores a 1 mg/kg, ya que concentraciones de 1.5 mg/kg de Pb en plumas se consideran indicativas de exposición a este metal (Cardiel *et al.*, 2011) y valores de 4 mg/kg de Pb en plumas podrían estar asociados con trastornos del comportamiento, termorregulación, locomoción, así como una disminución en la supervivencia de los pichones y la posibilidad de anemia hemolítica (Lucia *et al.*, 2010; Tshipoura *et al.*, 2011).

Cu. - El cobre se considera un elemento esencial y vital para todos los organismos vivos. Su función es significativa en los mecanismos celulares y las funciones de las proteínas (Janssens *et al.*, 2002). Niveles elevados de Cu podrían alterar las funciones renales y dañar el sistema reproductivo (Burger y Gochfeld, 2000). La presencia de Cu en el medio ambiente proviene de diversas industrias, fábricas, prácticas agrícolas, y vertido de residuos. La concentración encontrada en nuestro estudio (21.76 mg/kg) fue aproximadamente similar a la reportada por González *et al.*, (2018) en *N. nycticorax* (12.6 – 21.3 mg/kg), *A. alba* (20.5 – 27.8 mg/kg) y *E. thula* (14.3 – 34.6 mg/kg).

Cr.- El Cromo se utiliza en aleaciones, catalizadores, pigmentos y preservador de la madera. Se libera al medio ambiente a través de aguas residuales y fertilizantes. Puede estar presente en su forma hexavalente o trivalente. El cromo hexavalente es carcinogénico y es el más tóxico de los dos (Newman y Unger, 2003). El valor promedio de Cr en las plumas (24.99 mg/kg) en nuestra investigación resultó aproximado a los obtenidos por Abdullah *et al.*, (2015) en plumas de *Bubulcus ibis* (19 – 21.1 mg/kg) y a los obtenidos por González *et al.*, (2018) en *A. alba* (29.8 – 99.2 mg/kg), *E. thula* (18.7 – 33.9 mg/kg) y *N. nycticorax* (16.8 – 61.5 mg/kg).

As.- En los ecosistemas acuáticos, como lagos y ríos, es posible encontrar valores elevados debido a la presencia de subproductos de fuentes industriales y otras actividades antropogénicas, tales como la minería, la quema de combustibles fósiles, el uso de insecticidas, pigmentos y pesticidas (Bose *et al.*, 2011). La concentración de arsénico en la flora, fauna terrestre y aves suele ser generalmente inferior a 1 mg/kg de base húmeda (BH) (Eisler, 1994). La concentración de As (4.26 mg/kg) resultó menor que las reportadas por González *et al.*, (2018) en *A. alba* (5.9 – 8.2 mg/kg), *E. thula* (7.7 – 9.4) y *N. nycticorax* (8.2 – 9.3 mg/kg). Sin embargo, el promedio obtenido en nuestro estudio es mayor al reportado por Padula *et al.*, (2010) en la especie *N. nycticorax* (0.114 - 0.467 mg/kg) en tres sitios aparentemente con una menor contaminación.

Ni. - El Níquel es un elemento no esencial para los organismos, pero puede tener efectos adversos en la salud cuando se encuentra en niveles elevados. Aunque no hay evidencia suficiente sobre su impacto en las aves, hay un estudio que informa que la acumulación elevada de níquel puede provocar la pigmentación de las plumas de las aves. Además, se menciona que el níquel se excreta a través de las plumas durante la muda (Pandiyan *et al.*, 2020). En el estudio actual, se encontró una concentración de Ni de 14.49 mg/kg, con valores extremos que alcanzan hasta 48.72 mg/kg. El promedio es similar a lo que Pandiyan *et al.*, (2020) encontraron en diversas aves playeras, como *Calidris minuta* (15.2 mg/kg) y *Calidris alpina* (19.05 mg/kg).

Hg. - El mercurio es un metal pesado biológicamente no esencial, que puede manifestarse en forma orgánica o inorgánica, cada una con distintos niveles de toxicidad. Entre estas formas, el metilmercurio destaca como una de las más estables y tóxicas para la vida silvestre. Esto se debe a su capacidad de absorberse fácilmente a través de la dieta, lo que posteriormente ataca el sistema nervioso (Thompson, 1996). En este estudio, se observó un promedio de concentración de Hg de 3.42 mg/kg, lo cual supera las cifras reportadas por González *et al.*, (2018) en especies como *A. alba* (0.72 – 1.24 mg/kg), *E. thula* (1.78 – 2.22 mg/kg) y *N. nycticorax* (0.68 – 0.9 mg/kg). Además, se identificaron significativamente más elevados que el promedio, llegando a alcanzar hasta 49.68 mg/kg. Estos valores elevados podrían indicar cierto nivel de exposición a este elemento tóxico.

CONCLUSIONES

Se determinaron las concentraciones de Zn, Pb, Cu, Cr, As, Ni y Hg en plumas de cercetas de alas verdes (*A. crecca*). Esto indica que las plumas podrían servir como indicadoras de contaminación por metales y metaloides. El uso de plumas de aves tiene la ventaja de ser un método no invasivo ni letal para medir la presencia de estos elementos. Las concentraciones encontradas en este trabajo sugieren que no existe riesgo de salud en las poblaciones de las cercetas de alas verdes que pasan el invierno en el área de estudio.

LITERATURA CITADA

- Abdullah M.; M. Fasola; A. Muhammad; S.A. Malik; N. Bostan; H. Bokhari; S.A. Eqani. 2015. Avian feathers as a non-destructive bio-monitoring tool of trace metals signatures: A case study from severely contaminated areas. *Chemosphere* 119:553-561.
- Bose, U.; M. Rahman; M. Alamgir. 2011. Arsenic toxicity and speciation analysis in ground water samples: A review some techniques. *Int. J. Chem. Technol.*, 3:14-25.

- Burger, J.; M. Gochfeld. 2000. Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean. *Sci. Total Environ.* 257, 37–52. Burger J. and M. Gochfeld M. 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth* 1 (3), 263-274.
- Burger J.; M. Gochfeld. 2004. Marine birds as sentinels of environmental pollution. *EcoHealth* 1 (3), 263-274.
- Burger J.; M. Gochfeld, K. Sullivan; D. Irons; A. McKnight. 2008. Arsenic, cadmium, chromium, lead, manganese, mercury, and selenium in feathers of Black-legged Kittiwake (*Rissa tridactyla*) and Black Oystercatcher (*Haematopus bachmani*) from Prince William Sound, Alaska. *Sci. Total Environ.* 398 (1).
- Cardiel I.E.; M.A. Taggart; R. Mateo. 2011. Using Pb–Al ratios to discriminate between internal and external deposition of Pb in feathers. *Ecotox. Environ. Safe.* 74 (4), 911-917.
- Dauwe T.; Bervoets L.; Pinxten R.; Blust R.; Eens M. 2003. Variation of heavy metals within and among feathers of birds of prey: Effects of molt and external contamination. *Environ. Pollut.* 124 (3), 429-436.
- Eisler, R. 1994. A review of Arsenic hazards to plants and animals with emphasis on fishery and wildlife resources. In: *Arsenic in the environment, Part II: Human health and ecosystems effects*, Nriagu, J.O. and M.S. Simmons (Eds.). Wiley, New York, pp:185-259.
- González, D.; D. Alvarez bernal; M. Mora; H.R. Buelna-Osben; J.R. Ruela-insunza. 2018. Biomonitorio de metales pesados en plumas de aves acuáticas residentes del lago de Chapala, Mexico. *Rec. Int. Contam. Ambie.* 34(2):215-224.
- Janssens, E.; T. Dauwe; L. Bervoets; M. Eens. 2002. Inter and intraclutch variability in heavy metals in feathers of Great tit nestlings (*Parus major*) along a pollution gradient. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 43, 323–329 (2002).
- Lodenius, M.; T. Solonen. 2013. The use of feathers of birds of prey as indicators of metal pollution. *Ecotoxicology.* 22:1319-1334.
- Lucia, M.; J.M. André; K. Gontier; N. Diot; J.Y. Veiga; S. Davai. 2010. Trace element concentrations (mercury, cadmium, copper, zinc, lead, aluminium, nickel, arsenic, and selenium) in some aquatic birds of the Southwest Atlantic Coast of France. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58(3), 844-853.
- Mayeux, R. 2004. Biomarkers: Potential Uses and Limitations. *The Journal of the American Society for Experimental NeuroTherapeutics* 1(2):182-188.
- Nam, D.H.; Y. Anan; T. Ikemoto; Y. Okabe; E.Y. Kim; A. Subramanian; S. Tanabe. 2005. Specific accumulation of 20 trace elements in great cormorants (*Phalacrocorax carbo*) from Japan. *Environ. Pollut.* 134 (3), 503-514.
- Newman, M.C.; M.A. Unger. 2003. *Fundamentals of ecotoxicology*. Lewis Publishers. U.S.A. pp: 120-125.
- Padula, V.; J. Burguer; S.H. Newman; S. Elbin; C. Jeitner. 2010. Metals in feathers of black-crowned night-heron (*Nycticorax nycticorax*) chicks from the New York Harbor Estuary. *Arc Environ Contam Toxicol.* 59:157-165.
- Pandiyani, J.; R. Jagadheesan; G. Karthikeyan; S. Mahboob; K.A. Al-Ghanim; F. Al-Misned; Z. Ahmed; K. Krishnappa; K. Elumalai; M. Govindarajan. 2020. Probing of heavy metals in the feathers of shorebirds of Central Asian Flyway wintering grounds. *Sci Rep* 10, 22118.
- Pereda-Solis, M.E.; J.H. Martinez-Guerrero; J.A. Toca-Ramirez. 2012. Detection of Zinc, Lead, Cadmium and Arsenic in Dabbling Ducks from Durango, Mexico. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances* 7(8):761-766.
- Tate, D.J.; M.V. Miceli; D.A. Newsome. 1999. Zinc protects against oxidative damage in cultured human retinal pigment epithelial cells. *Free Radic. Bio. Med.*, 26:704-713.
- Thompson, D.R. 1996. Mercury in birds and terrestrial mammals. In W.H. Beyer, G.H. Heinz and A.W. Redmond-Norwood (eds). *Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations*, pp. 341–356. Boca Raton, FL: Lewis Publishers.
- Tsipoura, N.; J. Burger; M. Newhouse; C. Jeitner; M. Gochfeld; D. Mizrahi. 2011. Lead, mercury, cadmium, chromium, and arsenic levels in eggs, feathers, and tissues of Canada geese of the New Jersey Meadowlands. *Environ. Res.* 111(6):775-784.
- Zare, S.; A.G. Ebadi. 2005. Measurement of heavy metals in fish from the tajan river. *Pak. J. Biol. Sci.*, 8: 1460-1462.

SUPLEMENTACIÓN EN BECERROS POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO SUBHÚMEDO

SUPPLEMENTATION IN POSTWEANING CALVES UNDER GRAZING CONDITIONS IN THE SUBHUMID TROPICS

Joel Ventura Ríos^{1*}, Karina Abigail Quiñones Cortes¹, Mario Alberto Santiago Ortega², María Fernanda Martínez Hernández³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.

²Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin" Km 4.5 carretera Tzucacab – Escondido Tzucacab, Yucatán, México. C. P. 97960.

³Maestría en Ciencias, Sistemas Agropecuarios y Medio Ambiente, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

Autor por correspondencia: joelventur@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de becerros postdestete en condiciones de pastoreo. Se evaluaron 3 tratamientos (n=4), se estudiaron 12 machos Brangus x Brahman durante 91 días. Las variables evaluadas fueron: ganancia de peso (GDP) y peso vivo (PV), las cuales fueron analizadas mediante un análisis de varianza y comparadas con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), usando el programa SAS. La ganancia diaria de peso vivo (GDPV) tuvo mejor comportamiento en el T2 ($p<0.05$) en comparación con T0 en el día 42 y 56 de muestreo, sin embargo, fue similar al T1. El T2 supero en 15% al grupo testigo ($p<0.05$) en el comportamiento del peso vivo (P.V.) en el día 84 de muestreo. La suplementación de becerros postdestete al 1.0% de su PV mejora la GDP y el PVF. El costo del tratamiento 2 fue mejor.

Palabras clave: peso vivo, ganancia de peso, praderas, becerros.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the productive performance of postweaning calves under grazing conditions. 3 treatments (n=4) were evaluated, 12 Brangus x Brahman males were studied for 91 days. The variables evaluated were: weight gain (GDP) and live weight (LW), which were analyzed through an analysis of variance and compared with the Tukey test ($\alpha=0.05$), using the SAS program. Daily live weight gain (GDPV) had a better behavior in T2 ($p<0.05$) compared to T0 on days 42 and 56 of sampling, however, it was similar to T1. The T2 exceeded the control group by 15% ($p<0.05$) in the behavior of live weight (LW) on day 84 of sampling. The supplementation of postweaning calves at 1.0% of their LW improves ADG and LSP. The cost of treatment 2 was better.

Keywords: live weight, weight gain, pastures, calves.

INTRODUCCIÓN

El consumo de forraje del ganado en pastoreo está regulado por el proceso de cosecha y es uno de los más importantes para determinar el desempeño del animal (Da Silva *et al.*, 2013). La estructura de la pradera de pastos tropicales afecta la eficiencia de cosecha del forraje por parte del ganado en pastoreo y podría tener un impacto en el consumo de forraje tan grande como en el llenado del rumen (Van Soest *et al.*, 1991). Las condiciones favorables del trópico mexicano, permiten producir una adecuada cantidad de forraje por unidad de área para consumo animal, por lo que, la zona tropical es la principal productora de ganado bovino para consumo nacional y exportación, lo que representa el 45% del total de cabezas de bovinos en el país, aproximadamente 15.4 millones, predominando las razas cebuinas y sus cruzas con ganado *Bos taurus* (SIAP, 2019). En los sistemas tropicales de México, las praderas se forman de monocultivos de gramíneas forrajeras, básicamente, predominando los pastos del género *Urochloa* y *Megathyrus*, sin embargo, esta fuente alimenticia no cumple los requerimientos del animal y en consecuencia la productividad es baja cuando los animales no son suplementados (Da Silva *et al.*, 2013). El objetivo del presente experimento fue evaluar el desempeño de becerros en condiciones de pastoreo suplementadas con un concentrado con base a su peso vivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin” propiedad de Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA), ubicado en el municipio de Tzucacab localizado en la región sur del estado de Yucatán, (19° 38’ y 20° 09’ LN y 88° 59’ y 89° 14’ LO); a 36 m de elevación, la zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y con una mínima precipitación en invierno. Las temperaturas ambientales y precipitaciones registradas se obtuvieron de la estación meteorológica del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin”, Yucatán, México. La temperatura máxima fue de 33.1 °C, mientras que la mínima fue de 18.1 °C. La precipitación acumulada fue de 626.1 mm (Figura 1). El experimento inicio el 16 de junio y culminó el 15 de septiembre del 2021. Se utilizaron 12 becerros Brangus x Brahman, destetadas de 7 a 9 meses de edad. Los animales tuvieron acceso libre a agua limpia y fresca durante el desarrollo experimental. Cada becerro fue pesado, se asignaron aleatoriamente a tres grupos experimentales (n=4). Grupo testigo (T0): peso vivo inicial promedio de 222.1 kg; solo se ofreció minerales (200 g d⁻¹ animal). Tratamiento 1(T1): peso vivo inicial promedio de 220.6 kg; recibieron 0.5% de concentrado en base a su P.V. Tratamiento 2 (T2): peso vivo inicial promedio de 218.5 kg; recibieron 1.0% de concentrado en base a su P.V. Cada grupo experimental, fue alojado a un potrero, en donde la alimentación estuvo basada en un sistema en pastoreo extensivo rotacional en potreros de pasto Mombasa (*Megathyrus maximus*), Mestizo blend (*Urochloa* híbridos CIAT 36087, CIAT BR02/0465, CIAT BR02/1794) y el concentrado utilizado fue el siguiente; maíz molido (73.8%), pasta de canola (18%), melaza (4.9%), minerales (3.3%), ajustando los requerimientos en bases a la normas del N.R.C. (2021) para animales en crecimiento, Materia Seca (87.7%), Proteína Total (13.1%) y Energía Metabolizable (2.76 Mcal kg MS⁻¹). Los minerales utilizados para este experimento fueron elaborados para bovinos en crecimiento (Organic mix production; Biotecap). Cada 8 días, cada grupo experimental era rotado a un nuevo potrero y se pesaban cada 14 días para monitorear la ganancia de peso vivo y ajustar la oferta de concentrado, el pesaje se monitoreaba en una báscula de piso adaptada para animales, con una precisión de ± 0.5 kg. La oferta del concentrado fue durante la mañana (8:00 a.m.) durante 91 días. Las variables evaluadas fueron, ganancia diaria de peso y peso vivo, con ayuda de una hoja de cálculo de Excel se estimaron los costos de producción del día 14 de junio del 2021 en el estado de Yucatán, México. Se realizó un análisis descriptivo en función de los machos y se probó el efecto

de la suplementación en las variables GDP y PV mediante un ANOVA. Las medias fueron comparadas mediante una prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), usando el programa SAS-PC System ® Versión 9.4 para Windows.

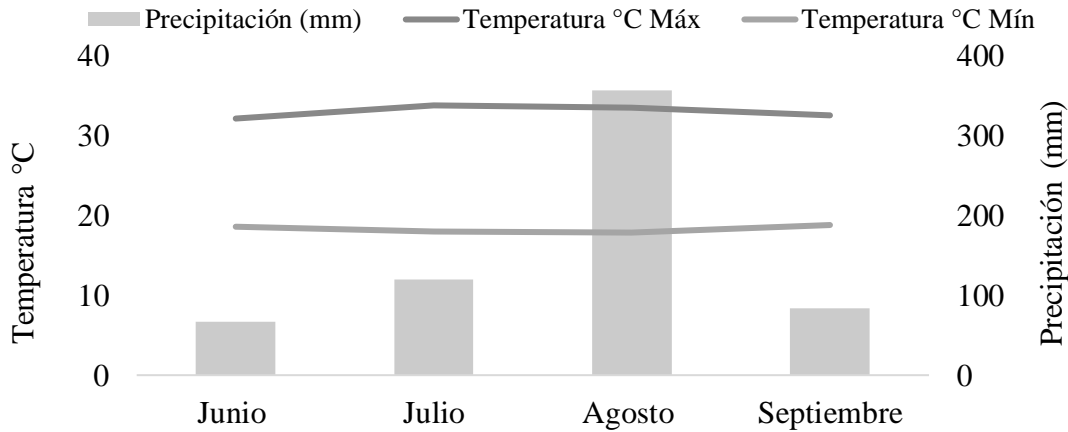


Figura 1. Temperatura y precipitación acumulada durante el periodo experimental

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ganancia diaria de peso a los 42 y 56 días de muestreo fue mayor en el T2 ($p<0.05$) en comparación con el T0, sin embargo, fue similar al T1 ($p>0.05$; Cuadro 1). Durante el experimento, en promedio la ganancia diaria de peso fue de 0.830 kg d^{-1} para el tratamiento 2, mientras que para el tratamiento 1 y testigo fue de 0.656 y 0.386 kg d^{-1} , respectivamente. Al respecto, Nolasco *et al.* (2023) reportaron ganancias diarias de peso de 0.777 kg d^{-1} en un período de 91 días en becerras en pastoreo en clima cálido subhúmedo que consumieron el 1.0% de concentrado en base a su peso vivo, mientras que los animales que consumieron solamente minerales (200 g d^{-1} animal) ganaron 0.397 kg d^{-1} . En otras investigaciones (Graillet *et al.*, 2017), se han reportado ganancias menores a 500 kg d^{-1} , en periodos similares a del presente estudio. El desarrollo de becerros en condiciones de pastoreo sin suplementación, no es suficiente para incrementar la GDPV (Núñez *et al.*, 2005), debido a la variación en su composición química de los forrajes tropicales, los cuales se modifican a medida que incrementa su etapa fenológica (Ventura *et al.*, 2023). Por otro lado, el bajo aporte nutricional de los forrajes sobre todo en época de seca, incrementa la estancia en los potreros, limitando el desarrollo y crecimiento de los animales, así como los costos de producción (Núñez *et al.*, 2005). El tratamiento 2 fue mayor en 15% (equivalente a 37.5 kg de P.V. ; $p<0.05$), mientras que el tratamiento 1 presentó incremento del 9% (equivalente a 22.7 kg de P.V. ; $p<0.05$) a los 84 días después de iniciado el experimento, con respecto al grupo testigo (Cuadro 2). Los costos de producción fueron de 18.4 y 24.6 pesos/M.N. por kg de P.V., para el tratamiento 1 y 2 respectivamente, mientras que para el grupo testigo fue de 4.3 pesos/M.N.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Ganancia diaria de peso (kg d⁻¹ anim⁻¹) de becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales

Días	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Pr>F Trat
14	0.625 ABa	0.919 ABa	0.687 ABa	0.537
28	0.357 ABa	0.589 ABa	0.848 ABa	0.100
42	-0.357 Bb	0.214 Bab	0.750 ABa	0.015
56	0.687 ABb	1.151 Aab	1.232 Aa	0.025
70	-0.294 Ba	0.428 ABa	0.303 Ba	0.083
84	1.151 Aa	0.464 ABb	1.151 Aa	0.015
91	0.533 ABa	0.829 ABa	0.839 ABa	0.878
Promedio	0.386	0.656	0.830	
Pr>F Trat	0.012	0.010	0.033	

^{ABCDEF}. Distintas literales indican diferencia ($p < 0.05$) entre las medias de las hileras.

^{ab} Distintas literales indican diferencia ($p < 0.05$) entre las medias de las columnas.

Cuadro 2. Comportamiento del peso vivo (kg d⁻¹ anim⁻¹) de becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales

Días	Testigo	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Pr>F Trat
0	222.1 Da	220.6 Ea	218.5 Ea	0.895
14	230.8 CDa	233.5 Da	228.1 Ea	0.868
28	235.8 BCa	241.7 Da	240.0 Da	0.820
42	230.8 CDa	244.7 Da	250.5 Ca	0.239
56	240.5 Ba	260.8 Ca	267.7 Ba	0.079
70	236.3 BCa	266.8 BCa	272.0 Ba	0.050
84	250.6 Ab	273.3 ABab	288.1 Aa	0.049
91	254.3 Aa	282.8 Aa	294.0 Aa	0.081
Pr>F	<.0001	<.0001	<.0001	

^{ABCDEF}. Distintas literales indican diferencia ($p < 0.05$) entre las medias de las hileras.

^{ab} Distintas literales indican diferencia ($p < 0.05$) entre las medias de las columnas.

CONCLUSIÓN

Para las condiciones de nuestro estudio, el ofrecer una suplementación del 1% con base al peso vivo de los becerros, mejora la ganancia diaria de peso y favorece el manejo de las praderas.

LITERATURA CITADA

- Da Silva, S. C.; A. M. F. Gimenes; L. O. D. Sarmento; F. A. Sbrissia; E. D. Oliveira; A. Hernández-Garay; V. A. Pires. 2013. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *J. of Agri. Sci.* 151: 727–739. <https://doi.org/10.1017/S0021859612000858>.
- Graillet, J. E. M.; R. R. J. Arieta; G. M. C. Aguilar; G. L. C. Alvarado; N. R. Orozco. 2017. Ganancia de peso diario en toretes de iniciación en pastoreo suplementados con bloques nutricionales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(1). <https://www.redalyc.org/pdf/636/63649684010.pdf>.
- NRC (National Research Council). 2021. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 8th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC. USA.

- Nolasco, G. G. A.; R. J. Ventura; O. M. A. Santiago; R. F. M. Peña; S. A. García. 2023. Suplementación en becerras postdestete en condiciones de pastoreo. XXVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. XLVIII Reunión Científica de la Asociación Mexicana para la Producción Animal y la Seguridad Alimentaria. (En impresión).
- Núñez, A. C.; P. E. Martínez; I. D. Rentarí. 2005. Efecto de tres suplementos proteicos sobre la ganancia de peso en becerros cebú/suízo que pastan en Zacate Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*). Revista Científica UDO Agrícola, 5(1): 103-106. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/2221637.pdf>.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT User's Guide. Release 9.3. SAS Institute Inc.: Cary, NC, USA. 564 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. Resumen nacional. Consultado en línea el 04/06/2023. http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecResumen.jsp.
- Van Soest, P. J.; B.J. Robertson; A. B. Lewis. 1991. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).
- Ventura, R. J.; G. A. R. Rojas; M. I. Barrera; S. A. García; P. M. Maldonado. 2023. Cutting frequency in cayman grass (*Urochloa hybrid*) on the calorific power of the mexican wet tropic. Agrociencia. 57(3): 1-14. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i3.2581>.

**INCLUSIÓN DE EXTRUDIDOS DE FOLLAJE DE AJO EN LA PRODUCCIÓN DE GAS
Y LA FERMENTACIÓN RUMINAL *IN VITRO*
INCLUSION OF GARLIC FOLIAGE EXTRUDES IN GAS PRODUCTION AND *IN*
VITRO RUMEN FERMENTATION**

Elizabeth Yazmin Garcia Piña¹, Gerardo Pámanes Carrasco², Esperanza Herrera Torres³, Manuel Murillo Ortiz⁴ y Francisco Oscar Carrete Carreón⁵.

¹UJED, Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales.

²UJED, Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera, Del Guadiana 501, SARH, 34104 Durango, Dgo.

³ITVG, México km 45, 34323, Villa Montemorelos, Dgo.

⁴UJED, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mezquital km 11.5, 34170, Durango, Dgo.

⁵UJED, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Mezquital km 11.5, 34170, Durango, Dgo.

Autor por correspondencia: elizabeth.garciapina14@gmail.com

RESUMEN

El crecimiento de la población en la actualidad representa cambios económicos, sociales y ambientales; los principales sectores productivos deben incrementar sus producciones para abastecer las necesidades de la población, sin embargo, se buscan alternativas para no generar competencia directa con los recursos empleando en la población y los recursos destinados a los sectores productivos. Por esto surge la necesidad de emplear de manera integral los recursos con los que se cuentan actualmente y aprovecharlos al máximo, por lo cual en esta investigación se elaboraron extrudidos con inclusión de follaje de ajo, como aditivo proteico. Durante el proceso de extrusión se obtuvieron cambios fisicoquímicos de los extrudidos, modificando parámetros como la fibra detergente neutra, el extracto etéreo y el fósforo ($p < 0.05$). Sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticas en parámetros como la producción máxima de gas, fase lag o la tasa constante de gas ($p > 0.05$).

Palabras clave: extrudidos, metano, *allium sativum*, rumiantes

ABSTRACT

Population growth today represents economic, social and environmental changes; the main productive sectors must increase their productions to supply the needs of the population, however, alternatives are sought so as not to generate direct competition with the resources used in the population and the resources destined to the productive sectors. For this reason, the need arises to fully use the resources that are currently available and make the most of them, for which in this investigation extruded were prepared with the inclusion of garlic foliage, as a protein additive. During the extrusion process, physicochemical changes of the extrudates were obtained, modifying parameters such as neutral detergent fiber, ethereal extract and phosphorus ($p < 0.05$). However, no statistical differences were obtained in parameters such as maximum gas production, lag phase or constant gas rate ($p > 0.05$).

Keywords: extrudeds, methane, *allium sativum*, ruminants

INTRODUCCIÓN

La población ha tenido un incremento exponencial a partir de 1950, alcanzando actualmente una población global de 9 millones de habitantes; la población demanda un mayor uso de recursos naturales y económicos por parte de los principales sectores productivos para abastecer las necesidades de la población (FAO, 2021). En este sentido, el sector pecuario deberá incrementar su producción actual un 60% para lograr abastecer las necesidades poblacionales; sin embargo, deberá incrementar la población animal productiva para lograr este cometido (Gerber et al., 2013).

Por otro lado, el crecimiento ganadero representa un incremento en la generación de gases de efecto invernadero (GEI) como lo son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), provenientes principalmente de la fermentación entérica ruminal propia de ganado rumiante (bovinos, ovinos, caprinos). Esta actividad económica contribuye con el 18% de las emisiones totales de GEI y con el 53% de metano del sector pecuario (Hernández-Medrano y Corona, 2018; Alayón-Gamboa *et al.*, 2018); el poder calorífico que posee el metano llega a ser hasta 86% mayor que el del dióxido de carbono (Rosentreter *et al.*, 2018). Además, la generación de este gas representa una pérdida de energía para el animal estimada de un 12 % (Araiza-Ponce *et al.*, 2021).

Lo anteriormente expuesto, ha llevado a los nutricionistas a buscar alternativas sostenibles que funcionen como forraje o aditivo en la dieta para ganado de tipo rumiante sin que represente una competencia directa para el uso de recursos disponibles para el consumo humano (White *et al.*, 2017). Así, a través de modificaciones en la dieta y mediante modificaciones en la fermentación anaerobia ruminal, se contribuye a reducir las emisiones de GEI (Butiagro *et al.*, 2018).

En este tenor, el uso potencial de subproductos agrícolas que no tienen un uso en la actualidad y aparte cuentan con importantes concentraciones de metabolitos secundarios, han sido considerados como una opción sostenible (García-Piña *et al.*, 2020). Actualmente, la producción de ajo esta destinada a la exportación del bulbo y cuenta con una producción mayor a las 75 mil toneladas, generando ingresos superiores a los 21 millones de dólares; Durango es uno de los estados que incrementaron su producción a comparación del año 2013 (SAGARPA, 2017). Sin embargo, el follaje de ajo no tiene ningún uso comercial y es considerado como un desecho de esta producción, estimando que, de la producción total de ajo, se generan más de 55 mil toneladas (Acosta-Rodríguez, 2007). De esta manera, incluir el follaje de ajo en la alimentación de bovinos como una fuente de fibra, proteína y metabolitos secundarios, podría resultar en una alternativa viable y sostenible en la alimentación de rumiantes. Además, el ajo contiene alicina, un compuesto asociado a la capacidad antimicrobiana y antimicótica del ajo; este compuesto en el rumen puede inhibir o reducir la actividad enzimática de bacterias y protozoarios (Juárez-Segovia *et al.*, 2019). De la misma manera en la que este compuesto es sintetizado en el bulbo, también puede transferirse a las hojas de la planta (Vélez-Terranova, 2014).

METODOLOGÍA

Los extrudidos se elaboraron utilizando el follaje de ajo molido como base, además de granos secos de destilería y urea (ver Tabla 1). La mezcla generó una harina la cual fue tamizada en una malla 40 y se conservó una humedad del 18 %. El proceso de extrusión se llevó a cabo en un extrusor KE19 (Brabender, Duisburg, Germany) de husillo simple y equipado con cuatro zonas de calentamiento; el proceso se programó con temperaturas de paso de 80, 90, 100 y 130 °C, respectivamente, así como una velocidad de husillo de 150 rpm. Además, se programó una velocidad de alimentación de 45 rpm y se empleó un dado de salida de 6 mm (Ortiz-Romero, 2019). Se evaluó el análisis químico de los tratamientos, comparando la mezcla antes (T1) y después del proceso de extrusión (T2). El análisis químico se presenta en la Tabla 2.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tabla 1. Composición de los extrudidos

Ingredientes	Porcentaje (%)
Follaje de Ajo	50
Granos de destilería	45
Urea	5

Tabla 2. Composición química de los tratamientos experimentales

Nutriente	T1	T2	EEM
Ceniza(%MS)	8.7±0.1 ^b	9.4±0.1 ^a	0.08
PC(%MS)	25.7±1.1	24.3±1.9	0.91
EE(%MS)	5.0±0.03 ^a	4.6±0.06 ^b	0.02
FDN(%MS)	56.9±2.1 ^a	47.1±3.001 ^b	1.50
FDA(%MS)	32.6±0.5	32.5±1.2	0.56
Lignina(%MS)	13.1±0.3	13.0±0.8	0.38
Fósforo(mg/Kg)	276.3±3.2 ^b	691.6±12.5 ^a	5.30
DIVMS(%MS)	76.5±0.4	80.3±0.1	0.98
EM (Mcal/Kg)	2.74±0.43	2.90±0.20	0.343

^{abc} Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias significativas ($p < 0.05$). MS= Materia Seca, EE= Extracto etéreo, FDN= Fibra Detergente Neutra, FDA= Fibra Detergente Ácida, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca a las 48 horas, EM= Energía metabolizable; EEM= Error estándar en la media.

Cinética de producción de gas

Se evaluó la cinética de producción de gas colocando 1 g de cada tratamiento en módulos de vidrio equipados con transductores electrónicos (ANKOM, USA) y se vertió una mezcla de soluciones amortiguadoras y líquido ruminal en una proporción 2:1, siguiendo los procedimientos de Theodorou *et al.* (1994). El líquido ruminal que sirvió como inóculo, se obtuvo de dos novillos Angus fistulados del rumen, filtrando el líquido mediante cuatro capas de gasa. La producción de gas se evaluó registrando los cambios de presión cada hora entre las 0 y 96 h de fermentación. Los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro*, se obtuvo mediante el ajuste de los valores de volumen de gas a la función de Gompertz (Murillo-Ortiz *et al.*, 2018) de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$GP = G_{max} * \exp[-A * \exp(-k * t)]$$

Dónde: GP= Producción de gas en el tiempo t (ml), G_{max}= Producción máxima de gas (ml), A= Periodo de latencia antes de que comience la producción de gas (h) k= tasa de producción de gas constante (h⁻¹) t= tiempo (h).

Para evaluar la producción de CH₄ y CO₂ a las 24 h, se midió la concentración de ambos gases contenidos en el espacio de cabeza de los módulos fermentados. Una vez que transcurrieron las 24 h de fermentación, estos gases se analizaron de acuerdo con los procedimientos propuestos por González-Arreola *et al.* (2019) utilizando un analizador de gases portátil (GEM 5000, Landtec, EUA).

Análisis estadístico

El análisis estadístico de los extrudidos se realizó con un diseño completamente al azar para cada experimento utilizando el procedimiento GLM de SAS (2002). Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con un valor de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Tabla 2. Producción de gas y gases de efecto invernadero de los tratamientos experimentales.

Parámetro	T1	T2	EEM
Gmax (ml)	101.5±0.5 ^b	112.1±1.3 ^a	0.998
a (h)	2.9±0.001 ^a	2.7±0.02 ^b	0.016
k (%/h)	0.17±0.02	0.17±0.01	0.02
CH₄ (ml/g MS)	7.7±1.1	6.6±0.12	0.84
CO₂ (ml/g MS)	43.7±1.02	43.7±0.5	0.82
CH₄: CO₂	0.17±0.022	0.14±0.001	0.016

^{abc} Letras diferentes en el mismo renglón indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Gmax= Máxima producción de gas, A= Fase de latencia, k= Tasa constante de producción de gas, CH₄= Producción metano, CO₂= Producción dióxido de carbono, CH₄:CO₂= Relación metano producido por cada mililitro de dióxido de carbono generado, EEM= Error estándar en la media.

El incremento en Gmax podría atribuirse al alto contenido de carbohidratos solubles y a la disminución en la parte fibrosa después del proceso de extrusión (Morales-Querol *et al.*, 2019). En lo que respecta a la fase de latencia, esta disminuyó en T2, lo cual sugiere que la microbiota ruminal requirió menos tiempo para comenzar a degradar la harina extrudida (T2). En lo que respecta a la producción de CH₄ y CO₂, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que la relación CH₄:CO₂ no mostró cambios antes y después del proceso de extrusión. Lo anterior permite inferir que los cambios que se dieron en las producciones de CH₄ y CO₂ se dieron en las mismas proporciones.

CONCLUSIÓN

Los extrudidos podrían utilizarse en ganado que requiera mayor nivel de proteína y presente déficit de fósforo, como sería el caso del ganado en el norte del país, ya que es conocido por la deficiencia de este mineral, debido a que el proceso de extrusión incrementa el contenido del mismo. Pudiendo incluir este producto como aditamento nutricional en la dieta. Además, los extrudidos presentaron mayor producción de gas indicando un posible aprovechamiento adecuado del extrudido; sin embargo, no se presentaron cambios en la producción de CO₂ y CH₄, impidiendo inferir si contribuyen o no a los gases de efecto invernadero emitidos por ganado rumiante.

LITERATURA CITADA

- Acosta Rodríguez G. F., Lujan Favela M. y Parra Quezada R. A. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. *Agricultura Técnica en México*, 34(2). ANKOM. 2008. Procedures for Fiber and in vitro Analysis. Recuperado de https://www.ankom.com/sites/default/files/documentfiles/Method_14_ADF_DELTA.pdf y https://www.ankom.com/sites/default/files/document-files/Method_15_NDF_DELTA.pdf Consultado: 21/09/20. AOAC (Association of official analytical chemists). 2005. Official method of Analysis. 18th edition, Washington DC, USA. 1930.
- Acosta Rodríguez G. F., Lujan Favela M. y Parra Quezada R. A. 2008. Crecimiento y rendimiento de cultivares de ajo en Delicias, Chihuahua, México. *Agricultura Técnica en México* 34(2):177-188.
- Araiza-Ponce K., Murillo-Ortiz M., Herrera-Torres E., Valencia-Vázquez R., Carrete-Carreón F. y Pámanes-Carrasco G. 2020. *Leucaena leucocephala* y *Opuntia ficus-indica* reducen la producción de metano in vitro. *Abanico Veterinario* 10:1-13.
- Buitrago, G. M.E., Ospina, D. L.A, y Narváez, S. W. 2018. Sistemas silvopastoriles: Alternativas en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico. Centro de Museos*, 22(1):31-42.
- FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021: Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all*. Rome: FAO.
- Galyean M.L 2010. Laboratory procedures in animal nutrition research. Department of Animal and Food Sciences. Texas Tech. University, Lubbock, TX, USA.
- García Piña. E., Herrera Torres. E., Murillo Ortiz M., Reyes Jáquez D., Carrete Carreón F. y Pámanes Carrasco G. 2020. Dietary alternatives in livestock production for mitigation of greenhouse gas emissions in Mexico. *Agroproductividad*, 13(10):75-81.
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. y Tempio, G. 2013. *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería – Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO), Roma.
- González-Arreola, A., Murillo-Ortiz, M., Pámanes-Carrasco, G., Reveles-Saucedo, F., and Herrera-Torres, E. 2019. Nutritive quality and gas production of corn silage with the addition of fresh and fermented prickly pear cladodes. *Journal of Animal y Plant Sciences (JAPS)* 40(1):6544-6553.
- Hernández Medrano J.H. y Corona L. (2018). El metano y la ganadería bovina en México: Parte de la solución y no del problema. *Agroproductividad* 11(2):46-51.
- Juárez Segovia K.G., Díaz Darcía E.J., Méndez López M.D., Pina Canseco M.S., Pérez Santiago A.D. y Sánchez Medina M.A. 2019. Efecto de extractos crudos de ajo (*Allium sativum*) sobre el desarrollo in vitro de *Aspergillus niger*. *Polibotánica* 47:99-111.
- Murillo-Ortiz M., Herrera-Torres E., Corral-Luna A. and Pámanes-Carrasco G. A. 2018. Effect of inclusion of graded level of water hyacinth on in vitro gas production kinetics and chemical composition of alfalfa hay-based beef cattle diets. *Indian Journal of Animal Research* 52(9):1298-1303.
- Ortiz Romero N. 2019. Desarrollo y Evaluación de un alimento extrudido balanceado para ganado ovino a base de harina de algodón. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Durango. Durango, Dgo., México.
- Rosentreter J., Maher D., Erler D., Murray R., and Eyre B. 2018. Methane emissions partially offset “blue carbon” burial in mangroves. *Science Advances* 4(6):eaao4985.
- SAGARPA (Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación). 2017. Aumenta producción de ajo en “Hecho en México” 28.9 en el año 2016. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumenta-produccion-de-ajo-hecho-en-mexico-28-9-por-ciento-en-201#:~:text=Zacatecas%20produce%2042%20mil%20340,Sonora%2C%20dos%20mil%20969%20toneladas>.
- Teodorou M.K, Williams B.A., Dhanoa M.S., McAllan A.B. and France J. 1994. A simple gas production method a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48:185-197.
- Vélez-Terranova M., Campos-Gaona R., y Sánchez-Guerrero H. 2014. Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metalogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3):489-499.
- White R.R, Roman García Y, Firkins J.L., VanderHaar M.J. Armentano L.E, Weiss W.P., McGill T, Garnett R., and Hanigan M.D. 2017. Evaluation of the national research council (2001) dairy model and derivation of new prediction equations. I. Digestibility of fiber, fat, protein and nonfiber carbohydrate. *Journal of Dairy Science* 100(5):3591-3610.

**DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE VARADULCE (*EYSENHARDTIA POLYSTACHYA*)
CON POTENCIAL FORRAJERO PARA RUMIANTES DEL SEMIDESIERTO
ZACATECANO EN CUATRO ESTACIONES DEL AÑO**

***IN VITRO* DIGESTIBILITY OF DULCE VARADULCE (*EYSENHARDTIA
POLYSTACHYA*) WITH POTENTIAL FORAGE FOR RUMINANTS OF THE
ZACATECANO SEMI-DESERT IN FOUR SEASONS OF THE YEAR**

Pedro Velázquez-Gómez¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}, Daniel García-Cervantes¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Luis Humberto Díaz-García¹, Daniel Rodríguez Tenorio¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

*alejandroespinoza@uaz.edu.mx

RESUMEN

En el estado de Zacatecas, la sequía es un problema que se agrava año con año, dejando al sector agropecuario con pérdidas incalculables, la ganadería de tipo extensiva representa una actividad importante dentro del estado, representa una alternativa sustentable para la alimentación de ganado, sin embargo, se requiere una investigación para hacerla eficiente. La vara dulce (*E. polystachya*) constituye una alternativa de fuente de forraje natural que alimenta al ganado, con lo cual es necesario evaluar la calidad nutricional del arbusto ya que es consumida por el ganado. Con el objetivo de determinar la digestibilidad *in vitro* de vara dulce: (*E. polystachya*), en un predio localizado en el municipio de Cuauhtémoc Zacatecas, México. Se realizó un muestreo aleatorio simple de 10 arbustos durante las cuatro épocas del año diferentes: primavera, verano, otoño, e invierno, y se les determinó la digestibilidad mediante el uso del incubador ANKOM Daisy D200. El análisis de la fibra detergente neutro (FDN) se llevó a cabo secuencialmente mediante el análisis de fibras detergentes de Van Soest, utilizando el analizador de fibras Ankom²⁰⁰ (AnkomTechnology). Los resultados arrojaron que la arbustiva vara dulce (*E. polystachya*) como forraje para ganado en pastoreo, muestra porcentajes de digestibilidad *in vitro* de 43.38, 46.17, 45.29, 42.38% para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, sin tener varianza estadísticamente significativa entre épocas del año. Complementando la dieta de los rumiantes que la consumen.

Palabras claves: digestibilidad *in vitro*, varadulce, fibras, sequía

ABSTRACT

In the state of Zacatecas, drought is a problem that worsens year after year, leaving the agricultural sector with incalculable losses, extensive cattle farming represents an important activity within the state, it represents a sustainable alternative for cattle feeding, without However, research is required to make it efficient. The vara dulce (*E. polystachya*) constitutes an alternative source of natural forage that feeds cattle, with which it is necessary to evaluate the nutritional quality of the bush since it is consumed by cattle. With the objective of determining the *in vitro* digestibility of vara

dulce (*E. polystachya*), in a farm located in the municipality of Cuauhtémoc, Zacatecas, Mexico. A simple random sampling of 10 bushes was carried out during the four different seasons of the year: spring, summer, autumn, and winter, and their digestibility was determined using the ANKOM Daisy D200 incubator. Neutral detergent fiber (NDF) analysis was carried out sequentially by Van Soest detergent fiber analysis, using the Ankom200 fiber analyzer (AnkomTechnology). The results showed that the vara dulce (*E. polystachya*) as forage for grazing cattle, shows *in vitro* digestibility percentages of 43.38, 46.17, 45.29, 42.38% for the autumn, winter, spring and summer seasons respectively, without having statistically significant variance between seasons of the year. Complementing the diet of the ruminants that consume it.

Keywords: *in vitro* digestibility, sweet stick, fibers, drought

INTRODUCCIÓN

El 72% de la superficie de la República Mexicana está ocupada por vegetación natural, cubriendo las zonas áridas entre 41.3 y 58.5 % de su territorio (Semarnap 1995). En muchos países en desarrollo, las poblaciones rurales obtienen parte de su alimento y requerimiento básico de árboles y arbustos de la vegetación espontánea. En las zonas áridas y semiáridas de México, este recurso natural también representa una fuente importante de alimento para el ganado, y en especial para los pequeños rumiantes, principalmente durante la temporada seca, donde los pastos pueden escasear y tener bajo valor nutritivo. El follaje y las vainas de árboles y arbustos pueden ser fuente importante de energía y proteína, especialmente para rumiantes de sistemas extensivos. Las características forrajeras que deben tener los árboles y los arbustos son: adecuada producción de follaje en periodos secos, valor nutritivo, buena palatabilidad y alta aceptación por los animales y la alta relación proteína (*i.e.* energía). Se consideran zonas áridas aquellas áreas que reciben una precipitación pluvial media anual menor a 350 mm, y semiáridas a las que reciben entre 350 y 600 mm anuales. En ambos casos, la precipitación promedio anual es menor a la evaporación potencial máxima anual. La República Mexicana es uno de los 20 países con mayor biodiversidad en el mundo; sin embargo, algunas de las expresiones más extremas del deterioro en la biodiversidad se presentan en los radicales cambios de uso del suelo, en la adopción de estrategias de producción agropecuaria tecnificada y moderna, y en la intensificación productiva, entre otros factores. Con ello, se han transgredido los límites de la naturaleza, disminuyendo la capacidad de renovabilidad y la producción de biomasa, alterando el adecuado funcionamiento de los ciclos hidrológicos y modificando los flujos de energía de los diversos ecosistemas afectados (Carabias, 1994). Por lo que el objetivo del presente estudio es calcular la calidad nutricional de Varadulce durante cuatro estaciones del año.

MATERIALES Y METODOS

Diseño Experimental

El experimento se realizó en un predio ubicado en el municipio de Cuauhtémoc, Zacatecas a Latitud: 22°27'N / Longitud: 102°20'W / Altitud: 2030 m en un potrero de 100 h, se procedió a realizar un muestreo aleatorio simple de varadulce (*E. polystachya*). Los muestreos se realizaron en cuatro estaciones del año; primavera (junio del 2021), otoño (octubre del 2021), invierno (febrero del 2022) y verano (agosto del 2022) 10 muestreos por estación del año para un total de 40.

Análisis de laboratorio

El estudio de digestibilidad *in vitro* se realizó en el laboratorio de metabolismo animal y fisiología ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, (22° 57' norte y 102° 42' oeste) mediante el uso del incubador ANKOM Daisy^{D200}. Las soluciones de fibra detergente neutro (FDN) se llevaron a cabo secuencialmente mediante el análisis de fibras detergentes (Van Soest,1991) utilizando el analizador de fibras Ankom200 (AnkomTechnology). Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que los porcentajes de digestibilidad de Varadulce (*E. polystachya*) en las diferentes épocas del año, fue de 43.38, 46.17, 45.29, 42.38% en otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, donde además se evidenció que hay diferencia numérica en cuanto la digestibilidad de las cuatro estaciones del año, mas no así diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) ya que en el análisis de varianza arroja una probabilidad de ($P=0.3720$) como se observa en el cuadro 2. Valores de digestibilidad semejantes a lo observado por Beltran *et al.*, (2009) que encontró una digestibilidad en el Chamizo (*A. canescens*) de 75.47%, Mariola (*P. incanum*) 57.41 %, y Engordacabra (*D.bicolor*) 65%. Demostrando similitud en los valores encontrados en este estudio. Los resultados y valores porcentuales de la digestibilidad *in vitro* de Varadulce (*E. polystachya*), se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Variación de la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) por el método Daisy de Varadulce (*E. polystachya*) en cuatro estaciones del año ($P=0.3720$)

MUESTRA	OTOÑO	INVIERNO	PRIMAVERA	VERANO
1	48.99	41.96	57.09	41.69
2	36.11	50.00	33.61	42.61
3	49.66	44.54	35.99	41.84
4	43.69	44.81	58.68	45.30
5	46.65	50.74	38.89	39.49
6	51.98	50.23	34.24	38.02
7	41.27	42.79	52.38	44.82
8	38.61	46.88	33.12	48.13
9	42.56	47.12	54.24	36.49
10	34.32	42.67	54.68	46.40
PROMEDIO	43.38	46.17	45.29	42.48
DESVIACION ESTANDAR	5.95	3.32	10.91	3.75

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

VARIANZA	35.38	68.88	119.00	14.06
----------	-------	-------	--------	-------

Asimismo, Urrutia-Morales *et al.*, (2014), en estudios de digestibilidad *in situ* de *Atriplex canescens* encontró valores de 65%, superiores a los 43.38, 46.17, 45.29 y 42.48% para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente para la digestibilidad *in vitro* de varadulce (*E. polystachya*) encontrados en esta investigación. Siendo así la digestibilidad *in vitro* de varadulce (*E. polystachya*) un factor con un mínimo de varianza estadísticamente significativa por estación del año (cuadro 3), se obtuvo una aproximación a lo que menciona Torres G *et. al* 2009, donde estudios de digestibilidad *in vitro* de arbustivas como *Tithonia diversifolia* e *Hibiscus rosa* tienen una digestibilidad del 60%, siendo elevado ante 46.17, 48.19, 45.29, 42%.

CONCLUSIONES

La arbustiva vara dulce (*E. polystachya*) como forraje para ganado en pastoreo, muestra porcentajes de digestibilidad *in vitro* de 43.38, 46.17, 45.29, 42.38% para las estaciones de otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, sin tener varianza estadísticamente significativa entre épocas del año. Complementando la dieta de los rumiantes que la consumen.

LITERATURA CITADA

- Echavarría, C.F.G., L.R. Gutiérrez, R.R.I. Ledesma, V.R. Bañuelos, S.J.I. Aguilera, y P.A. Serna. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Téc. Pec. Méx.* 44:203-217.
- Gutiérrez, L. R., Rodríguez, T. D., Martínez, T. G., Aguirre, C. C. E., y Sánchez, G. R. A. 2012. Bancos de Proteína para Rumiantes en el Semiárido Mexicano. Folleto Técnico Número 47. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 32 Páginas.
- INIFAP. Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNOC. Campo Experimental La Campana. Manual de Plantas Forrajeras. 2003. Folleto Técnico No. 8. Chihuahua, Chih. México. 51 p.
- INIFAP. Instituto nacional de investigaciones forestales agrícolas y pecuarias, campo experimental San Luis Potosí. Suplementación con costilla de vaca y vaina de mezquite a cabras en lactancia. Despegable para productores no.16.
- SAGARPA. 2010. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. Colegio de Posgraduados. Establecimiento y manejo de bancos de proteína. Montecillos, Estado de México.
- Torres G, Arbaiza T, Carcelen F, Lucas F. Comparación de las técnicas *in situ*, *in vitro* y enzimática (Celulasa) para estimar la digestibilidad de forrajes en ovinos. *Rev Inv Vet Perú.* 2009:20 (1) 5-9.
- Van Soest P.J. 1991. Nutrition Ecology of the Ruminant. 2nd Edition. Cornell University. Press. Ithaca. New York

PRODUCCIÓN DE GAS Y NITRÓGENO MICROBIANO *IN VITRO* DE ESPECIES NATIVAS DEL NORTE DE MÉXICO
***IN VITRO* MICROBIAL NITROGEN AND GAS PRODUCTION FROM NATIVE SPECIES OF NORTHERN MEXICO**

Bujdud-León Aixa Najla^{1*}, Guerrero- Cervantes Maribel², Murillo-Ortiz Manuel², Araiza- Ponce Karina¹

¹Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango

²UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170

*Autor por correspondencia: najla.nbl@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar producción de gas y metano *in vitro*, nitrógeno microbiano y degradabilidad del nitrógeno contenido en hojas de Hojasen (*Flourenzia cernua*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Chamizo (*Atriplex canescens*) y Ramoncillo (*Dalea bicolor*). La fermentación *in vitro* se realizó en jeringas de vidrio (100ml) en baño maría (39°C). La producción de gas fue diferente entre especies ($p<0.05$) siendo las especies Ramoncillo y Sangre de drago quienes registraron mayor cantidad de gas respecto a hojasen y chamizo. Hubo diferencia entre especies en cuanto a la producción de metano ($p<0.05$) en donde, hojasen registró la menor producción de metano, respecto a las otras tres especies. La producción de nitrógeno microbiano mostró diferencias significativas ($p<0.05$), Sangre de drago con la producción más alta, respecto a Hojasen, Chamizo y Ramoncillo. Sin embargo, la cantidad de nitrógeno microbiano obtenido no es suficiente para cubrir las demandas nutricionales del ganado en pastoreo. En conclusión, utilizar arbustos y herbáceas nativas es una alternativa viable para cubrir la demanda de forraje sobre todo en época de sequía. No obstante, es necesario que la inclusión de estas especies en la dieta del ganado se haga paralelamente con suplementación energética que asegure el aprovechamiento de los nutrientes y reduzca la emisión de metano.

Palabras claves: metano, dióxido de carbono, degradabilidad, arbustivas, herbáceas.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate *in vitro* gas and methane production, to quantify the amount of microbial nitrogen and nitrogen degradability contained in Hojasen (*Flourenzia cernua*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Chamizo (*Atriplex canescens*) and Ramoncillo (*Dalea bicolor*). Fermentation was carried out in glass syringes (100 ml) in a water bath (39°C). Gas production was different between species ($p<0.05$) and it was the species Ramoncillo and Sangre de drago that reported the highest amount of gas with respect to Hojasen and Chamizo. Methane production was different among species ($p<0.05$), and it was Hojasen the specie that registered the lowest methane production, with respect to the other three species. Microbial nitrogen production showed significant differences among species ($p<0.05$), Sangre de drago was the species with the highest production, with respect to Hojasen, Chamizo and Ramoncillo. However, the amount of microbial nitrogen obtained is not sufficient to cover the nutritional demands of grazing cattle. In conclusion, the use of native shrubs and herbaceous plants is a viable alternative to cover the demand for forage, especially during the dry season. However, it is necessary that the inclusion of these species in the cattle diet be done at the same time as the use of energetic supplementation.

Key words: methane, carbon dioxide, nitrogen degradability, shrubs, herbs.

INTRODUCCIÓN

En zonas áridas de México, la sequía y desertificación son una realidad, lo que implica una disminución de recursos forrajeros disponibles para el ganado (Prepah *et al.*, 2022). La ganadería extensiva es la mayormente afectada por falta de forrajes, tanto por el bajo aporte de nutrientes que no cubre el requerimiento nutricional del ganado, y las dietas de baja calidad que incrementan las emisiones de metano entérico y, por lo tanto, sus pérdidas energéticas se incrementan (Beauchemin *et al.*, 2009).

Para contrarrestar la poca disponibilidad de forrajes, se han propuesto diversas estrategias que buscan aprovechar plantas nativas e incorporarlas a la nutrición de los rumiantes (Piñeiro-Vazquez *et al.*, 2016). Se propone el uso de herbáceas y arbustivas presentes en los pastizales (Estell *et al.*, 2016). Sin embargo, debido a que la proteína es el primer nutriente limitante para los rumiantes que pastan forrajes nativos, se requiere evaluar el metabolismo del nitrógeno por parte de los rumiantes que las consumen. El objetivo del presente trabajo fue evaluar producción de gas y metano *in vitro*, nitrógeno microbiano y degradabilidad del nitrógeno contenido en Hojasen (*Flourenzia cernua*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Chamizo (*Atriplex canescens*) y Ramoncillo (*Dalea bicolor*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: El estudio se realizó en el Laboratorio de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Durante los meses de junio a agosto, se colectaron muestras al azar en siete sitios diferentes en los municipios de Cuencamé y Peñón Blanco durante los meses de junio a agosto, para los arbustos se colectaron muestras de plantas con una altura promedio de 1.20 a 1.50 m. Las hojas se secaron en estufa de aire forzado (55°C) durante 48 horas, se molieron (tamaño de partícula de 1mm) y se almacenaron en frascos herméticamente sellados. Se analizaron hojas de Hojasen (*Flourenzia cernua*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Chamizo (*Atriplex canescens*) y Ramoncillo (*Dalea bicolor*). La composición química de las plantas analizadas se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. *Composición química de las hojas de Hojasen (*Flourenzia cernua*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Chamizo (*Atriplex canescens*) y Ramoncillo (*Dalea bicolor*)

	Hojasen	Sangre de drago	Chamizo	Ramoncillo
PC (%)	14.6	14.4	12.4	13.9
FDN (%)	31.9	42.3	35.1	45.8
FDA (%)	19.9	32.8	10.7	28.8
Lignina (%)	7.7	14.5	3.0	10.1
TC (mg/gMS)	0.3	3.8	0.3	4.4
DIVMS (%/gMS)	89	89	93	82
DIVMO (%/gMS)	89	89	94	84

FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida; TC= Taninos condensados, DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO= Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica. *tomado de Guerrero Cervantes (2008).

Producción de gas y metano *in vitro*: Se realizó una fermentación en jeringas de vidrio con capacidad de 100 mL. Para la incubación se prepararon dos grupos de jeringas, en cada uno se colocó 0.5 g de muestra por triplicado, dos jeringas sin muestra (blanco) y dos jeringas con alfalfa como control. Para el inoculo ruminal se preparó una mezcla compuesta por liquido ruminal (extraído de una vaquilla (Holstein x Montbeliarde) de 530kg alimentada a base de paja de avena, paja de Ray grass y concentrado a razón de 40-50-10%) y saliva artificial (1:2) saturada con CO₂ (Menke and Steingass, 1988), se colocaron 40 ml de inoculo en cada jeringa. Las jeringas se mantuvieron a temperatura constante (39°C) en un baño maría durante 24 horas. Al finalizar las 24

horas se registró la producción de gas y se cuantificó la cantidad de metano y dióxido de carbono presente en el gas acumulado de acuerdo a la técnica de Fievez *et al.* (2005).

Nitrógeno microbiano: Pasadas 24h de fermentación el contenido del primer grupo de jeringas se centrifugó a 3,500 rpm durante 10 minutos y al sobrenadante se le determinó el contenido de nitrógeno amoniacal (Galyean, 2010). El contenido del segundo grupo de jeringa se sometió a reflujó durante una hora con solución de fibra detergente neutra, el material se filtró y colocó en crisoles previamente pesados y se registró la cantidad de material sin degradar. A la fracción sólida se le determinó el contenido de nitrógeno total (AOAC, 2005). La cantidad de nitrógeno microbiano se calculó con la fórmula propuesta por Getachew *et al.* (2000):

$$N-MO = NT - (N-FDN + N-NH_3)$$

Donde: N-MO representa el nitrógeno microbiano, TN es el nitrógeno total (nitrógeno en el alimento + N-NH₃ el inoculo ruminal) presente en la jeringa antes de la incubación, N-NH₃ es el contenido de nitrógeno amoniacal en el sobrenadante (24h) y N-FDN es nitrógeno total en la muestra después del lavado con solución de fibra detergente neutra.

La degradabilidad *in vitro* del nitrógeno se calculó mediante regresión lineal de la concentración de N-NH₃ (y= mg) y el volumen de gas (x= ml) registrados durante la incubación del alimento. El intercepto del eje Y representa la cantidad de N-NH₃ que es liberado cuando no se produce gas. La diferencia entre el intercepto y el contenido de N-NH₃ en el blanco a las 0h de fermentación indica la cantidad de N-NH₃ que es liberado a partir de la degradación de las proteínas y otros compuestos nitrogenados de la muestra incubada (Getachew *et al.*, 2000). La degradabilidad *in vitro* del nitrógeno a las 24h se calculó como una proporción del nitrógeno total incubado mediante la ecuación (Getachew *et al.*, 2000):

$$DIVN = \frac{N-NH_3 \text{ a cero producción de gas} - N-NH_3 \text{ en el blanco a 0h}}{\text{Nitrógeno total incubado}}$$

La disminución en el contenido de N-NH₃ se atribuye a la incorporación de éste a la síntesis de proteína microbiana, de esta manera la disminución en la concentración de N-NH₃/ml de gas producido permite determinar la tasa de consumo del N-NH₃.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de la varianza para un diseño completamente al azar y para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey a una $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de gas y metano *in vitro*: Los resultados obtenidos de producción de gas, metano y bióxido de carbono *in vitro* se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Producción de gas, metano y bióxido de carbono *in vitro* de las especies vegetales experimentales después de 24 h de fermentación

	Hojasen	Sangre de drago	Chamizo	Ramoncillo	EEM
PG _{24h} (mL/gMS)	160.4 ± 4.37 ^b	179.1 ± 2.90 ^{ab}	165.8 ± 5.00 ^b	198.5 ± 4.78 ^a	4.34
CH ₄ (mL/gMS)	17.3 ± 0.66 ^c	26.0 ± 1.15 ^{ab}	28.2 ± 1.15 ^a	22.6 ± 0.66 ^b	0.94
CO ₂ (mL/gMS)	143.2 ± 3.71 ^b	153.2 ± 3.49 ^b	137.9 ± 6.00 ^b	175.8 ± 5.26 ^a	4.73
CO ₂ :CH ₄	8.2 ± 0.12 ^a	5.9 ± 0.39 ^b	4.9 ± 0.42 ^b	7.8 ± 0.43 ^a	0.37

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); PG_{24h}= Producción de gas al tiempo t (24h); CH₄=Producción de metano a las 24h de incubación; CO₂= Producción de dióxido de carbono a las 24h de incubación; CO₂:CH₄= Relación dióxido de carbono: metano. EEM=Error estándar de la media.

La producción de gas (G_{24h}) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), Ramoncillo y Sangre de drago reportaron la mayor producción de gas, respecto al Hojasen y Chamizo, siendo el menor generador Hojasen. Estos resultados coinciden con los reportados por McGraw *et al.* (2004) y

Vásquez-Montes *et al.* (2020) quienes reportan que Ramoncillo (*Dalea bicolor*) es una planta nativa que el ganado consume y aporta nutrientes de calidad a la dieta del ganado en pastoreo.

La estimación de CH₄ mostró diferencias significativas entre especies (p<0.05). La mayor producción de CH₄ se registró en Chamizo, por su parte Hojasen fue la especie con la menor producción (aproximadamente 40% menos CH₄).

La relación CO₂:CH₄ mostró diferencias entre especies (p<0.05). Hojasen y Ramoncillo son las especies con valores más altos, respecto a Sangre de drago y Chamizo. Valores altos en la relación CO₂:CH₄ indican que la velocidad de transformación de CO₂ a CH₄ es lenta y, por tanto, existe un mayor volumen de CO₂. Murillo-Ortiz *et al.* (2018) proponen un mecanismo a través del cual se inhibe la producción de CH₄, en el cual el CO₂ es utilizado como sustrato para la metanogénesis, pero es inhibida en algún punto del proceso, por lo que el CH₄ no es liberado.

Nitrógeno microbiano. El contenido de N-NH₃, nitrógeno microbiano, degradabilidad *in vitro* del nitrógeno y tasa de consumo del nitrógeno se muestran en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Nitrógeno amoniacal, nitrógeno microbiano, degradabilidad *in vitro* del nitrógeno y tasa de consumo del nitrógeno amoniacal de las especies vegetales experimentales a las 24 horas de fermentación *in vitro*

	Hojasen	Sangregrado	Chamizo	Ramoncillo	EEM
N-NH ₃ (mg/dL)	13.1 ± 0.36c	17.6 ± 0.42b	21.0 ± 0.02a	12.2 ± 0.31c	0.32
N-MO (mg)	16.5 ± 0.23b	18.0 ± 0.11 ^a	10.7 ± 0.41 ^c	9.8 ± 0.63 ^d	0.93
DIVN (%)	0.91 ± 0.01 ^a	0.83 ± 0.05 ^b	0.54 ± 0.01 ^c	0.47 ± 0.02 ^d	0.01
TCN (mg/ml gas)	0.16 ± 0.01 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	0.001 ± 0.0001 ^b	0.05 ± 0.001 ^b	0.01

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (p<0.05); N-NH₃= Nitrógeno amoniacal (24h); N-MO: nitrógeno microbiano, DIVN: Degradabilidad *in vitro* del nitrógeno, TCN: Tasa de consumo de nitrógeno. EEM=Error estándar de la media.

El contenido de nitrógeno amoniacal mostró diferencias significativas (p<0.05). Chamizo es la especie con mayor contenido de N-NH₃, mientras que Sangre de drago y Ramoncillo tienen cantidades similares y Hojasen es la especie con menor cantidad de N-NH₃ respecto a las demás. La disminución en la concentración de N-NH₃ se puede atribuir a que el nitrógeno proporcionado por la dieta es incorporado al microorganismo y utilizado para la síntesis de proteína microbiana (Givens y Rulquins, 2004; Getachew *et al.*, 2000).

La cantidad de nitrógeno microbiano mostró diferencias entre especies (p<0.05). Sangre de drago produjo la mayor cantidad de N-MO, respecto a las otras tres especies, Hojasen a su vez mostró una cantidad mayor que Chamizo y Ramoncillo, siendo este último quien presenta la menor cantidad de N-MO. La cantidad de N-MO se relaciona directamente con la degradabilidad *in vitro* del nitrógeno.

Givens y Rulquin (2004) demostraron que los animales que consumen dietas de alta calidad reportan valores relativamente altos (30–45 g N microbiano/kg de materia orgánica). Por su parte, Calsamiglia *et al.*, (2010) demostraron que la cantidad óptima para un bovino es de 29 g de N microbiano/kg de MO fermentada. Getachew *et al.* (2000), Givens y Rulquin (2004) informaron que es posible incrementar el valor del N-MO al añadir concentrados energéticos.

La tasa de consumo de nitrógeno mostró diferencias (p<0.05). Hojasen y Sangre de drago mostraron valores similares entre sí, pero mayores a los obtenidos para el Chamizo y Ramoncillo. La tasa de fijación de nitrógeno puede verse afectada por un menor aporte de carbohidratos fermentables (Owens *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Las especies herbáceas y arbustivas nativas estudiadas, por si solas no cubren los requerimientos nutricionales para asegurar la óptima producción de proteína microbiana en rumiantes. Sin embargo, son una alternativa viable para incluirlas de manera complementaria en la nutrición de

rumiantes en época de estiaje, ya que representan una fuente de forraje en las zonas áridas. El uso de forrajes no convencionales en dietas para rumiantes es una alternativa complementaria en tiempos de estiaje, ya que son capaces de contribuir a la mitigación de las emisiones de gas metano entérico a la atmósfera, gracias a su capacidad metanogénica, lo anterior como una estrategia nutricional de suplementación que no arriesgue la eficiencia productiva.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1930.
- Beauchemin, K. A., McAllister, T. A., & McGinn, S. M. 2009. Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *CABI Reviews*, 1-18.
- Calsamiglia, S., Ferret, A., Reynolds, C. K., Kristensen, N. B., & van Vuuren, A. M. 2010. Strategies for optimizing nitrogen use by ruminants. *Animal*, 4(07), 1184–1196.
- Fievez, V., Babayemi, O. J., Demeyer, D. 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. *Animal Feed Science and Technology*, 123, 197-210.
- Galyean M. L. 2010. Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research. Department of Animal and Food Sciences Texas Tech. University, Lubbock. USA.
- Getachew, G., Makkar, H. P. S., & Becker, K. 2000. Effect of polyethylene glycol on in vitro degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. *British Journal of Nutrition*, 84(1), 73-83.
- Givens, D. I., & Rulquin, H. 2004. Utilization by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 114(1-4), 1-18.
- Guerrero Cervantes, M. 2008. Valor nutricional de forrajes nativos del norte de México. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Nuevo León. 149p.
- Menke, K.H., Steingass, H. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28, 7-55.
- McGraw, R., Shockley, F. W., Thompson, J. F., & Roberts, C. A. 2004. Evaluation of native legume species for forage yield, quality, and seed production. *Native Plants Journal*, 5(2), 152-159.
- Murillo-Ortiz M., Carrillo-Herrera J., Pámanes-Carrasco G., Muro-Reyes A., Herrera-Torres E. 2018. Patterns of ruminal fermentation in response to addition of glucogenic precursor to the diet of feedlot steers. *Agroproductividad*, 11 (9): 155-159.
- Owens, F. N., Qi, S., Sapienza, D. A. 2014. Invited Review: Applied protein nutrition of ruminants—Current status and future directions. *The Professional Animal Scientist*, 30(2), 150-179.
- Piñeiro-Vázquez, A. T., Canul-Solis, J. R., Alayón-Gamboa, J. A., Chay-Canul, A. J., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Ku-Vera, J. C. 2016. Energy utilization, nitrogen balance and microbial protein supply in cattle fed *Pennisetum purpureum* and condensed tannins. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 101(1), 159–169. doi:10.1111/jpn.12436
- Vásquez-Montes, S., Villarreal-Guerrero, F., Amaya-Olivas, N. I., & Hernández-Ochoa, L. R. 2020. Producción y composición química del aceite esencial de *Dalea bicolor* en diferentes regiones de Chihuahua, México. *Botanical Sciences*, 98(4), 486-498.

EFECTO DEL BIOL EN LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS DE TRES VARIETADES DE MAÍZ FORRAJERO

THE EFFECT OF BIOL ON THE FOOD CHARACTERISTICS OF THREE VARIETIES OF FORAGE CORN

Juan Manuel Cuevas Solís¹, Carlos Meza López^{1*}, Rómulo Bañuelos Valenzuela¹, Francisco Guadalupe Echavarría Chairez³, Lucía Delgadillo Ruiz², Ramón Gutiérrez Luna³, Daniel Rodríguez Tenorio¹

*Autor por correspondencia: carmezlop@yahoo.com.mx

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas

² Unidad Académica de Biología, Universidad Autónoma de Zacatecas

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Zacatecas, México

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la dosis de fertilización óptima para mejorar características bromatológicas de 3 variedades de maíz forrajero (*Zea mays*), se llevó a cabo un estudio de campo se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP, Campo experimental Zacatecas, ubicado en Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, municipio de Calera de V.R., Zac. Se utilizaron tres variedades de maíz, 30A60, SB347 y 32T83, todos de ciclo intermedio. Además, se utilizó fertilizante orgánico preparado (Biol), aplicado directamente al suelo. Se utilizó un combinado con diferentes dosis: testigo T1 0-0-0, T2 NPK-180-60-0 combinado con 20 L/ha de biol, T3 NPK-180-60-0 combinado con 40 L/ha de biol. T4 NPK-180-60-0 combinado con 80 L/ha de biol, T5 NPK-180-60-0 biol 0.0. El análisis bromatológico se determinó: humedad, proteína total, Fibra, Cenizas, azúcar, NDF, ADF, el análisis fue con un diseño factorial. Los resultados obtenidos en el forraje en las determinaciones del maíz y las dosis de fertilización con el combinado del biol, es altamente significativo para las determinaciones de humedad, proteína, fibra y azúcar. No siendo significativo en cenizas, en fibra neutro detergente y fibra detergente ácida. Se concluye que el biol artesanal tiene un efecto significativo con las dosis altas (80 y 40 lt) en el contenido de proteína y menor contenido de fibra en dos de las tres variedades de maíz forrajero, pueden tener implicaciones importantes en la elección de variedades de maíz.

Palabras clave: maíz, fertilización, biol, análisis bromatológico.

ABSTRACT

With the objective of determining the optimal fertilization dose to improve bromatological characteristics of 3 varieties of forage corn (*Zea mays*), a field study was carried out at the Institute of Agricultural and Livestock Forest Research INIFAP, Zacatecas Experimental Field, located at Km. 24.5 Zacatecas-Fresnillo Highway, municipality of Calera de V.R., Zac. Three varieties of corn were used, 30A60, SB347 and 32T83, all of intermediate cycle. In addition, prepared organic fertilizer (Biol) was used, applied directly to the soil. A combination with different doses was used: control T1 0-0-0, T2 NPK-180-60-0 combined with 20 L/ha of biol, T3 NPK-180-60-0 combined with 40 L/ha of biol. T4 NPK-180-60-0 combined with 80 L/ha of biol, T5 NPK-180-60-0 biol 0.0. The bromatological analysis was determined: humidity, total protein, Fiber, Ash, sugar, NDF, ADF, the analysis was with a factorial design. The results obtained in the forage in the determinations of corn and the fertilization doses with the combined biol are highly significant for the determinations of humidity, protein, fiber and sugar. Not being significant in ash, in neutral detergent fiber and acid detergent fiber. It is concluded that artisanal biol has a significant effect with high doses (80

and 40 liters) on the protein content and lower fiber content in two of the three varieties of forage corn, which may have important implications in the choice of varieties of corn.

Keywords: corn, fertilization, biol, bromatological analysis

Keywords: maize, fertilization, biol, bromatological analysis.

INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia mundial, hasta hace algunos años, se había destinado principalmente para la alimentación tanto humana como animal, sin embargo, debido a las numerosas investigaciones de este grano, se han desarrollado nuevos productos derivados del mismo, tales como el etanol, dextrosa, proteínas y fibras, almidón, jarabe de alta fructuosa y otros más. De los principales granos que se producen en el mundo, el maíz, es el de mayor participación con un 39% de la producción mundial, le sigue en importancia el trigo con 30%, después el arroz con 21%. Estos tres granos concentraron el 90% de la producción mundial en el ciclo 2010-2011. (FAO, 2015). En México, el maíz se presenta como uno de los cultivos más importantes, ya que, en el año 2011, la producción nacional de este grano fue de 43,800,035.64 toneladas en una superficie de 7,474,427.65 ha, sin embargo, la producción se ve delimitada por sus bajos rendimientos de producción, ya que el rendimiento promedio para maíz forrajero es de 30.31 t/ha, para maíz grano es de 3.90 t/ha y para maíz grano semilla es de 7.28 t/ha (SIACON, 2022).

El estado de Zacatecas contribuyó a esta producción con una superficie sembrada de 275,291.56 ha, y una producción de 3,027,372.61 toneladas, con un rendimiento promedio de 25.39 t/ha para maíz forrajero mientras que para maíz grano un rendimiento promedio de 2.58 t/ha. (SIACON, 2022). Los abonos orgánicos son una importante alternativa de fertilización edáfica ya que suplen las necesidades biológicas del suelo, poseen propiedades fisicoquímicas que mejoran e incrementan la producción de cultivos, generan resistencia a enfermedades y plagas en los mismos y además son de fácil elaboración pues pueden ser producidos a nivel de finca y representan precios menores en cuanto fertilizantes químicos (Arango, 2017). Esto sugiere la posibilidad de que las interacciones sinérgicas entre microorganismos del suelo y sustratos preparados basados en subproductos agrícolas puedan promover el crecimiento y la protección de las plantas. (Hoitink *et al.*, 1997). Para complementar la fertilización química, actualmente existen métodos de fertilización orgánica como los estiércoles, el humus tanto sólido como líquido y el compuesto líquido llamado biol. Por lo anterior el propósito del presente trabajo es determinar el efecto del "biol artesanal" en las características bromatológicas de tres variedades de maíz forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento: El estudio de campo, se realizó en el Instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias INIFAP, Campo experimental Zacatecas, ubicado en Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, municipio de Calera de V.R., Zac.

Material biológico: Se utilizaron tres variedades de maíz, 30A60, SB347 y 32T83, todos de ciclo intermedio. Además, se utilizó fertilizante orgánico preparado (Biol), (50 kg de excremento fresco de vaca, 4 litros de suero, 2 litros de melaza, 4 kg de ceniza de leña y 180 litros de agua) aplicado directamente al suelo.

Tratamientos: Descritos en el cuadro 1.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Tratamientos con fertilizante químico y complemento con fertilización orgánica.

Tratamientos	Fertilización química Kg/ha	Fertilización orgánica
T1	0/0/0	0
T2	180/60/00	20 L/ha
T3	180/60/00	40 L/ha
T4	180/60/00	80L/ha
T5	180/60/00	0

Se utilizó urea en una dosis de 300g por parcela para los tratamientos T2, T3, T4 y T5, además de 200g de súper fosfato triple a los mismos tratamientos, quedando T1 sin aplicación de fertilizante alguno. La fertilización con urea se aplicó en dos tiempos mientras que la fertilización de súper fosfato fue una sola aplicación.

Análisis bromatológico

Se realizó por medio de la tecnología NIRS (espectroscopía en el infrarrojo cercano), basada en la absorción de radiación electromagnética en longitudes de onda comprendidas en el rango 780-2500 nm (Osborne, 2000).

Análisis Estadístico

El experimento se estableció en el campo como un diseño factorial 3X 5. El análisis de la información se realizó mediante un análisis de varianza. La prueba de medias utilizada fue Tukey. SAS, 2013.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

García Calderón y colaboradores (2011), evaluaron la calidad forrajera de cinco híbridos de maíz bajo fertilización orgánica y determinaron proteínas, grasa, ceniza, FDN, FDA y lignina, son similares a los resultados de nuestro experimento, el cual se presenta en el Cuadro 2. donde se observa, las variedades de maíz, los tratamientos de fertilización química unida a la aplicación de Biol generaron diferencias ($P < 0.05$). Respecto a la humedad del forraje, el análisis muestra una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) entre las variedades y los tratamientos de fertilización. La interacción entre las variedades de maíz y los tratamientos no es significativo ($P > 0.05$) con excepción de la lignina.

El efecto de los tratamientos es significativo en las determinaciones de proteína. La interacción entre (Vd*Trat) no es significativa, lo que sugiere que sus efectos son independientes entre sí.

El efecto de las variedades de maíz (Vd), los tratamientos en las características bromatológicas en la fibra, es altamente significativo ($P < 0.01$). La interacción no es significativa ($P > 0.05$), lo que sugiere que sus efectos son independientes entre sí.

El efecto de las variedades de maíz (Vd) en las características bromatológicas del contenido de cenizas no resultó ser significativo ($P > 0.05$) ni en la variedad, ni en tratamiento, ni en la interacción.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 2 Análisis de varianza (ANOVA) evaluación del efecto del biol artesanal en las características bromatológicas de tres variedades de maíz forrajero, considerando cinco tratamientos diferentes y cuatro repeticiones por tratamiento. Los resultados del ANOVA se resumen a continuación, centrándonos en las fuentes de variación Vd (variedades de maíz), Trat (tratamientos) y su interacción Vd*Trat: Df, F Value y pr > F

Variable	Factor	DF	F Value	Pr > F
Humedad del forraje de Maíz	Vd	2	3.94	0.0266
	Trat	4	4.24	0.0054
	Vd*Trat	8	0.74	0.6595
Proteína	Vd	2	7.88	0.0012
	Trat	4	3.36	0.0171
	Vd*Trat	8	1.88	0.0872
Fibra	Vd	2	15.58	<.0001
	Trat	4	3.18	0.022
	Vd*Trat	8	1.15	0.3511
Cenizas	Vd	2	2.31	0.111
	Trat	4	2.04	0.1042
	Vd*Trat	8	1.81	0.0997
Azúcar	Vd	2	2.24	0.1186
	Trat	4	6.08	0.0005
	Vd*Trat	8	3.8	0.0017
Fibra detergente neutra	Vd	2	0.58	0.5613
	Trat	4	1.76	0.1535
	Vd*Trat	8	0.93	0.4986
Fibra ácido detergente	Vd	2	9.76	0.0003
	Trat	4	2.09	0.0983
	Vd*Trat	8	1.35	0.2466

Respecto al contenido de azúcar, la variedad, la interacción entre las variedades de maíz y los tratamientos (Vd*Trat) también resultó ser estadísticamente significativa. Estos hallazgos son fundamentales para comprender cómo el biol artesanal y los tratamientos afectan la calidad nutricional del forraje respecto al contenido de azúcar.

Con respecto a la FDN y a la FDA no son significativas ni en la variedad ni en los tratamientos ni en las interacciones, excepto las variedades de maíz tienen un efecto altamente significativo en las características bromatológicas de la FDA. Esto sugiere que la elección de la variedad de maíz forrajero es un factor importante para influir en la calidad nutricional del forraje, mientras que los tratamientos específicos y su interacción no parecen tener un impacto significativo en las mismas.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 3. Valores medios de las diferentes determinaciones entre tres variedades de maíz y cinco tratamientos de fertilización química más fertilización orgánica

VARIEDAD	HUMEDAD	PROTEINA	FIBRA	CENIZA	AZUCAR	NDF	ADF
30A60	5.18 ab*	9.25 a	31.39 b	9.62 a	1.147 a	59.5 a	41.79 b
SB347	4.65 b	7.56 b	33.6 a	9.99 a	0.52 a	59.53 a	43.23 a
32T83	5.21 a	9.24 a	31.56 b	10 a	0.76 a	58.58 a	40.63 b
FERTILIZACIÓN							
0 + 0 BIOL	4.4 b	7.29 b	31.44 a	9.42 a	1.99 a	58.43 a	41.59 a
180-60-0+20 BIOL	5.19 ab	8.76 ab	33.02 a	10.05 a	0.5 b	60.92 a	42.7 a
180-60-0+40 BIOL	5.25 a	9.19 a	32.66 a	9.92 a	0.37 b	59.93 a	42.4 a
180-60-0+80 BIOL	5.46 a	9.39 a	31.44 a	10.06 a	0.55 b	57.8 a	41.72 a
180-60-0+0 BIOL	4.79 ab	8.79 ab	32.34 a	9.91 a	0.62 b	59.04 a	41.96 a

En el Cuadro 3 se observa que las variedades 30 A 60 y 32T83 presentan los valores más altos en proteína y menor contenido de fibras. Asimismo, los tratamientos de fertilización química más la dosis alta de Biol (80 lt y el tratamiento de 40 lt de Biol, contribuyen a la obtención de valores altos de proteína y en ambos casos, son diferentes a los demás ($P<0.05$), tanto como variedad, como por el tratamiento de fertilización. Las interacciones no fueron significativas, con excepción de la Azúcar, siendo las variedades 30 A 60 y 32T83 en interacción con la dosis sin fertilización, las que produjeron los valores más altos de azúcar ($P<0.05$).

CONCLUSIONES

En función de los resultados del ANOVA, se concluye que las dosis altas (80 y 40 lt) de biol artesanal tiene un efecto significativo en el contenido de proteína y menor contenido de fibra en dos de las tres variedades de maíz forrajero. Estos hallazgos pueden tener implicaciones importantes en la toma de decisiones relacionadas con la elección de variedades de maíz y tratamientos para la producción de forraje.

LITERATURA CITADA

- AOAC. (Association of Official Analytical Chemists Official). 2016. Method 960.52 Microchemical determination of nitrogen micro-Kjeldahl Method First Action 1960 Final Action 1961 Surplus 1994_AOAC. 20th ed. USA.
- FAO. 2015. Mejoramiento de Maíz con objetivos especiales. Disponible en: www.fao.org/DOCREP/003/X7650S/x7650s21.com.
- García Calderón, E. A., Basurto Zambrano, J. C. 2013. Evaluación de la calidad forrajera de cinco híbridos de maíz (*Zea mays* L) Con tres densidades de siembra bajo fertilización orgánica en la finca experimental la María, Cantón Mocache. 86.
- Osborne BG 2000. Near-infrared spectroscopy in food analysis. En: Encyclopedia of Analytical Chemistry Ed. R.A. Meyers, John Wiley & Sons Ltd. Chichester, UK. 1-14.
- SIACON, N. 2022. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Pecuario Estatal. México: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SADER.
- Hoitink, H. A., & Grebus, M. E. 1997. Composts and the control of plant diseases. In Humic Substances, Peats and Sludges Woodhead Publishing. 359-366.
- SAS 2013. INSTITUTE SAS system for Windows. Version 9.3 TS1M2 Cary: SAS Institute.
- Arango Orozco, M. J. 2017. Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista. 55p.

IDENTIFICACION DE LEVADURAS NATIVAS DE NOPAL DURAZNILLO (*Opuntia leucotricha*), PARA SU APROVECHAMIENTO BIOTECNOLOGICO

IDENTIFICATION OF NATIVE YEASTS OF DURAZNILLO NOPAL (*Opuntia leucotricha*), FOR ITS BIOTECHNOLOGICAL USE

Raúl Alejandro Cuevas-Jacquez^{1*}, Elia Esther Araiza-Rosales², Luis Manuel Valenzuela-Nuñez³, Esperanza Herrera-Torres⁴, Gerardo Antonio Pámanes-Carrasco⁵, Francisco Oscar Carrete-Carreón⁶

¹Alumno del Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales/UJED, Durango, Dgo, México.

²CONAHCYT-UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³Facultad de Ciencias Biológicas-UJED Universidad S/N, Núcleo Universitario, Filadelfia, 35019 Gómez Palacio, Dgo.

⁴TecNM- Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango-México Km. 22.5, Villa Montemorelos, Dgo. Méx. C.P. 34371.

⁵CONAHCYT-UJED- Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Boulevard del Guadiana #501 Ciudad Universitaria C.P. 34160.

⁶ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

*Autor por correspondencia: acj_78@hotmail.com

RESUMEN

Las levaduras son hongos unicelulares con reproducción asexual por gemación o división y reproducción sexual mediante esporas. Su morfología se observa en el microscopio óptico y son comunes en la fermentación. Las levaduras nativas provienen de un lugar específico y son preferidas para fermentación. El objetivo del presente estudio fue la identificación de levaduras por medio de criterios morfológicos, bioquímicos y genéticos. En este estudio se realizó una activación de las cepas ya que éstas habían sido aisladas previamente, posteriormente se sembraron y purificaron las cepas, para llevar a cabo la identificación de las levaduras. Se identificaron 7 cepas relacionadas con el Género *Candida*, 1 *Clavispora lusitaniae*, 1 *Meyerozyma guilliermondii*, 1 *Meyerozyma caribbica*. Se concluye que al menos tres cepas de las identificadas tienen importancia biotecnológica, y se requiere identificación molecular para asegurar el manejo y uso adecuados de las cepas.

Palabras clave: Purificación, fermentación, cepas, biotecnológica.

ABSTRACT

Yeasts are unicellular fungi with asexual reproduction by budding or division and sexual reproduction by spores. Their morphology it is noted in the light microscope and they are common in fermentation. Native yeasts come from a specific place and are preferred for fermentation. The objective of this study was the identification of yeasts through morphological, biochemical and genetic criteria. In this study, an activation of the strains was carried out since they had been previously isolated, later the strains were planted and purified, to carry out the identification of the yeasts. Seven strains related to the genus *Candida* were identified: 1 *Clavispora lusitaniae*, 1 *Meyerozyma guilliermondii*, 1 *Meyerozyma caribbica*. It is concluded that at least three of the identified strains have biotechnological importance, and molecular identification is required to ensure proper management and use of the strains.

Keywords: Purification, fermentation, strains, biotechnological.

INTRODUCCIÓN

El nopal (*Opuntia* spp), llamado así en México, es una planta típica parte de la flora mexicana, además de ser el símbolo del pueblo mexicano que da identidad, así como el maíz. Por otra la importancia económica del nopal como forraje no se reconocía durante la colonia española, inclusive, después de la lucha de Independencia. Existen registros del uso del nopal como forraje durante las épocas coloniales y posteriores a la independencia que indican que era empleado como alimento para animales, especialmente en las zonas áridas y semiáridas del norte del país, se menciona que su uso como forraje se incrementó a inicios del siglo XVII con la llegada de ganado a las áreas semiáridas debido a la disminución de pastizales, situación que obligó a los productores de ganado a cosechar las pencas de nopal, chamuscarlas para eliminar las espinas y usarlas como alimento forrajero, principalmente durante las épocas de muy escasa precipitación (Flores-Hernández et al., 2004).

Además de la explotación tradicional de la biomasa de levadura en la industria alimenticia es también una excelente fuente de producción de otros compuestos de interés industrial; por su alto valor nutricional (alrededor de 50% de proteína) puede ser utilizada en la elaboración de aislados proteicos y si son eliminados los ácidos nucleídos, el producto es una aislado proteico de alto valor nutricional. Además de proteínas pueden extraerse otros productos de importancia como son: enzimas, ácidos nucleídos, polisacáridos, entre otros (Bustos, 2010). En el caso de las 10 cepas identificadas gtres de ellas tienen importancia biotecnológica como es el caso de las *Meyerozyma guilliermondii*, *Meyerozyma caribbica* y *Clavispora lusitaniae*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad del Estado de Durango, en el Instituto Tecnológico Superior de la región de los Llanos.

Material biológico. Se utilizaron 10 cepas de levaduras de nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) de la región de los Llanos.

Activación de las cepas. Las cepas fueron inoculadas en microtubos de 1.5 mLde capacidad, que contenían 1 mLde medio YDP (extracto de levadura, peptona, dextrosa) líquido.

Purificación de las cepas. Se incubaron durante 18 h a 28°C con agitación (120 rpm), posteriormente se inocularon las placas de Petri de 8.5 cm de diámetro por medio de estriado que contenían 20 mL de un medio de cultivo YDP-Agar (extracto de levadura, peptona, dextrosa)enseguida, se realizaron resiembras en placas con YDP-A + Ampicilina las cuales contenían 1 µL ampicilina de 500 mg/ mL de agar,

Identificación morfológica. De esta manera se logró obtener cepas puras para de esta manera realizar la siembra en medio selectivo WL (Cavazza et al., 1992).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cepas que se aislaron y que se purificaron, tienen un olor algo muy parecido a la miel de abeja recién cosechada, dichos aromas se los podemos atribuir a la levadura identificada LN-10 *Clavispora lusitaniae* relacionado a lo que mencionan (Fan et al., 2021). Treviño-Rangel (2012), menciona que este tipo de levaduras del Genero *Candida* oportunistas se han asociado con las manos de trabajadores del área de salud, y es particularmente frecuente en infecciones sistémicas en neonatos prematuros de bajo peso, en el caso de que la mayoría de nuestras cepas de manera presuntiva se relacionan con *Candida parapsilosis*, para disminuir riesgos de quienes manejen estos microorganismos, para el caso de la cepa NL-10 identificada como *Clavispora lusitaniae*, esta levadura tiene importancia biotecnológica ya que puede producir lípidos como lo mencionan Moran-Mejía et al., (2022) y la producción Produccion de aromas florales, como el alcohol β-

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

fenético y terpenos como lo menciona Fan et al., (2021) . En el caso de la cepa NL-7 y NL-8 anteriormente identificadas como *Meyerozyma caribbica* y *Meyerozyma guilliermondii* respectivamente, Romi et al. (2014), mencionan que *M. guilliermondii* es una levadura flavinogénica que es conocida por la sobreproducción de vitamina B2 (riboflavina); además, aislados de *M. guilliermondii* y *M. caribbica* han exhibido un gran potencial en el control biológico de hongos responsables del deterioro poscosecha de frutos y verdura.

Cuadro1. Identificación y comparación de cepas de levaduras

Cepa	Descripción en medio WL	Resultado Secuenciación Valenzuela Núñez 2022, 2022)
NL-2	Contaminada, crecimiento de halo color amarillo, cepa de color cremoso	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-3	Crecimiento halo amarillo, cepa lisa de color blanco cremoso	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-4	Crecimiento halo amarillo, cepa rugosa de color blanco	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-5	Crecimiento halo amarillo, cepa lisa, con un anillo de saturno teñido de color azul	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-6	Crecimiento halo amarillo, cepa rugosa de color blanco	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-7	Crecimiento halo amarillo, cepa lisa de color blanco cremoso	<i>Meyerozyma caribbica</i>
NL-8	Crecimiento halo amarillo, cepa lisa de color blanco cremoso	<i>Meyerozyma guilliermondii</i>
NL-9	Cepa umbilicada de color blanco cremoso	<i>Candida parapsilosis</i>
NL-10	Crecimiento halo amarillo, cepa rugosa de color blanco	<i>Clavispora lusitaniae</i>
NL-11	Crecimiento halo amarillo, cepa lisa de color blanco cremoso	<i>Candida parapsilosis</i>

CONCLUSIONES

Se pudieron identificar 10 cepas de levaduras del Nopal Duraznillo *Opuntia leucotricha*, 7 cepas relacionadas con el género *Candida*, 1 *Meyerozyma caribbica*, levaduras relacionadas a este género han exhibido un gran potencial en el control biológico de hongos responsables del deterioro poscosecha de frutos y verdura 1 *Meyerozyma guilliermondii*, es una levadura flavinogénica que es conocida por la sobreproducción de vitamina B2 (riboflavina), 1 *Clavispora lusitaniae* esta última que participa en la producción de aromas florales, como el alcohol β -fenético y terpenos, Se concluye que al menos tres cepas de las identificadas tienen importancia biotecnológica, y se requiere identificación molecular para asegurar el manejo y uso adecuados de las cepas.

LITERATURA CITADA

- Alfonso, C., López, M., Arechavala, A., Perrone, M. del C., Guelfand, L., & Bianchi, M. (2010). Identificación presuntiva de *Candida* spp. y de otras levaduras de importancia clínica: utilidad de Brilliance *Candida* Agar. *Revista Iberoamericana de Micología*, 27(2), 90–93. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2010.01.008>
- Bustos, G. (n.d.). *Aprovechamiento biotecnológico de productos agropecuarios III*.
- Cavazza, A., Grando, M. , & Zini, C. (1992). Rilevazione della flora microbica di mosti e vini. *Dossier Biotecnologie*, 9(January 1992), 1–4.
- Elsevier. (2012). *Candida parapsilosis, una amenaza desafiante*. 14(56), 157–165. www.elsevier.es
- Fan, G., Liu, P., Chang, X., Yin, H., Cheng, L., Teng, C., Gong, Y., & Li, X. (2021). Isolation and Identification of a High-Yield Ethyl Caproate-Producing Yeast From Daqu and Optimization of Its Fermentation. *Frontiers in Microbiology*, 12(May). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.663744>
- Flores-Hernández, A., Orona-Castillo, I., Murillo-Amador, B., Garcia-Hernandez, J. L., & Troyo-Diequez, E. (2004).

- Yield and physiological traits of prickly pear cactus “nopal” (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 70(2), 97–107. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2004.06.002>
- Linares Sicilia, M. J., & Solís Cuesta, F. (2010). Identificación y diagnóstico en micología clínica guía práctica. *Revista Iberoamericana de Micología*, Capítulo 3, 120.
- Moran-Mejía, A. F., Guillén-Garcés, R. A., Moeller-Chávez, G. E., Hernández-Romano, J., Chávez-Béjar, M. I., Olvera-Carranza, C., & Treviño-Quintanilla, L. G. (2022). Potencial de la levadura oleaginoso *Clavispora lusitaniae* Hi2 en la conversión de residuos agroindustriales a lípidos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 39(1), 6–15. <https://doi.org/10.1016/j.riam.2021.07.001>
- Parte-pérez, D., Antonia, M., & Pilar, M. (2005). Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199416547003>.
- Polizzotto, G., Barone, E., Ponticello, G., Fasciana, T., Barbera, D., Corona, O., Amore, G., Giammanco, A., & Oliva, D. (2016). Isolation, identification and oenological characterization of non-*Saccharomyces* yeasts in a Mediterranean island. *Letters in Applied Microbiology*, 63(2), 131–138. <https://doi.org/10.1111/lam.12599>
- Resultado secuenciación Valenzuela 29 de julio de 2022[28295]*. (n.d.).
- Romi, W., Keisam, S., Ahmed, G., & Jeyaram, K. (2014). Reliable differentiation of *Meyerozyma guilliermondii* from *Meyerozyma caribbica* by internal transcribed spacer restriction fingerprinting. *BMC Microbiology*, 14(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2180-14-52>

EVALUACIÓN DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE PELETS ADICIONADOS CON *Acacia farnesiana*

ASSESSMENT OF DIETS FOR CATTLE WITH PELLETS INCLUDING *Acacia farnesiana*

Emmely Pamela Dimas Villalobos¹, Damián Reyes Jáquez^{1*}, Elia Esther Araiza Rosales³, Hiram Medrano Roldán¹, Francisco Oscar Carrete Carreón³, Diana Sofía Torres Velázquez², Jesús Bernardo Páez Lerma¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, C.P. 34080. Durango, Dgo. México.

²CONAHCYT – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México.

*Autor por correspondencia: damian.reyes@itdurango.edu.mx

RESUMEN

La alimentación en los sistemas productivos bovinos está basada principalmente en forrajes (gramíneas y leguminosas). Se ha encontrado que las hojas secas del huizache (*Acacia farnesiana*), alcanzan un 18 % de proteína y una digestibilidad *in vitro* del 65.9 %, por lo que puede ser empleado como ingrediente potencial para la dieta de bovinos. Por lo anterior, se evaluó el efecto de diferentes niveles de inclusión de pelets adicionados *Acacia farnesiana* en la dieta de bovinos, sobre la composición química proximal y fibras, así como, su contenido de taninos condensados y fenoles totales. Se aplicaron cuatro tratamientos de dietas para bovinos con la inclusión de pelets adicionados, así mismo, se caracterizaron incluyendo determinaciones de proteína cruda (PC), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), carbohidratos no estructurales (CNE), taninos condensados (TC) y fenoles totales (FT). El tratamiento con un mayor contenido de proteína cruda fue D3 (75 % de pelets adicionados con huizache) en comparación con la formulación del tratamiento la cual fue de un 12.3 %, así como también tuvo un porcentaje de fibra detergente neutra (FDN) aceptable que está asociado con la ingesta de materia seca. El uso de huizache como alternativa forrajera puede ser una buena opción por su composición química destacando su contenido de proteína y contenido de FDN y lignina. El uso de un proceso como lo es el peletizado, tiene evidentes ventajas como el aumento de tamaño de partícula. Se puede inferir que el tratamiento D3 representa potencialmente una buena opción como dieta para un bovino por su contenido adecuado en proteína cruda, sin embargo, no existe una diferencia estadística entre los tratamientos.

Palabras clave: huizache, tratamiento, forrajes, proteína.

ABSTRACT

Feeding in cattle production systems is based mainly on forages (grasses and legumes). It has been found that the dried leaves of huizache (*Acacia farnesiana*), reach 18% protein and an in vitro digestibility of 65.9%, so it can be used as a potential ingredient for cattle diets. Therefore, the effect of different levels of inclusion of *Acacia farnesiana* pellets in cattle diets on the proximal chemical composition and fibers, as well as their condensed tannin and total phenol content was evaluated. Four treatments of cattle diets with the inclusion of added pellets were applied and characterized, including determinations of crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), non-structural carbohydrates (NSC), condensed tannins (CT) and total phenols (TF). The treatment with a higher crude protein content was D3 (75 % of pellets added with huizache) compared to the treatment formulation which was 12.3 %, as well as having an acceptable neutral detergent fiber (NDF) percentage which is associated with dry matter intake. The use of huizache as a forage alternative can be a good option due to its chemical composition, highlighting its protein, NDF and lignin content. The use of a process such as pelleting has evident advantages such as the increase in particle size. It can be inferred that treatment D3 potentially represents a good option as a diet for cattle due to its adequate crude protein content; however, there is no statistical difference between treatments.

Key words: huizache, treatment, forages, protein.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento del potencial nutritivo de los alimentos, y especialmente de los forrajes, es importante para la formulación y balanceo de raciones; sin embargo, se requiere entender los mecanismos que determinan las diferencias entre animales, alimentos y sus interacciones, para así incrementar la eficiencia de la producción animal (Cerdas, R., 2013). Cuando los bovinos pastorean forrajes de baja calidad nutricional, la producción de metano entérico puede representar pérdidas que varían entre el 15 y el 18% de la energía digestible de la dieta (Carmona *et al.*, 2005).

El principal alimento de los sistemas productivos bovinos está basado en forrajes (gramíneas y leguminosas), ya que los concentrados comerciales tienen un alto costo, aspecto que aumenta los precios de la leche y la carne, disminuyendo la rentabilidad y sostenibilidad de estos sistemas.

Se ha encontrado que las hojas secas de una leguminosa arbórea, el huizache (*Acacia farnesiana*) alcanzan un 18% de proteína con una digestibilidad in vitro del 65.9 % (Burgos *et al.*, 2006), lo que da a este recurso un buen potencial para ser empleado como ingrediente de la dieta.

La presencia de taninos condensados e hidrolizables, son capaces de formar complejos con las proteínas reduciendo la digestibilidad. Además, correlaciones positivas son observadas entre estos componentes y la síntesis de metano ruminal. Los taninos concentrados (TC) tienden a formar complejos con las proteínas las cuales pueden afectar la producción de gas (Tavendale *et al.*, 2005). Algunos beneficios que tiene el peletizado son mejoras en forma de un aumento de la palatabilidad, reducción del desperdicio, y la mejora potencial de utilización de nutrientes dietarios si se utiliza un tratamiento con calor durante el peletizado. Por lo anterior, y debido a que los granos de cereales pueden ser molidos finamente ($< 500 \mu$) e incluidos en dietas peletizadas sin incurrir en problemas de flujo, la eficiencia alimenticia puede ser mejorada comparada con una dieta en harina y con un tamaño de partícula superior. Adicionalmente, el peletizado de dietas permite un incremento del uso de ingredientes con un alto contenido de fibra (disminuyendo su densidad); el peletizado incrementa la densidad del alimento completo permitiendo el ahorro en costos de transporte, y minimizando problemas de almacenamiento (Miller, s.f.). Es por ello, que se pretende conocer el efecto de diferentes niveles de inclusión de pelets adicionados con huizache (*Acacia farnesiana*)

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

en la dieta de bovinos, sobre la composición química proximal y fibras, así como su contenido de taninos condensados y fenoles totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de las hojas de *Acacia farnesiana* se llevó a cabo sobre el tramo carretero que conduce a la localidad de “El Pueblito” en la ciudad de Durango. 1 kg de muestras de las hojas de huizache tomadas al azar se lavaron y se secaron a temperatura ambiente durante una semana. Posteriormente, fueron separadas manualmente para dar paso al proceso de secado en estufa de aire forzado a 55°C por 48-72h hasta peso constante y finalmente se procesaron en un molino hasta un tamaño de malla de 1mm. A continuación, se realizó una identificación de la planta mediante un análisis realizado en el herbario en CIIDIR-Unidad Durango.

Se utilizó una máquina peletizadora de la marca “Romel Commerce” para elaborar pelets balanceados al 14.7 % de proteína con los ingredientes y porcentajes que se enlistan en el cuadro 1 adicionando las hojas de huizache. Posteriormente, se elaboraron cuatro tratamientos balanceados al 12.3% de proteína para lo que se utilizó el software “Oklahoma State University beef ration calculator” añadiendo pelets de *Acacia farnesiana*. Distintos porcentajes (del 25 al 75%), y una dieta control, sin huizache, para evaluar la inclusión de *Acacia* (cuadro 2).

Cuadro 1. Ingredientes utilizados y su porcentaje en los pelets

Ingrediente	Proporción (%)	Proteína cruda (%)
Granos secos de destilería de maíz	4	1.2
Melaza de caña	6	0.36
Maíz molido	60	5.88
Pasta de soya	5	2.4
Harinolina	3.5	1.4
Salvado de trigo	11.5	1.84
Huizache	10	1.71
Total	100	14.79

Cuadro 2. Ingredientes utilizados y su porcentaje en los tratamientos

Ingrediente	DT	D1	D2	D3
Pelets adicionados con huizache	0	25	50	75
Heno de alfalfa de buena calidad	12.5	10	7	4
Heno de avena	12.5	15	18	21
Granos secos de destilería de maíz	10	5	5	0
Maíz molido	64	44	24	4
Piedra caliza	1	1	1	1

DT=tratamiento control (0% pelets); D1=tratamiento con 25% pelets; D2= tratamiento con 50% pelets; D3= tratamiento con 75% pelets.

Se determinó materia seca (MS), extracto etéreo (EE), cenizas (C) y proteína cruda (PC) de acuerdo con procedimientos estandarizados por Official Methods of Analysis (2019). Las fracciones de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LIG) fueron estimadas empleando un analizador de fibra ANKOM siguiendo las instrucciones del fabricante (ANKOM, 2020). Los carbohidratos no estructurales (CNE) y carbohidratos totales (CHOT) fueron estimados empleando las siguientes ecuaciones; $CNE = [100 - (PC + EE + Ceniza + FDN)]$ y $CHOT = (CNE + FDN)$. Los fenoles totales (FT) y taninos condensados (TC) se extrajeron y estimaron de acuerdo con lo reportado por Heimler *et al.* (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis químico de los tratamientos se presentan en el cuadro 3. La inclusión de los pelets adicionados con huizache tiene efectos significativos en el contenido de CE, PC y LIG en los tratamientos, sin embargo, no son diferentes estadísticamente entre cada uno de ellos ($p > 0.05$). El contenido de CE aumentó 10.5% con la adición de los pelets, así como también PC que aumentó en 12.9% en comparación con el tratamiento DT (0% pelets). El contenido de LIG se vio disminuido un 46% con la adición de los pelets en los tratamientos. El contenido de cenizas de las hojas de huizache se encuentra dentro de los parámetros aceptables, ya que estos deben ser de 8 a 10% en leguminosas, las cuales son beneficiosas para las porciones minerales de la nutrición animal (Colomer, *et al.*, 2011). Por otro lado, el contenido de lignina en la hoja de huizache (12.31%) permite un incremento en los complejos lignocelulolíticos; estos complejos afectan la producción de gas a través de la reducción en la digestibilidad (Akanmu *et al.*, 2020). El contenido de EE en la hoja de huizache (1.75%) se encuentra en una proporción aceptable, ya que valores mayores al 7% pueden ser tóxicos para los microorganismos ruminales lo cual puede comprometer la fermentación ruminal (Arenas *et al.*, 2010).

Independientemente de la metodología utilizada para evaluar la calidad, se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB) (Di marco, 2011), por lo que podría considerarse a la hoja de huizache un forraje de media a alta calidad por su contenido de proteína (15.96%) y su contenido de FDN (55.32%).

El contenido de FDN en los tratamientos mostró diferencia significativa en el tratamiento D1 el cual presenta el menor valor en comparación con los demás tratamientos, lo que se puede traducir en un mayor consumo de materia seca por el animal, como menciona FOSS (2018), a medida que aumenta el porcentaje de la FDN, la ingesta de materia seca por lo general se reduce. Sin embargo, aunque haya un mayor consumo de materia seca por su porcentaje de FDN, también se puede observar que en el mismo tratamiento se encuentra el menor porcentaje de proteína cruda. Asimismo, se puede observar que en el mismo tratamiento D1, se encuentra el mayor porcentaje de carbohidratos no fibrosos lo que puede favorecer la reducción en la síntesis de metano al disminuir el índice acetato: propionato en el rumen (Yanti y Yoyota, 2017), sin embargo, es necesario corroborar que el tratamiento cause ese efecto en la dieta del bovino.

Es posible la variación de proteína cruda entre cada uno de los tratamientos debido a la proporción de los ingredientes que tiene cada uno de ellos, así como también puede variar según la producción estacional de los forrajes utilizados. Los valores PC son aceptables considerando que se requiere 8-10% de PC en la dieta de ganado rumiante para un consumo y crecimiento adecuados (Nguyen *et al.*, 2020).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 3. Composición química y porcentaje de fenoles totales y taninos condensados de los tratamientos

%	Tratamiento			
	DT	D1	D2	D3
MS	94.44±0.02 ^a	94.96±0.02 ^a	94.24±0.09 ^a	94.91±0.28 ^a
CE	4.01±0.09 ^a	4.81±0.007 ^a	4.20±0.03 ^a	4.43±0.48 ^a
PC	10.25±0.42 ^a	10.16±0.47 ^a	11.29±0.11 ^a	11.57±0.55 ^a
E.E.	3.84±0.09 ^a	3.11±0.27 ^a	3.02±0.17 ^a	2.90±0.06 ^a
FDN	49.55±10.27 ^a	38.15±1.12 ^a	46.68±0.19 ^a	45.21±1.78 ^a
FDA	12.07±0.97 ^a	11.24±0.96 ^a	9.01±2.89 ^a	8.18±1.58 ^a
HEM	37.48±9.30 ^a	32.27±5.20 ^a	37.67±3.09 ^a	37.02±0.20 ^a
CEL	9.85±0.37 ^a	11.03±1.17 ^a	7.24±1.65 ^a	6.68±2.12 ^a
LIG	11.23±1.33 ^a	4.31±0.10 ^a	2.36±3.51 ^a	5.18±16.78 ^a
CHOT	61.63±11.24 ^a	47.35±0.04 ^a	55.70±2.69 ^a	53.39±3.37 ^a
CNF	32.32±9.84 ^a	43.75±0.38 ^a	34.77±0.11 ^a	35.87±2.89 ^a
FT	27.77±0.50 ^a	26.27±1.25 ^a	21.15±2.37 ^a	29.65±4.87 ^a
TC	5.60±1.00 ^a	4.60±0 ^a	3.60±1.00 ^a	4.60±0 ^a

^aMedias con diferentes literales en la misma hilera son diferentes estadísticamente (Tukey, $p \leq 0.05$); MS=materia seca; CE=cenizas; PC=proteína cruda; E.E.=extracto etéreo; FDN=fibra detergente neutra; FDA=fibra detergente ácida; HEM=hemicelulosa; CEL=celulosa; LIG=lignina; CHOT=carbohidratos totales; CNF=carbohidratos no estructurales; FT=fenoles totales expresados en equivalentes de ácido gálico; TC=taninos condensados expresados en equivalentes de catequina.

CONCLUSIONES

El uso de huizache como alternativa forrajera puede ser una buena opción por su composición química destacando su contenido de proteína, su contenido de FDN y lignina, por lo que se puede utilizar como una opción en la adición a un peletizado como un ingrediente proteico, además de tener un bajo costo y una alta disponibilidad en el Estado de Durango. El uso de un proceso como lo es el peletizado, tiene evidentes ventajas por lo que se puede agregar a una dieta para ganado bovino. En la evaluación de los tratamientos, se puede concluir que el tratamiento D3 puede representar potencialmente una buena opción como dieta para un bovino por su contenido adecuado en proteína cruda, sin embargo, no hay diferencia estadística significativa entre los tratamientos. Se debe llevar a cabo una evaluación de la generación de metano para evaluar el efecto del contenido de fenoles en los tratamientos.

LITERATURA CITADA

- Akanmu A.M., Hassen A., Adejoro F.A. 2020. Gas production, digestibility and efficacy of stored or fresh plant extracts to reduce methane production on different substrates. *Animals*. 10:146. <https://doi.org/10.3390/ani10010146>
- ANKOM. 2020. Fiber analyzer operator's manual. ANKOM Technology, USA.
- Arenas F.A., Noguera R.R., Restrepo L.F. 2010. Efecto de diferentes tipos de grasa en dietas para rumiantes sobre la cinética de degradación y fermentación de la materia seca in vitro. *Rev Col Cien Pec*. 23(1):55-64. Consultado en línea 23/08/2023. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/324530>
- Burgos, A. A., Góngora, R. C., Leal, C. C., Campos, C. Z., Castro, C. S. 2006. Composición química-nutricional de árboles forrajeros.
- Carmona, J. C., Bolívar, D. M., Giraldo, L. A. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 18(1), 49-63.
- Cerdas, R. 2013. Formulación de raciones para carne y leche: Desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 133-158.
- Colomer, F. J., Herrera, L., Gallardo, A., Bovea, M. D., Robles, F. 2011. El biosecado como proceso biológico para minimizar la humedad de residuos de jardinería.
- Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. *Producir XXI, Bs. As*, 20(240), 24-30.
- FOSS. 2018. El análisis de la fibra en el pienso animal: Fibra cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) - los estándares y las opciones de automatización. [sin lugar]: [sin editorial]. 32 p. Consultado

- en línea 23/08/2023. <https://www.coursehero.com/file/39705883/eBook-Fibre-analysis-of-animal-feed-ESpdf/>.
- Heimler, D., Vignolini, P., Dini, M. G., Romani, A. 2005. Rapid tests to assess the antioxidant activity of *Phaseolus vulgaris* L. dry beans. *Journal of agricultural and food chemistry* 53(8): 3053–3056.
- Miller, T. G., Tokach, M. D., DeRouchey, J. M. s.f. Influencia del peletizado.
- Nguyen, D.V., Vu, C.C., Nguyen, T.V. 2020. The Current Utilisation and Possible Treatments of Rice Straw as Ruminant Feed in Vietnam: A Review. *Pakistan Journal of Nutrition* 19(3): 91-104.
- Official Methods of Analysis. 2019. 21st Ed., AOAC INTERNATIONAL, Rockville, MD, Method **2014.05**. consultado en línea 20/08/2023. https://www.eoma.aoac.org/gateway/readFile.asp?id=2014_05.pdf
- Tavendale M.H., Meagher L.P., Pacheco D., Walker N., Attwood G.T., Sivakumaran S. 2005. Methane production from in vitro rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Anim Feed Sci Technol.* 123(124):403–419. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.04.037>
- Yanti, Y.; Yayota, M. 2017. Agricultural by-products as feed for ruminants in tropical area: nutritive value and mitigating methane emission. *Reviews in Agricultural Science* 5: 65-76.

EVALUACIÓN FINANCIERA DEL BAGAZO DE AGAVE MEZCALERO (*Agave durangensis*) COMO SUSTRATO PARA LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS

FINANCIAL EVALUATION OF AGAVE MEZCALERO BAGASSE (*Agave durangensis*) AS A SUBSTRATE FOR THE PRODUCTION OF VEGETABLES

Jessica Lizeth Gómez Vargas¹, Oscar Gilberto Alaniz Villanueva^{1*}, Jaime Herrera Gamboa¹, Oscar Silva Marrufo¹

¹Tecnológico Nacional de México, Maestría en Ingeniería. Instituto Tecnológico de Durango-Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango-México Km. 22.5 C.P. 34371

*Autor por correspondencia: oscar.av@vguadiana.tecnm.mx

RESUMEN

En el estado de Durango cada año se producen alrededor de 300,000 L de mezcal a granel, de los cuales 50,000 L se producen en los municipios de Durango y Nombre de Dios, llegando a generar hasta 300 toneladas de bagazo en peso seco al año. Por ello, se hace necesario utilizar nuevas tecnologías para aprovechar los subproductos generados, reincorporarlos a la cadena de producción y que sus aplicaciones biotecnológicas contribuyan a una producción agrícola más sostenible y eficiente. Ante este escenario se planteó como objetivo. Conocer la rentabilidad de la producción de sustrato derivado del bagazo de agave mezcalero (*Agave durangensis*), evaluando la viabilidad financiera de la producción y comercialización del sustrato en dos etapas, primero se realizó una investigación de mercado para conocer la rentabilidad económica al comercializar el producto. La segunda consideró únicamente la producción de tomate con sustrato de bagazo de agave. Los indicadores resultaron positivos y favorables; el VAN es de \$94,427.74 y la TIR es 29.92%. Se recupera la inversión a los 2 años, 7 meses y 21 días de comenzado el proceso productivo. El índice B/C obtenido es de 1.34 esto indica que por cada peso invertido se obtiene 0.34 pesos de ganancia neta, económica y financieramente el proyecto se considera viable. El uso de bagazo de agave mezcalero compostado es una alternativa sustentable y económica a los suelos degradados, contaminados o erosionados, al ser empleado como mejorador de suelos, y también como sustrato para la producción de hortalizas bajo condiciones de invernadero.

Palabras clave: Residuos; Composta; Rentabilidad; Inversión.

ABSTRACT

In the State of Durango, around 300,000 L of bulkmezcal are produced each year, of which 50,000 L are produced in the municipalities of Durango and Nombre de Dios, generating up to 300 tons of dry weight bagasse per year. Therefore, it's necessary to us new technologies to take advantage of the generated by-products, reincorporate them in to the production chain and that their biotechnological applications contribute to a more sustainable and efficient agricultural production. Given this scenario, the objective was set. To know the profitability of the production of substrate derived from the bagasse of mezcalero agave (*Agave durangensis*), evaluating the financial viability of the production and commercialization of the substrate in two stages, first a market investigation was carried out to know the economic profitability when commercializing the product. The second considered only tomato production whit agave bagasse substrate. The indicators are positive and favorable; the VAN is \$94,427.74 and the TIR is 29.92%. The

investment is recovered 2 years, 7 months and 21 days after the start of the production process. The B/C index obtained is 1.34, this indicates that for each peso invested, 0.34 pesos of net profit are obtained, economically and financially the project is considered viable. The use of composted mezcalero agave bagasse is a sustainable and economical alternative to degraded, contaminated or eroded soils, as it is used as a soil improver, and also as a substrate for the production of vegetables under greenhouse conditions.

Keywords: Wastes; Compost; Profitability; Investment.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con más de 200 especies de agave, de las cuales, actualmente 64 son magueyes mezcaleros. En 2019 la industria mezcalera en México produjo 7,145.039 millones de litros, alcanzando un valor estimado de 6,942 mdp y representando nuestro país en 68 países. (CRM, 2019). En este año el CRM registró que el 2.1% del Mezcal proviene del maguey cenizo *Agave durangensis*. Esta industria genera grandes cantidades del deshecho conocido como bagazo de agave, el bagazo es el material resultante de la extracción de los azúcares fermentables para producir mezcal y está compuesto de azúcar, celulosa, lignina y hemicelulosa, lo cual lo convierte en un material difícil de degradar y puede tardar hasta 4 años en descomponerse en forma natural (Rodríguez *et al.*, 2010). En el estado de Durango cada año se producen alrededor de 300,000 L de mezcal a granel (Rosas *et al.*, 2013) de los cuales 50,000 L se producen en los municipios de Durango y Nombre de Dios (Almaraz *et al.*, 2007), llegando a generar hasta 300 toneladas de bagazo en peso seco al año. Los procesos para la elaboración de mezcal son regulados por la NOM-070-SCFI-1994 Bebidas-Alcohólicas- Mezcal-Especificaciones, la cual es aplicada para el control de calidad de este producto, sin embargo, no existe una norma que especifique el manejo y disposición del bagazo de agave, lo que implica que los productores lo quemem o lo viertan al cauce de los ríos aledaños provocando serios problemas de contaminación. Diversos autores han estudiado su aprovechamiento en la agricultura y ganadería, tal es el caso de Crespo González *et al.*, 2018 reportó influencia positiva del bagazo de agave como sustrato para producir plántulas de agave azul tequilero. pero aún no se ha logrado establecer un método eficaz para su aprovechamiento. Por ello, se plantea la evaluación de la rentabilidad de la producción de sustrato derivado del bagazo de agave mezcalero (*Agave durangensis*), a través de nuevas tecnologías para aprovechar los subproductos generados, reincorporarlos a la cadena de producción y que sus aplicaciones biotecnológicas contribuyan a una producción agrícola más sostenible y eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el área de invernaderos del Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Guadiana ubicado en el Ejido Villa Montemorelos Durango, carretera México Km 22.5. Para el desarrollo del análisis financiero se tipificó el invernadero de acuerdo con el equipamiento tecnológico; se determinaron los coeficientes técnicos en el cultivo de tomate, con sustrato de bagazo composteado. La evaluación se realizó en dos etapas, primera se realizó una investigación de mercado para conocer la rentabilidad económica al comercializar el producto. La segunda consideró únicamente la producción de tomate con sustrato de bagazo de agave.

Análisis Financiero

El modelo financiero de un proyecto o negocio es el diseño de la proyección a futuro de los ingresos y egresos, evalúa su rentabilidad a través del análisis de indicadores dinámicos como; Valor Actual

Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Plazo de Recuperación de la Inversión (PRI) (Brigham, 2006).

El estimado de los indicadores se realizó aplicando la metodología de Gitman (2007).

Para valorar la factibilidad de la inversión a realizar, con los ingresos y costos de producción proyectados se calculó el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el índice de beneficio-costos (B/C), estos valores se compararon con la metodología tradicional de la evaluación de proyectos. El horizonte de producción es a cuatro años. Se determinó una tasa de actualización del 10%, tomando en cuenta que hay riesgos de mercado por ser un proyecto nuevo (Tabla 1).

La relación Beneficio – Costo es el cociente de dividir el valor actualizado de los beneficios del proyecto (ingresos) entre el valor actualizado de los costos (egresos) a una tasa de actualización.

$$\text{Relación B/C} = \frac{371982.50}{277554.76} = 1.34$$

Periodo de recuperación de la inversión

Una vez obtenido el flujo acumulado en el horizonte de planeación del proyecto Tabla 2, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{PRI} = n - 1 + \frac{(FA)_{n-1}}{(F)_n}$$

Donde: n = año en el que cambia el signo del flujo acumulado.

1 = Flujo neto de efectivo acumulado en el año previo a n .

neto de efectivo en el año n .

$(FA)_{n-1}$ =

$(F)_n$ = Flujo

Sustitución:

$$\text{PRI} = 3 - 1 + \frac{65088}{101104.5}$$

$$\text{PRI} = 2 + 0.64$$

$$\text{PRI} = 2.64$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice B/C obtenido es de 1.34 por lo que económica y financieramente el proyecto se considera viable. Este índice indica que por cada peso invertido se obtiene 0.34 pesos de ganancia neta. El VAN obtenido fue de \$94,427.74 (mayor a cero), una TIR del 29.92% (este valor fue mayor a la tasa de descuento) es decir, el rendimiento de la inversión será mayor que el mínimo fijado aceptable.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tabla 1. Indicadores de rentabilidad para gabazo

AÑO	INGRESOS	COSTOS	FLUJO DE EFECTIVO	TASA (1 + t) - n	INGRESOS ACTUALIZADOS	EGRESOS ACTUALIZADOS
0	\$ -	\$ 150,138.00	-\$ 150,138.00	1.00000	\$ -	\$ 150,138.00
1	\$ 60,000.00	\$ 36,760.00	\$ 23,240.00	0.90909	\$ 54,545.45	\$ 33,418.18
2	\$ 101,000.00	\$ 39,190.00	\$ 61,810.00	0.82645	\$ 83,471.07	\$ 32,388.43
3	\$ 142,814.00	\$ 41,709.50	\$ 101,104.50	0.75131	\$ 107,298.27	\$ 31,336.96
4	\$ 185,454.18	\$ 44,322.98	\$ 141,131.21	0.68301	\$ 126,667.70	\$ 30,273.19
TOTAL	\$ 489,268.18	\$ 312,120.48	\$ 177,147.71		\$ 371,982.50	\$ 277,554.76

Tabla 2. Recuperación de la inversión.

AÑO	FNE Actualizado	FNE Actualizado
0	\$ 150,138.00	-\$ 150,138.00
1	\$ 23,240.00	-\$ 126,898.00
2	\$ 61,810.00	-\$ 65,088.00
3	\$ 101,104.50	\$ 101,104.50
4	\$ 141,131.21	\$ 141,131.21

Como la unidad de tiempo utilizada en la proyección son meses de 30 días, el periodo de recuperación para 2.64 equivaldría a 2 años + 7 meses + 21 días. Lo que indica que el monto de la inversión que se destine para la instalación del proyecto será recuperable en un corto plazo. Con base en Gurrola (2016). La composta tiene efecto en la estructura del suelo que influye en la circulación del aire y agua, provocando cambios de pH a causa de la mineralización de la materia orgánica. La transformación del bagazo de agave es un abono con características aceptables para su aplicación como mejorador de suelos y fuente de nutrimentos para las plantas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos reflejan la posibilidad de sustituir al sustrato comercial, en el área de influencia de las vinatas. Al ser reutilizado, se aprovecharía el 100% del gabazo que es desechado en los márgenes de los ríos y arroyos. A través de la técnica de compostaje, se pondrá a disposición su valor nutricional para la producción de hortalizas, así se reduciría el impacto ocasionado por este desecho, además de reducir los costos de producción, ya que la composta puede elaborarse localmente.

El uso de bagazo de agave mezcalero compostado es una alternativa sustentable y económica a los suelos degradados, contaminados o erosionados, al ser empleado como mejorador de suelos.

La rentabilidad de la propuesta se evidenció en la evaluación económico – financiera. Se obtuvo un VAN de \$94,427.74 (mayor a cero), una TIR del 29.92% este valor fue mayor a la tasa de descuento. El índice B/C fue de 1.34 y la inversión será recuperable en un corto plazo.

LITERATURA CITADA

- Brigham, Eugene y Houston, Joel (2006). Fundamentos de Administración Financiera. (10ª ed.) México: Cengage Learning Editores. pp. 831.
- CRM (Consejo Regulador del Mezcal). 2019
- Crespo González, M. R., González Eguarteq, D. R., Rodríguez Macías, R., Rendón Salcido, L. A., Del Real Laborde, J. I., & Torres Morán, J. P. (2018). Evaluación de la composta de bagazo de agave como componente de sustratos para producir plántulas de agave azul tequilero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(8), 1161–1173. <https://doi.org/10.29312/remexca.v4i8.1130>
- Gitman, Lawrence J. (2007). Principios de Administración Financiera. 11 va. Ed.: México. Ed. Pearson Educación, 694 pp.
- Gurrola A., D. L. 2016 Aprovechamiento integral del bagazo de agave mezcalero cocido para su uso en la agricultura y ganadería. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Durango, Dgo. México. 65 p.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2020. <http://www.siap.gob.mx>

ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ANIMAL DE UN ÁREA DE PASTIZAL EXCLUIDO AL PASTOREO DENTRO DEL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS

ESTIMATION OF THE ANIMAL CARRYING CAPACITY OF A GRASSLAND AREA EXCLUDED FROM GRAZING WITHIN THE SIERRA DE ORGANOS NATIONAL PARK

Alfredo Martínez-Salazar¹, Amaury Esquivel-Romo¹, Arturo Bustamante-Andrade¹, María Esther Ríos-Vega¹, Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán^{1*}

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia

*Autor por correspondencia: ulises.gutierrez@ujed.mx

RESUMEN

Las áreas de pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos son consideradas un problema desde el punto de vista forestal, ya que no se encuentra ganado doméstico que pueda pastar y reducir su cantidad; al transcurrir el tiempo estos se secan y son combustible que puede ser fuente iniciadora de incendios. El objetivo de este trabajo fue determinar la cantidad de forraje disponible y calcular la capacidad de carga animal del área, con la finalidad de proponer la reintroducción de ganado como estrategia para mantener controlada la cantidad de combustible. El Parque Nacional Sierra de Órganos se localiza al noroeste de la cabecera municipal de Sombrerete, Zacatecas; comprende una superficie de 1,124.65 hectáreas y tiene un rango altitudinal que varía de 2,120 a 2,560 m. Sus coordenadas geográficas son: 23°47'14'' latitud Norte y 103°48'26'' longitud Oeste. Dentro del parque, el área de estudio comprendió dos áreas "Los gatuños" y "Uso público", se diseñó un sistema de muestreo sistemático para la ubicación de las unidades de muestreo en el terreno, se distribuyeron un total de 66 puntos en un área de 146.42 ha, Los resultados encontrados fueron de 156.93 ton de materia seca total para el área de estudio, un coeficiente de agostadero de 4.59 ha/unidad animal y capacidad de carga animal de 31.89 unidades animal al año. Estos valores encontrados deben ser tomados con cautela, ya que el área de estudio está excluida al pastoreo desde el año 2008, la biomasa puede estar sobre valorada por residuos de crecimiento de años pasados.

Palabras clave: pastizal, biomasa, pastoreo, capacidad de carga animal, unida animal.

ABTRACT

The grassland areas of the Sierra de Organos National Park are considered a problem from the forestry point of view, since there are no domestic cattle that can graze and reduce their number; over time they dry out and become fuel that can be a source of fire starters. The objective of this work was to determine the amount of available forage and calculate the carrying capacity of the area, to propose the reintroduction of cattle as a strategy to keep the amount of fuel controlled. The Sierra de Organos National Park is located northwest of the municipal seat of Sombrerete, Zacatecas; It covers an area of 1,124.65 hectares and has an altitudinal range that varies from 2,120 to 2,560 m. Its geographical coordinates are: 23°47'14" North latitude and 103°48'26" West longitude. Within the park, the study area included two areas "Los gatuños" and "Public use", a systematic sampling system was designed for the location of the sampling units on the ground, a total of 66 points were distributed in an area of 146.42 ha. The results found were 156.93 tons of total dry matter for the study area, a pasture coefficient of 4.59 ha/animal unit and animal carrying capacity of 31.89 animal units per year. These values found should be taken with caution, since the

study area has been excluded from grazing since 2008, the biomass may be overvalued due to growth residues from past years.

Keywords: grassland, biomass, grazing, animal carrying capacity, animal unit.

INTRODUCCIÓN

En el año 1998, el ejido Villa Insurgentes municipio de Sombrerete, Zacatecas, inicio gestiones con la intención de dedicar una superficie de su propiedad a la conservación. Se realizaron estudios y evaluaciones en las que se demostró que los ecosistemas naturales y originales se caracterizan por su gran riqueza y belleza escénica, además del patrimonio natural que representan las geoformas. El 27 de noviembre del año 2000, fue decretada como área natural protegida denominada Parque Nacional, a la región denominada Sierra de Órganos (DOF, 2000).

Los incendios son un fenómeno común en muchos de los ecosistemas terrestres del mundo, incluyendo bosques, selvas, matorrales y pastizales. (Agee, 1993). La supresión total de los incendios forestales ha sido durante mucho tiempo un objetivo de las acciones de protección forestal alrededor del mundo, no solo es imposible de alcanzar, sino que la eliminación del fuego en muchos ecosistemas forestales ha tenido efectos contraproducentes de alteración del hábitat y de acumulación de combustibles con consecuencias como una mayor incidencia de incendios catastróficos (Pyne *et al.*, 1996).

Las áreas de pastizal natural del Parque Nacional Sierra de Órganos son consideradas un problema desde el punto de vista forestal, ya que actualmente en estas no se encuentra ganado doméstico que pueda pastar y reducir su cantidad; por lo cual al transcurrir el tiempo estos se secan y son combustible que puede ser fuente iniciadora de incendios (Membrive *et al.*, 2014).

Dentro de las estrategias para el control de los incendios forestales, está la disminución del combustible del estrato herbáceo, el pastoreo de animales domésticos es utilizado como estrategia efectiva para reducir incendios forestales en áreas de conservación a través de la remoción del combustible ligero; considerado como la mecha para los incendios en el estrato leñosos (Evlagon, 2021). Por otro, el pastoreo interviene en la estructura de la vegetación, fragmentando el paisaje para mantener ciertas zonas densas y otras abiertas, ambos factores son aspectos clave para romper la continuidad de la vegetación y dificultar la propagación del fuego en caso de incendio (Hernández, 2022).

Por los argumentos presentados anteriormente el objetivo de este trabajo fue determinar y mapear la capacidad de carga animal en base a los recursos forrajeros del área de pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Sierra de Órganos se localiza al noroeste de la cabecera municipal de Sombrerete, Zacatecas; comprende una superficie de 1,124.65 hectáreas y tiene un rango altitudinal que varía de 2,120 a 2,560 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: 23°47'14'' latitud Norte y 103°48'26'' longitud Oeste. En el Parque las especies más representativas de la vegetación son: el encino blanco (*Quercus grisea*), encino colorado (*Q. eduardii*), encino roble (*Q. potosina*) con palma (*Yucca decipiens*) y pino piñonero (*Pinus cembroides*). En el estrato herbáceo predominan las gramíneas *Hilaria cenchroides*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Eragrostis intermedia*, *Microchloa kunthii*, *Aristida adscensionis*, *Bothriochloa barbinodis*, y *Lycurus phleoides* (Enriquez-Enriquez *et al.*, 2003).

En el área de estudio delimitada “Los gatuños” y “Uso público”, se diseñó un sistema de muestreo sistemático para la ubicación de las unidades de muestreo en el terreno, este consiste en poner puntos equidistantes con una malla cuadrículada sobre el mapa logrando así que el área de estudio quede completamente cubierta, esto se realizó en el programa ArcGIS se crearon finalmente nueve

transectos de diferentes longitudes y separadas una de otra a 165 m que van del Oeste hacia el Este y ascienden del sur hacia el norte, se distribuyeron puntos de muestreo con una distancia de 165 m de punto a punto en cada transecto, teniendo un total de 66 puntos (Figura 1).

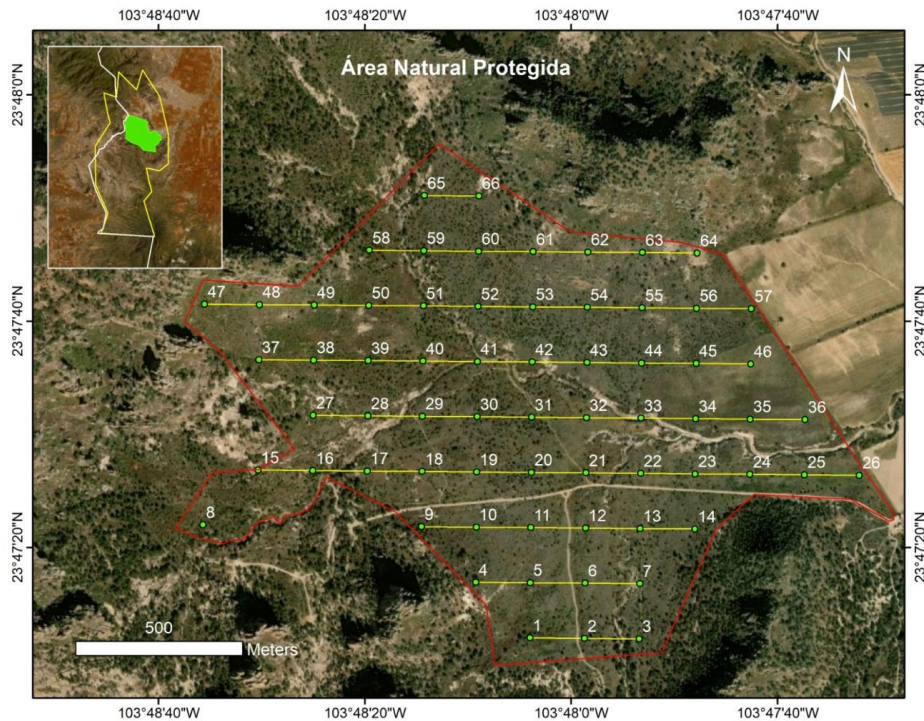


Figura 1. Distribución de transectos y puntos de muestreo dentro del área de estudio

Posteriormente en campo, se utilizó un GPS para encontrar los 66 puntos del estudio, para determinar la biomasa se colocó en cada punto un cuadrante de un metro cuadrado. A continuación, se procedió a identificar la vegetación dentro del cuadrante, toda la información se anotó en una hoja de registro de vegetación, posteriormente se procedió a cortar las muestras con tijeras para poda, estas muestras se pusieron en bolsas de papel kraft. Con los datos generados para cada muestra de biomasa se procedió hacer una base de datos en Excel, el cual contenía la siguiente información: coordenadas POINT_X, POINT_Y, No_ de punto, información sobre gramíneas, Peso húmedo (g), Peso seco (g), menos el ajuste de la tara de la bolsa. Finalmente, con los datos obtenidos se calculó la producción de forraje total del área, capacidad de carga animal y coeficiente de agostadero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información recopilada de la biomasa de gramíneas se utilizó en el programa ArcGIS para generar un mapa de productividad, como resultado la producción mínima fue de 28.93-75.51 g/m² y como máxima 173.71-211.68 g/m² (Figura 2).

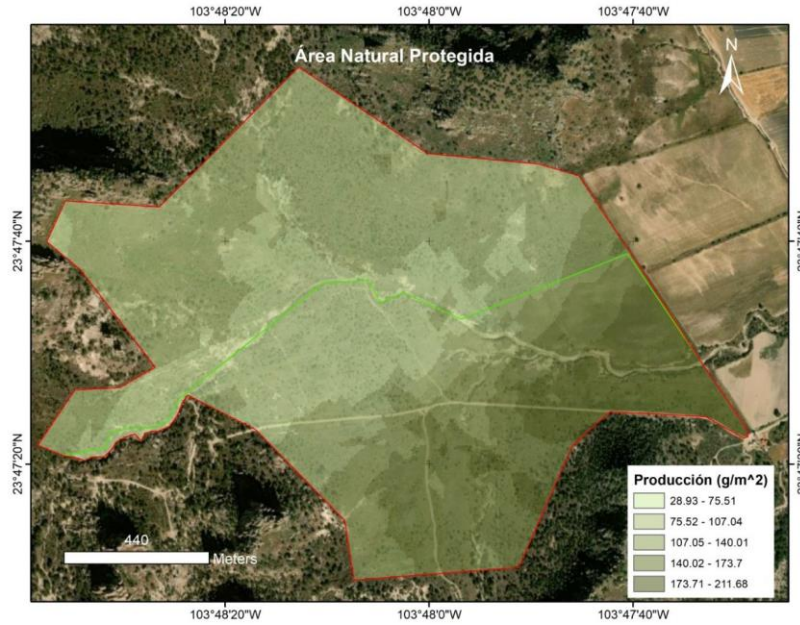


Figura 2. Mapa de producción de forraje de gramíneas del área de estudio

Según García-Peniche y López-Guerrero (2008), mencionan que una Unidad Animal (UA) es equivalente a una vaca de 450 kg con su cría de hasta 6 meses, o bien una vaca seca. La Figura 3 especifica la cantidad de Unidades Animal al año zonificado dependiendo de la producción de forraje encontrada, como mínimo 31-44 UA expresado en color rojo y como máximo 71-83 UA expresada en color verde.

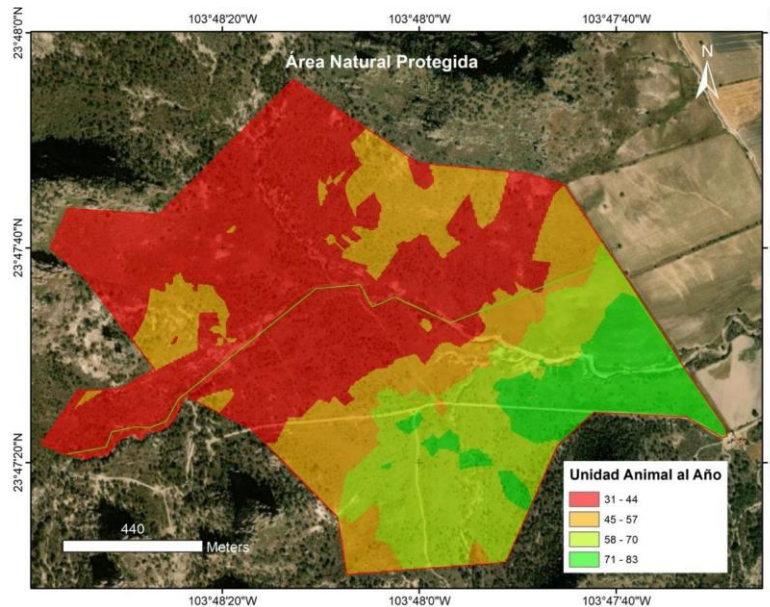


Figura 3. Mapa de unidad animal al año determinado en base a la producción de forraje de gramíneas del área de estudio

INIFAP (2005) y SAGARPA (2011) recomiendan considerar un porcentaje de uso menor a 60 % de la capacidad total de los pastizales, para evitar daños en el suelo, en esta ocasión debido a la indicación y a que se trata de un área.

CONCLUSIONES

El coeficiente de agostadero de 4.59 ha/UA se considera excelente; sin embargo, este valor encontrado debe ser tomado con cautela, ya que el área de estudio está excluida al pastoreo desde el año 2008, por lo cual, en los muestreos de la biomasa, esta puede estar sobre valorada por residuos de crecimiento de años pasados. La cantidad de UA al año determinada fue de 31– 44 y 71 - 83, sin embargo, se recomiendan considerar un porcentaje de uso menor a 60% de la capacidad total para evitar daños la vegetación y el suelo.

LITERATURA CITADA

- Agee, J.K. 1993. Fire ecology of Pacific Northwest Forests. Island Press. Washington D.C. 493 pp.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. Decreto de la Región Denominada Sierra de Órganos. Disponible en: <http://cit.zacatecas.gob.mx/documentos/Legislacion/Decretos/Decreto%20de%20la%20Region%20Denominada%20Sierra%20de%20Organos.pdf> fecha de consulta: 21 de julio del 2022
- Enríquez-Enríquez, E. D., Koch, S. D. & González-Elizondo, M. S. (2003). Flora y vegetación de la sierra de órganos, municipio de Sombrerete, Zacatecas, pp 62-88 disponible en: <https://abm.ojs.inacol.mx/index.php/abm/article/view/928/1094> fecha de consulta: 25 de noviembre del 2022
- Hernández, L., D. Colomina, M. Melero, C. Peiteado. L. Suárez y P. Urivelarrea. 2022. Pastoreo contra incendios. Propuesta de WWF España para adaptar el territorio al cambio climático. WWF España. Disponible en: https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/2022_pastoreo_contra_incendios.pdf fecha de consulta: 01 de septiembre del 2023
- Membrive, S., R., Pérez-Quinquillà, A., Reñé-García, S. & Reyes-León, N. M. 2014. El papel del pastoreo en la reducción de la carga de combustible en los bosques de la Vall d'Alinyà. Disponible en: https://ddd.uab.cat/pub/tfg/2014/130459/TFG_Forestalia.pdf fecha de consulta 30 de agosto del 2023
- Pyne, S. J., Andrews, P.L., y Laven, R.D. 1996. Introduction to wildland fire. John Wiley Nueva York, 769 pp.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/258333900_PRACTICAS_PARA_LA_CONSERVACION_DEL_SUELO_Y_AGUA_EN_ZONAS_ARIDAS_Y_SEMIARIDAS fecha de consulta: 12 de julio del 2022
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2011 ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. p 10 disponible en https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/ajustes_carga_animal.pdf fecha de consulta: 19 de abril del 2023

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILADO DE DOS CULTIVARES DE SORGO FORRAJERO
YIELD COMPONENTS AND NUTRITIONAL VALUE OF SILAGE FROM TWO FORAGE SORGHUM CULTIVARS

Francisco Muñoz López^{1*}, Perpetuo Álvarez Vázquez², Leopoldo Pérez Rojas², Antonio Flores Naveda², María Julia García², Josué García Lopez²

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, Torreón, Coahuila. México. C.P. 27054

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

* Autor por correspondencia: paco_notas96@outlook.com

RESUMEN

El sorgo es un cultivo importante por sus usos a nivel mundial en especial en la ganadería, existiendo gran cantidad de genotipos diferentes. El objetivo fue comparar componentes del rendimiento, su aportación al rendimiento, y valor nutricional de dos genotipos de sorgo (SUPER SORGO SE19 y SUPER SORGO SE45). Se empleó un diseño bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluó; Rendimiento de Forraje (RF), Composición Morfológica (CM), Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC) a una edad de 133 días después de la siembra (DDS). El RF y CM no presentaron diferencia estadística entre genotipos ($p \geq 0.05$), no así entre componentes ($p < 0.05$). 3,392 kg MS ha⁻¹ fue el promedio del RF. El tallo, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con 2,189 y 2,576 kg MS ha⁻¹, para ambos cultivares. Así mismo, la mayor aportación al rendimiento la hizo el tallo con 69 %, seguido por la hoja, inflorescencia y material muerto con 15, 14 y 3 % respectivamente. El cultivar SG19 fue mayor en AF y FC, con 200 cm² planta⁻¹ y 42 % respectivamente. En conclusión, el RF y sus componentes morfológicos no fueron afectados por el genotipo, y bromatológicamente solo en FC el SG19 supero al SG45. El tallo apporto más al rendimiento total.

Palabras clave: Comportamiento productivo, producción de forraje, bromatología del sorgo, composición morfológica.

ABSTRACT

Sorghum is an important crop for its uses worldwide, especially in livestock, and there are a large number of different genotypes. The objective was to compare yield components, their contribution to yield, and nutritional value of two sorghum genotypes (SUPER SORGO SE19 and SUPER SORGO SE45). A completely randomized block design with three replications was used. Forage yield (FR), morphological composition (MC), crude protein (CP) and crude fiber (CF) were evaluated at 133 days after sowing (DDS). The RF and CM showed no statistical difference between genotypes ($p \geq 0.05$), but not between components ($p < 0.05$). The average RF was 3,392 kg DM ha⁻¹. The stem, with 2,189 and 2,576 kg DM ha⁻¹, exceeded the leaf, dead material and inflorescence for both cultivars. Likewise, the greatest contribution to yield was made by the stem with 69 %, followed by the leaf, inflorescence and dead material with 15, 14 and 3 % respectively. Cultivar SG19 was higher in AF and FC, with 200 cm² plant⁻¹ and 42 % respectively. In conclusion, the RF and its morphological components were not affected by genotype, and

bromatologically only in FC did SG19 outperform SG45. The stem contributed more to the total yield.

Key words: productive behavior, forage production, bromatology of sorghum , morphological composition.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cultivo considerado importante por sus diferentes usos a nivel mundial, por lo que, existe un gran número de variedades, genotipos y cultivares, que se les puede dar diferente utilización por presentar comportamiento productivo diferente. Por otra parte, la producción de forraje es una de las actividades primarias más importantes en México y en el mundo ya que constituye la fuente primaria de producción de alimentos altos en proteínas (Huevo, leche y carne). Es así que en la región norte del estado de Coahuila una de las actividades principales es la ganadería la producción de forraje depende de la precipitación pluvial y esta varía de acuerdo con la época del año, disminuyendo la disponibilidad del forraje en la época de invierno e inicios de primavera, esto ocasiona pérdidas en la ganadería regional, se busca una alternativa para disminuir la problemática mediante la siembra de especies forrajeras como lo es el sorgo forrajero ya que puede utilizarse como pastoreo, en verde, en henificado y ensilado, además estos forrajes tienen una alta capacidad de rebrote característica que permite realizar hasta tres cortes por ciclo (INIA, 2005). Por lo anterior, el objetivo fue comparar componentes del rendimiento, su aportación al rendimiento y valor nutricional de dos genotipos de sorgo (SUPER SORGO SE19 y SUPER SORGO SE45).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de marzo a julio de 2020, en condiciones de temporal, en el área experimental el bajío de la UAAAN, Saltillo, Coahuila, México (25° 23' LN y 101° 00' de LO, altitud de 1,783 m, clima templado semiseco, temperatura promedio de 18 °C y precipitación media anual de 340 mm). Se utilizó una parcela de 450 m² (9 x 50 m). donde se establecieron dos genotipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*]; SE19 y SE45. La densidad de siembra utilizada fue de 48,000 plantas ha⁻¹. Como unidad experimental se tomaron 5 surcos de 16.6 m para cada genotipo. Se aplicaron 3 riegos por semana por semana durante la etapa de germinación y posteriormente dos riegos por semana en etapas de desarrollo hasta floración, con riego por goteo con cintilla calibre 6000. Se empleó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se midieron las variables productivas a los 133 DDS; Rendimiento de Forraje (RF), Para determinar rendimiento de forraje se cortaron 5 plantas de cada genotipo, por cada repetición, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial, y su estimación en kg MS ha⁻¹ con el dato de densidad de plantas por hectárea. Composición Morfológica (CM), para esta variable la muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje fueron separadas en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia y cada componente se secó en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial por componente, y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹, Para las variables bromatológicas se utilizaron cinco plantas por repetición, las cuales fueron molidas a un tamaño de partícula de 2 cm con machete y ensiladas en botellas de plástico con capacidad de un litro, totalmente selladas y contenidas en condiciones anaeróbicas, posteriormente a los 60 días, se sometieron a secado en una estufa de aire forzado modelo FE-243, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante y fueron molidas en un molino tipo Thomas-Wiley y se les determinó Proteína Cruda (PC), Para esta

variable se pesó una muestra de alimento soca (estufa) de 1 g pesada la muestra se colocó en un matraz kjeldahl y se añadió una cuchara de mezcla catalítica (sulfato de Potasio + Sulfato de Cobre), en seguida se añadió 25 ml de H₂S₀₄ concentrado (98%) por las paredes del matraz introducir unas perlas de vidrio al matraz kjeldahl y colocar éste en el aparato digestor kjeldahl para poner a ebullición, la temperatura no debe ser mayor de 300°C, porque se perdería nitrógeno. La digestión se terminó cuando el líquido fue claro, se apagaron las parrillas, dejar enfriar y antes de la solidificación de la sal se agregar 250 ml de agua destilada. Si se solidificó el material disolver la sal totalmente. Para la destilación se prepararon los matraces Erlenmeyer de 500 ml y añadir 50 ml de H₃B₀₃ al 48, se añadió colorante mixto (10 gotas), se colocaron los matraces bajo los condensadores, introduciendo los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y colectar 250 o 300 ml de volumen. A los matraces de Kjeldahl digeridos y con agua se añadió 110 ml de NaOH al 45% y unos gránulos de zinc (citalizador), se conectó el destilador rápidamente, ya una vez ajustado el tapón del condensador, se mezcló el contenido del balón rotándolo suavemente se prendieron las parrillas y se destilo el volumen suficiente. Se tituló el amonio recogido con H₂S₀₄, estandarizado (0.1M) o HCl (0.1N), hasta que desapareció el color verde. Se tuvo cuidado en el punto de equivalencia que consiste en un equilibrio entre la parte ácida y la parte básica, por el 10 en la titulación se debe tomar en cuenta el primer cambio de color, para Fibra Cruda (FC), Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y se colocaron en un vaso de Berzelius. Después se agregaron 100 ml de ácido sulfúrico 0.255 N y se abrió la llave del digestor Labconco, y se colocó el vaso en una parrilla. A partir del punto de ebullición de la muestra, se tomó el tiempo de 30 minutos y se inició un calentamiento con agua destilada, el filtro se colocó sobre el embudo, una vez pasados los 30 minutos se filtró la muestra y se lavó con agua caliente. Con la ayuda de una espátula se vació la muestra en un vaso tipo bohemia, y se agregaron 100 ml de hidróxido de sodio 0.313 N. A partir del punto de ebullición se tomó el tiempo de 30 minutos. Posteriormente se retiró la muestra, se filtró y lavo con agua caliente. En un crisol, sacado previamente en una estufa, se colocó la muestra y se dejó 12 horas en una estufa de secado dr200. Pasadas las 12 horas se sacó el crisol de la estufa y se pesó. Finalmente se colocó el crisol en la mufla durante 2 horas, y se enfrió en el desecador durante 10 minutos y se pesó. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM de SAS (Statiscal Analysis Sistem Versión 9.0 para windows), con una comparación de medias con la prueba Tukey al 5 % de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestra que, entre genotipos, el rendimiento total y entre componentes morfológicos no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), sin embargo, el SE19 supero al SE45 en un 8% con 294 kg MS ha⁻¹. El promedio en el rendimiento de forraje fue de 3,392 kg MS ha⁻¹. No obstante, entre componentes dentro de cada genotipo se presentaron diferencias ($p < 0.05$). El tallo en ambos genotipos y en el promedio, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con valores de 2,189 y 2,576 kg MS ha⁻¹, para los genotipos SE19 y SE45, respectivamente. En promedio el tallo aportó al rendimiento total 2,382 kg MS ha⁻¹, seguido por la hoja (470 kg MS ha⁻¹), inflorescencia (448 kg MS ha⁻¹) y material muerto (90 kg MS ha⁻¹). Al respecto Amador y Boschini (2000), reportan en sorgo negro forrajero, una producción máxima de materia seca a los 108 DDS con 10,400 kg MS ha⁻¹, mientras que a una edad semejante a este estudio (133 vs 136 DDS), reportan 7,381 kg MS ha⁻¹. En el Cuadro 2, se muestran los valores del rendimiento total por componente donde no se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p > 0.05$). La mayor aportación promedio la hizo el tallo con 69 % seguido por la hoja con 15 %, la inflorescencia con 14 % y el menor estadísticamente el material muerto con 3 % ($p < 0.05$). Los resultados que se obtuvieron fueron mayores, comparados con Amador y Boschini (2000), quienes reportaron que a los 136 días obtienen un porciento de tallo de 65.8 , en cuanto a la hoja del 9.19 %, inflorescencia

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

11.28 %, en sorgo negro forrajero (*Sorghum almun*). En el Cuadro 3, se muestran los valores del estudio bromatológico donde no se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p > 0.05$), a excepción del 1% de fibra ($p < 0.05$). El porcentaje mayor de fibra cruda se registró en el genotipo SE19 con 42 % de, respecto al genotipo SE45 con valor de 35 % ($p < 0.05$). No obstante, estos resultados son superiores a los encontrados por Tuna y Bressani (1992) en diez materiales criollos evaluados en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola): los valores reportados por estos autores fueron entre 2.82 y 3.03. El promedio de proteína cruda fue de 4.19 %, el genotipo SE19 supero con solo 0.3 unidades al SE45. De acuerdo con Amador y Boschini (2000), el porcentaje de proteína disminuye a medida que la edad de la planta avanza, con valores de 25.97 % a los 38 DDS a 7.70 % a los 136 DDS.

Cuadro 1. Rendimiento total (kg MS ha^{-1}) y su composición morfológica (kg MS ha^{-1}) de dos genotipos de sorgo gigante [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados a 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	RMS	Pr > F
SE19	2189 ^{Aa}	532 ^{Ba}	85 ^{Ba}	437 ^{Ba}	3245 ^a	0.0020
SE45	2576 ^{Aa}	408 ^{Ba}	95 ^{Ba}	458 ^{Ba}	3539 ^a	0.0023
\bar{x}	2382 ^A	470 ^B	90 ^{Ba}	448 ^B	3392	0.0019
Pr > F	0.015	0.741	0.57	0.161	0.02	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). MM = Material muerto.

Cuadro 2. Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	Pr > F
SE19	69 ^{Aa}	17 ^{Ba}	3 ^{Ca}	13 ^{BCa}	<.0001
SE45	71 ^{Aa}	12 ^{Ba}	3 ^{Ca}	14 ^{Ba}	<.0001
\bar{x}	61 ^A	15 ^B	3 ^C	14 ^B	<.0001
Pr > F	0.1	0.4	0.6	0.09	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). MM = Material muerto.

Cuadro 3. Porcentaje (%) Proteína Cruda y Fibra Cruda del ensilaje de dos genotipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados a 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México

Genotipo	Proteína Cruda	Fibra Cruda
SE19	4.3 ^a	42 ^a
SE45	4.0 ^a	35 ^b
\bar{x}	4.19	38
Pr > F	0.68	0.009

Columnas con la misma letra minúscula no indica diferencia ($p > 0.05$)

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos y su aportación a este no fue afectado por el genotipo, cuando se cosecho a los 133 días después de la siembra. El componente que más aportó al rendimiento fue el tallo con un 71 %, seguido de la hoja con 12 %, la inflorescencia con un 14 % y el material muerto con 3 %. Los genotipos solo fueron diferentes en el porcentaje de fibra cruda y proteína cruda, siendo mayor el SE19 respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Amador, A.; Boschini, C. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711212>.
- INIA-Campo Agrícola Experimental Anáhuac (CAEANA). 2005. Guía para cultivar Sorgo Forrajero en el norte de nuevo león Cd. Anáhuac, Nuevo león. México.
- Tuna, E., & Bressani, R. 1992. Composición química de once variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) antes y después del reventado del grano. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 42(3):291-291.
<https://www.alanrevista.org/ediciones/1992/3/art-9/>

EFECTO DEL YESO AGRÍCOLA Y ESTIÉRCOL BOVINO SOBRE CONTENIDO NUTRICIONAL DEL MAÍZ FORRAJERO (*Zea mays*)

EFFECT OF AGRICULTURAL GYPSUM AND BOVINE MANURE ON NUTRITIONAL CONTENT OF FORAGE CORN (*Zea mays*)

M Rocío Aidé Carrasco Rubio¹, Dra. Esperanza Herrera Torres², Dra. Elia Esther Araiza Rosales¹, Dr. Gerardo Pámanes Carrasco³, Dr. Manuel Ismael Mata Escobedo²

¹Facultad de Veterinaria y Zootecnia – UJED

²Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Guadiana

³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera – UJED

Autor por correspondencia:

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones simultáneas de estiércol y yeso agrícola sobre el contenido nutricional de maíz forrajero (*Zea mays*). Se establecieron 7 tratamientos y un testigo, utilizando dosis de 0, 40, 80, 120 y 160 kg•ha⁻¹ de estiércol y 0, 80 y 160 kg•ha⁻¹ de yeso agrícola. Las variables analizadas fueron: cenizas, proteína cruda (PC), extracto etéreo (E.E), fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA). El análisis estadístico (ANOVA) se realizó bajo un diseño completamente al azar. La comparación de medias de Tukey ($p < 0,05$). De acuerdo con el análisis de varianza se comprueba que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en el contenido de PC y FDA reportando 7 y 65% en promedio respectivamente. Por su parte las cenizas se encuentran en dos grupos, donde los tratamientos con los valores más altos fueron las aplicaciones de 80-80 y 120-80 kg•ha⁻¹.

Palabras clave: Forraje, yeso agrícola, estiércol

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of simultaneous applications of manure and agricultural gypsum on the nutritional content of forage corn (*Zea mays*). 7 treatments and a control were established, using doses of 0, 40, 80, 120 and 160 kg•ha⁻¹ of manure and 0, 80 and 160 kg•ha⁻¹ of agricultural gypsum. The variables analyzed were: ash, crude protein (CP), ether extract (E.E), neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). The statistical analysis (ANOVA) was performed under a completely randomized design. Tukey's comparison of means ($p < 0.05$). According to the analysis of variance, it is found that there are no statistically significant differences between the treatments in the content of PC and ADF, reporting 7 and 65% on average respectively. For its part, the ashes are found in two groups, where the treatments with the highest values were the applications of 80-80 and 120-80 kg•ha⁻¹.

Keywords: Fodder, agricultural gypsum, manure

INTRODUCCIÓN

En México, una fuente principal de alimento proviene de la producción bovina. Esta industria representó el 2% del PIB agropecuario, con una producción de 7.8 millones de toneladas de carne, lo que significa un crecimiento de 2.6% anual (SIAP 2019). Uno de los factores de mayor importancia para este sector es la alimentación de los rumiantes pues comprende el 80% en costos de producción. De aquí se desprende la necesidad creciente de la obtención de forrajes, por lo cual se implementan técnicas que ayudan a obtener un mayor rendimiento en los cultivos forrajeros; la fertilización es una práctica esencial en la agricultura que implica la adición de nutrientes a los suelos o medios de cultivo con el propósito de mejorar la salud y la productividad de las plantas. La fertilización adecuada proporciona a las plantas los nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio y varios micronutrientes. Esto resulta en cosechas más abundantes y de mejor calidad, lo que es crucial para la seguridad alimentaria y la economía de la agricultura (INIFAP, 2016); sin embargo, el uso excesivo de fertilizantes químicos convencionales puede tener efectos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del suelo y del agua, la degradación de los ecosistemas y la emisión de gases de efecto invernadero. Por tal motivo, es crucial encontrar alternativas sostenibles en los procesos de fertilización en la producción de forrajes, que contribuyan a optimizar la utilización de los recursos naturales, y con esto contribuir a reducir estos impactos negativos. En este sentido, cabe mencionar que la utilización de fertilizantes naturales, como el estiércol, es de gran importancia; el estiércol es una fuente de nutrientes orgánicos valiosos, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como otros micronutrientes. Utilizar estiércol como fertilizante natural promueve una agricultura sostenible al evitar o reducir el uso de fertilizantes químicos sintéticos. Por otra parte, el yeso agrícola ofrece beneficios en la agricultura y gestión de suelos. El yeso agrícola puede reducir la compactación del suelo y mejorar su estructura. El yeso contribuye a tener una mayor porosidad y capacidad de retención de agua del suelo, lo que facilita la infiltración de agua y aire, y promueve un mejor crecimiento de las raíces de las plantas. En suelos salinos o alcalinos, el yeso agrícola es efectivo para reducir la concentración de sales solubles, lo que mejora la calidad del suelo y disminuye el estrés salino en los cultivos. Además, el yeso agrícola es una fuente de calcio, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y contribuye a la liberación de fósforo, que puede estar bloqueados en el suelo debido a interacciones químicas. De esta manera, la combinación de estiércol y yeso agrícola puede ayudar a mejorar la estructura del suelo al tiempo que reduce la compactación. El estiércol aporta materia orgánica que mejora la formación de agregados del suelo, mientras que el yeso agrícola promueve la porosidad y la circulación de aire y agua en el suelo. Esto resulta en un suelo más saludable y menos propenso a la compactación y por ende una producción de forraje de mejores características nutricionales. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de aplicaciones simultáneas de estiércol y yeso agrícola sobre el contenido nutricional de maíz forrajero (*Zea mays*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela agrícola de riego con una superficie de 2 ha ubicada en el ejido General Felipe Ángeles el cual se localiza en el municipio de Durango, Dgo., México a 16.4 kilómetros, en dirección Noreste, de la ciudad de Victoria de Durango, las lluvias se presentan en verano, principalmente en los meses de julio y agosto la precipitación media del estado es de 600 mm anuales. Los suelos nativos son de tipo aridosol, con un contenido bajo de materia orgánica

(1.5%), alcalino con un pH de (8.2) y una CE de (1.5 dS). El tipo de suelo en el que se trabajó es arcilloso con un sistema de riego rodado.

Se sembró maíz híbrido (Maíz SB-308) durante el ciclo primavera-verano correspondientes a los años 2020 y 2021, a una densidad de 95,000 plantas/ha. Los tratamientos se formularon con las combinaciones de estiércol bovino y yeso agrícola, utilizando 0, 40, 80, 120 y 160 kg•ha⁻¹ de estiércol y 0, 80 y 160 kg•ha⁻¹ de yeso agrícola. para proporcionar la fertilización 180-80-00 recomendada para la región centro – norte de México de acuerdo al manual técnico de INIFAP 2014, lo que da un total de 7 tratamientos. Estos tratamientos se aplicaron en parcelas de 20 x 110 m. La aplicación del estiércol y del yeso agrícola se realizó de manera simultánea en dos momentos: a la siembra y a la primera escarda.

Para la evaluación del forraje se utilizaron micro silos para los cuales se utilizaron bolsas de polietileno con 2 kg del forraje de cada tratamiento con tres repeticiones haciendo un total de 24 mini silos. Los cuales se almacenaron en una bodega que se mantuvo a temperatura ambiente media de 20 °C, por un periodo de 50 días (Araiza et al., 2013). se evaluó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas, con base en los métodos propuestos por la AOAC, (2000). La proporción de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina, con base en el método establecido por Van Soest, (1991), la determinación de %MS, se realizó mediante la técnica de secado en estufa. El pH y C.E. fueron determinados mediante el método descrito por (Gupta y Pradhan, 1977). El análisis estadístico, se realizó bajo un diseño completamente al azar. La comparación de medias de Tukey al 5% de significancia ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido nutricional de forraje: En la Tabla 1 se muestran las variables de la composición química del forraje durante el ciclo 2020. El contenido de cenizas fue diferente entre los tratamientos ($p < 0.05$). Los valores de PC registrados en este estudio son menores a los reportados en otro estudio con maíz forrajero fertilizado con estiércol a diferentes dosis González et al. (2018). Los bajos valores de PC obtenidos en el forraje de maíz durante el ciclo 2020 se pueden atribuir a la escasez de precipitación pluvial la cual fue un 20 % inferior al promedio anual, por lo tanto, la calidad nutricional del forraje fue afectada de manera negativa, ya que el vital líquido es indispensable para la integración correcta de los componentes de la mezcla y de lugar a la formación de la solución transportadora. Por otra parte, las cenizas se encuentran en dos grupos estadísticamente diferentes, donde los tratamientos con dosis de 80-80 y 120-80 kg•ha⁻¹ de estiércol y yeso agrícola, reportan los valores más altos. Cabe mencionar que el contenido nutricional del maíz forrajero obtenido en esta investigación es similar a los valores reportados por Núñez et al. (2010).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tabla 1. Contenido nutricional de forraje ciclo 2020

Mezclas	Cenizas%	PC%	EE	FDN	FDA
0-0	5.58 ^{ab}	6.6 ^a	1.54 ^b	63.91 ^a	29.67 ^b
40-80	4.85 ^{ab}	5.51 ^a	1.38 ^b	63.20 ^a	41.46 ^{ab}
80-160	5.09 ^{ab}	7.13 ^a	2.29 ^a	69.79 ^a	39.12 ^{ab}
80-80	6.23 ^a	6.68 ^a	.64 ^c	62.99 ^a	31.59 ^{ab}
120-80	6.16 ^a	6.48 ^a	.31 ^d	66 ^a	32.42 ^{ab}
120-160	5.03 ^{ab}	5.48 ^a	.60 ^c	64.32 ^a	28.93 ^b
120-0	3.26 ^b	6.53 ^a	1.46 ^b	64.32 ^a	36.53 ^{ab}
80-0	5.2 ^{ab}	7.68 ^a	1.50 ^b	63.06 ^a	50.93 ^a
E.E.	0.51	0.53	0.05	2.29	4.06

^{ab} Medias con letras diferentes no son iguales ($p < 0.05$) MO= Materia orgánica, PC= Proteína cruda, E.E.= Extracto etéreo, FDN=Fibra detergente neutra, FDA= Fibra detergente acida.

El contenido de FDA fue diferente entre tratamientos ($p < 0.05$) Figura 1, no obstante, la concentración de FDN no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$). La concentración de FDN y FDA se encuentran por encima de los valores de un forraje de buena calidad de acuerdo con (Van Soest, et al. 1991), los forrajes con un contenido menor a 40 % de FDN pueden considerarse como de buena calidad, mientras que aquellos que sobrepasan el 60 %, pudieran interferir con la digestión y el consumo.

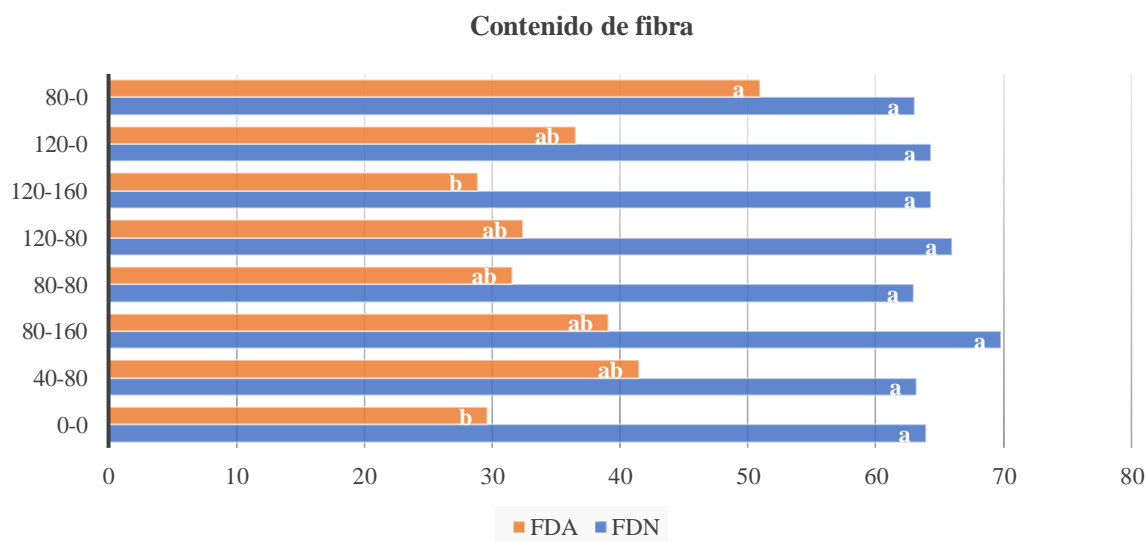


Figura 1.

CONCLUSIONES

El presente estudio fue realizado bajo condiciones atípicas de precipitación pluvial 20% inferior al promedio anual, no obstante, hay diferencias significativas entre tratamientos en contenido de proteína, Los tratamientos en que se aplicaron 80 kg•ha⁻¹ de estiércol, obtuvieron los valores más altos cual hace pensar que el estiércol bovino juega un papel fundamental para obtener un forraje con buenas características nutricionales. Sin embargo, es un factor determinante contar con la disponibilidad de agua suficiente para dar lugar a la integración de la solución con el yeso agrícola

y estiércol bovino para facilitar la transportación radicular de los nutrientes y evaluar de manera inequívoca el efecto producido al mezclar yeso agrícola y estiércol bovino.

LITERATURA CITADA

- Antolín, D., González, R., Goñi, C., & Domínguez, V. (2009). *Rendimiento y producción de gas in vitro de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado*. Técnica Pecuaria en México.
- Di Rienzo, F Casanoves, MG Balzarini, L González. (2011) *Grupo InfoStat, FCA*, Universidad Nacional de Córdoba, Gracia, E., (2004). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. México: Instituto Nacional de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ingaramo, O., Paz Ferreiro, J., & Mirás Avalos. (2007). *Caracterización de las propiedades generales del suelo en una parcela experimental con distintos sistemas de laboreo* (Vol. 32). Coruña: Cadernos Lab.
- INIFAP. (2014) *Muestreo de Suelos y preparación de muestras Campo Experimental Río Bravo Desplegable para Productores Núm. 23: CIR-NORESTE*
- INIFAP. (2016). *Productividad de especies forrajeras cultivadas bajo distintas condiciones de humedad en Durango Pablo Alfredo Domínguez Martínez, Rigoberto Rosales serna*. Durango: CEVAG.
- Martínez G. A. (1994). *Experimentación Agrícola Métodos estadísticos*. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. Pág.357.
- Núñez H.G, Payán G., Pena R., González C., Ruiz B., Arzola A. (2010). *Caracterización agronómica y nutricional del forraje de variedades de especies anuales en la región norte de México*. Mérida Yucatán Mex. Ciencias pecuarias 1 (2)
- SIAP. (2019). *Servicio de información agroalimentaria y pesquera cierre de la producción agrícola por estado*. México. Recuperado el 15 de octubre de 2020
- Zaragoza Esparza, J., & Tadeo Robledo, M. (2019). *Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México*. Valles Altos de México: Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

**INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL *in-vitro* DE RASTROJO DE MAÍZ
TRATADO CON TRES ESPECIES DE *Pleurotus***

***In-vitro* ENVIRONMENTAL IMPACT INDICATORS OF CORN STUBBLE TREATED
WITH THREE SPECIES OF *Pleurotus***

Ulises Oltehua Cruz ^{1*}, José Guadalupe Martínez Martínez¹, Luis Alberto Miranda Romero¹

¹Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 carretera México-Texcoco, C.P. 56230.

*Autor por correspondencia: cruz.u28@gmail.com

RESUMEN

La técnica de producción de gas *in vitro* se ha utilizado para evaluar el efecto de diferentes alimentos, en la fermentación ruminal y se ha utilizado para determinar el efecto del rastrojo de maíz tratado con cepas de *Pleurotus* para estimar los indicadores de impacto ambiental: El metano (CH₄), índice de potencial de calentamiento global(IPCG), índice de impacto ambiental(IIA) y digestibilidad de la materia seca(DIVMS) en tres tiempos distintos post invasión total del sustrato, el método empleado corresponde a la técnica de producción de gases(TPG). La mayor producción de CH₄ lo presenta las tres cepas de estudio en los tiempos de 48 h y 168 h comparados con los testigos, al mismo tiempo que presentan un mayor IPCG que va de 709.31 a 970.87 eq CO₂ (equivalentes de CO₂), el IIA no presenta diferencias estadísticas, la DIVMS aumentó hasta en 262.33 % en relación con el testigo para los tratamientos donde se inocularon hongos siendo superiores y conservando el mismo impacto ambiental.

Palabras clave: Gas, Metano ruminal, Potencial de Calentamiento Global, Digestibilidad.

ABSTRACT

The *in vitro* gas production technique has been used to evaluate the effect of different foods on ruminal fermentation and has been employed to determine the effect of corn stover treated with *Pleurotus* strains to estimate environmental impact indicators: Methane (CH₄), Global Warming Potential (GWP) index, Environmental Impact Index (EII), and Dry Matter Digestibility (DMD) at three different times after total substrate invasion. The method used corresponds to the Gas Production Technique (GPT). The highest CH₄ production is exhibited by all three study strains at 48 h and 168 h compared to the controls, concurrently showing a higher GWP ranging from 709.31 to 970.87 CO₂ eq (carbon dioxide equivalents). The EII does not show statistical differences, while DMD increased by up to 262.33% compared to the control for treatments where fungi were inoculated, demonstrating superior performance while maintaining the same environmental impact.

Keywords: Gas, Ruminal methane, Global Warming Potential, Digestibility.

INTRODUCCIÓN

La producción CH₄ por los rumiantes se deriva de manera natural del proceso digestivo, pero constituye una pérdida de energía y contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ya que es 23 veces más potente que el CO₂. Las estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ está la manipulación dietética-nutricional que parece ser la de mayor potencial, simplicidad y factibilidad (Bonilla & Lemus, 2012).

Los residuos de las cosechas constituyen un grave problema ambiental por los grandes volúmenes generados rebasando la capacidad de biodegradación natural. Los hongos destacan en el ámbito de la biotecnología debido a la gran cantidad y variedad de metabolitos como enzimas que actúan sobre la lignina, un polímero irregular e insoluble, componente de la lignocelulosa que impide la degradación y se interpone en la utilización de la celulosa y la hemicelulosa en forma de azúcares (Feng *et al.*, 2011). La técnica de producción de gas *in vitro* (TPGIV) se ha utilizado ampliamente para evaluar el efecto de diferentes forrajes, alimentos, dietas y aditivos en la fermentación ruminal. El principio de la TPGIV es simular, bajo condiciones controladas de laboratorio, el ambiente ruminal, manteniendo la temperatura, pH, anaerobiosis y aporte de minerales para evaluar la fermentación de diferentes sustratos o aditivos (Storm *et al.*, 2012), sin embargo, debido al creciente interés en el Cambio Climático y de la contribución de la ganadería en las emisiones de GEI, también se le ha utilizado para estimar CH₄ (Crosby & Ramírez, 2018).

MATERIALES Y METODO

El experimento se realizó en el laboratorio de microbiología pecuaria en la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en el km 38.5 de la carretera México-Texcoco, Chapingo, México. Las cepas utilizadas *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. opuntiae*, en la investigación fueron proporcionadas por el Centro de Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales (CB-HCFM) del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla.

Determinación de la producción de gas *in vitro*: Se extrajo líquido ruminal de un toro Holstein fistulado, en ayuno por 12 h. El líquido ruminal se filtró en ocho capas de gasa y se mezcló con una solución mineral reducida en una proporción 1:9 (v/v). Cada litro de solución mineral I [K₂HPO₄ (6 g L⁻¹ de agua); solución II [KH₂PO₄ (6 g), (NH₄)₂SO₄ (6 g), NaCl (12 g), MgSO₄ (2,45 g) y CaCl₂·H₂O (1,6g L⁻¹ de agua)]; 8% solución de carbonato de sodio [Na₂CO₃ (8 g/100 ml de agua)]; solución reductora [L-cisteína (2,5 g), NaOH 2N (15 ml L⁻¹), Na₂S (2,5 g) y resazurina al 0,01% (1 gota por 100 ml de agua)] (Miranda-Romero *et al.*, 2020).

El experimento se realizó utilizando rastrojo de maíz tratado con las cepas de *P. ostreatus*, *P. djamor* y *P. opuntiae* en tres tiempos post invasión miceliar total 48, 168 y 336 horas, con tres repeticiones por tratamiento. De cada muestra se colocaron 0.5 g MS en un frasco ámbar de 125 ml y se añadió 90 ml de inóculo ruminal y una solución reductora simultáneamente bajo un flujo continuo de CO₂. Los frascos fueron sellados e incubados en baño María a 39 °C. Para medir la producción de CH₄ y CO₂ se realizó en base al desplazamiento de un embolo de una jeringa de vidrio a las 6, 12, 18 y 24 horas, donde el desplazamiento cuantifica la producción de gas total. El volumen de gas total en la jeringa de vidrio se inyecta a un frasco con NaOH para que el CO₂ reaccione y quede atrapado en el NaOH y el nuevo desplazamiento indique la producción de metano teórico y por diferencia se calcula el CO₂ (Hernández, 2018). **Digestibilidad de la materia seca (DIVMS):** Papeles filtro Watman No.40 son llevados a la estufa a 65° C por 48 horas, pesarlos y al término de la fermentación de 24 h, el contenido de los frascos se filtra con una bomba de vacío a través del filtro. Los residuos atrapados se llevan a la estufa por 48 horas a 65 °C. **Análisis estadístico:** Se utilizó un diseño completamente al azar con 11 tratamientos y tres repeticiones, el análisis de datos se realizó en el programa SAS versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores de impacto ambiental se presentan en el cuadro 1. Los mayores Vt (P>0.05) fueron *P. opuntiae* 116.38 ml g⁻¹MS, *P. djamor* 146.94 ml g⁻¹MS en el tiempo 48 y *P. opuntiae* 133.37 ml g⁻¹MS, *P. ostreatus* 139.02 ml g⁻¹MS, *P. djamor* 137.54 ml g⁻¹MS en el tiempo 168, la incorporación de hongos en rastrojo en los tiempos 48 y 168 aumentan la producción de CH₄ teórico con un rango de 27.65 a 37.967 ml g⁻¹MS comparados con el testigo 9.02 ml g⁻¹MS, esto debido a la capacidad de degradar selectivamente la lignina, la celulosa y hemicelulosa por su diversidad de

enzimas que permite degradar polímeros en compuestos de bajo peso molecular de fácil absorción para realizar sus funciones de crecimiento (Royse, 2017). El menor V_t lo presentó el testigo $9.02 \text{ ml g}^{-1} \text{MS}$, las cepas *P. ostreatus* a las 48 horas, *P. opuntiae*, *P. ostreatus*, *P. djamor* a las 336 horas se igualaron al rastrojo de maíz tratado con calor y al mismo tiempo el CH_4 teórico disminuye, esto por la pérdida de nutrientes en el sustrato y durante el metabolismo de los hongos en crecimiento presentan una pérdida de CO_2 y H_2O disminuyendo la materia orgánica (García *et al.*, 2011).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1: Indicadores de Impacto Ambiental en la fermentación ruminal de rastrojo de maíz tratado con tres cepas de *Pleurotus* en 48, 168 y 336 horas post invasión total. *Vt*: Volumen total expresado en $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \text{MS}$, CH_4 teórico: Metano teórico expresado en $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \text{MS}$, *IPCG*: índice de potencial de calentamiento global expresado en eq CO_2 , *IIA*: índice de impacto ambiental expresado en $\text{eq CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{MS/ml}$ y *DIVMS*: digestibilidad de materia seca en porcentaje

Tiempo (horas)	Cepa	Vt ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \text{MS}$)	CH_4 teórico ($\text{ml} \cdot \text{g}^{-1} \text{MS}$)	IPCG (eq CO_2)	IIA ($\text{eq CO}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{MS/ml}$)	DIVMS (%)
48	<i>P. opuntiae</i>	116.381 ± 10.173 AB	31.401 ± 5.18 AB	797.82 ± 74.216 AB	6.807 ± 0.290 A	53.216 ± 7.771 AB
	<i>P. ostreatus</i>	106.556 ± 1.440 BC	27.775 ± 2.13 ABC	709.31 ± 28.082 BC	6.656 ± 0.181 A	59.687 ± 1.432 A
	<i>P. djamor.</i>	146.937 ± 5.828 A	37.967 ± 1.293 A	970.87 ± 20.217 A	6.610 ± 0.176 A	61.754 ± 0.843 A
168	<i>P. opuntiae</i>	133.378 ± 4.534 AB	31.993 ± 4.04 AB	827.658 ± 46.077 AB	6.232 ± 0.544 A	56.032 ± 1.895 AB
	<i>P. ostreatus</i>	139.021 ± 6.411 AB	28.4 ± 3.21 AB	739.056 ± 56.063 AB	5.285 ± 0.162 A	45.439 ± 6.587 ABC
	<i>P. djamor.</i>	137.543 ± 5.031 AB	27.65 ± 3.97 ABC	753.87 ± 44.841 AB	5.473 ± 0.172 A	44.290 ± 4.685 ABC
336	<i>P. opuntiae</i>	107.991 ± 6.825 C	23.32 ± 1.85 BCD	614.068 ± 26.555 DE	5.704 ± 0.273 A	48.549 ± 1.724 AB
	<i>P. ostreatus</i>	82.208 ± 8.040 BC	17.828 ± 2.56 CDE	469.107 ± 40.031 CDE	5.724 ± 0.090 A	41.723 ± 4.101 AB
	<i>P. djamor.</i>	81.142 ± 0.309 C	15.609 ± 2.96 DE	419.877 ± 36.878 CDE	5.178 ± 0.463 A	26.035 ± 3.275 CD
0	Rastrojo+calor	75.225 ± 2.918 CD	16.226 ± 5.29 DE	427.35 ± 84.100 DE	5.645 ± 0.897 A	35.091 ± 2.526 BCD
Testigo	Rastrojo bruto	42.242 ± 8.194 D	9.0.27 ± 1.57 E	238.14 ± 32.226 E	5.660 ± 0.347 A	23.540 ± 0.225 D

Comparación de medias por el método TUKEY. Los valores con letras diferentes en cada columna y fila son estadísticamente diferentes ($P > 0.05$).

El IPCG es un indicador del calentamiento causado por la fermentación ruminal de un gramo de materia seca (MS) en 24 h de incubación (De La Rosa, 2023). Los mayores IPCG ($P > 0.05$) lo presentaron las cepas de *P. opuntiae* 797.82 eq CO_2 , *P. djamor* 970.87 eq CO_2 en el tiempo 48 y *P. opuntiae* 827.65 eq CO_2 , *P. ostreatus* 739.05 eq CO_2 , *P. djamor* 753.87 eq CO_2 en el tiempo 168 donde sus emisiones contribuyen al calentamiento global de la tierra y sus efectos al cambio climático (Dodd *et al.*, 2021).

Los menores IPCG se presentaron en el tiempo 336 donde las cepas de interés se igualaron con el rastrojo de maíz tratado con calor 427.35 eq CO₂ y el testigo 238.14 eq CO₂, para el IIA los tratamientos no muestran diferencias entre sí, las cepas utilizadas en el tiempo 48 a 336 tienen un rango de 5.17 a 6.80 eq CO₂·g⁻¹MS/ml siendo similar al rastrojo tratado con calor 5.64 eq CO₂·g⁻¹MS/ml y testigo 5.66 eq CO₂·g⁻¹MS/ml lo que representa que los ml por gramo de MS estarían produciendo las mismas unidades equivalentes a CO₂ en términos de impacto ambiental pero, el rastrojo de maíz tratados con hongos aumentó la DIVMS con un rango de 41.72 a 61.75 % en todos los tratamientos, un aumentó hasta en 262.33 % en relación con el testigo con excepción de *P. djamor* en el tiempo 336 con 26.035 % donde no presento cambios comparados con el rastrojo tratado con calor 35.091 % y rastrojo bruto 23.54 %. Esto se debe a las enzimas producidas por los hongos que atacan los componentes de la pared celular haciendo disponible los productos para la fermentación ruminal.

CONCLUSIÓN

El tratamiento con hongos sobre el rastrojo de maíz modifico los indicadores de impacto ambiental con mayores producciones de CH₄ e IPCG, esto está relacionado a la cantidad de materia que se fermenta en el rumen de tal manera la DIVMS aumentó en relación con el rastrojo de maíz provocando un aumento en los productos de la fermentación *in vitro* lo que indica una mejoría en la calidad nutricional del alimento y con el mismo impacto ambiental.

LITERATURA CITADA

- Armas, T. A., Mata, G., Hernández, C. L. V., & Montiel, G. A. M. (2019). Estructuras tipo toxocistos en *Pleurotus ostreatus* y *P. pulmonarius*. *Scientia Fungorum*, 49, e1250.
- Bonilla, C. J. A., & Lemus Flores, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. *Revista Mexicana Ciencia Pecuaria*, 3(2), 215–246.
- Crosby, G. M. M., & Ramírez, M. M. (2018). técnica de producción de gas in vitro para estimar la producción de metano. *Agroproductividad*, 11(2), 64–69.
- De La Rosa, Z. A. E. (2023). *Predicción del comportamiento productivo de ovinos mediante la técnica de producción de gas*. universidad autonoma chapingo.
- Dodd, N., Donatello, S., & Cordella, M. (2021). *Indicador 1.2 de Level(s): Potencial de calentamiento global (PCG) del ciclo de vida*.
- Feng, C., Zeng, G., Huang, D., Hu, S., Zhao, M., Lai, C., Huang, C., Wei, Z., & Li, N. (2011). Effect of ligninolytic enzymes on lignin degradation and carbon utilization during lignocellulosic waste composting. *Process Biochemistry*, 46(7), 1515–1520.
- García, O. N., Bermúdez, S. R. C., & Serrano, A. M. (2011). formulaciones de sustratos en la producción de setas comestibles *pleurotus*. *Tecnología Química*, 31(3), 272–282.
- Hernández, M. J. (2018). Producción de gases efecto invernadero in vitro de leguminosas arbóreas del trópico seco mexicano Archivos de Zootecnia. In *Arch. Zootec* (Vol. 67, Issue 257).
- Miranda-Romero, L. A., Tirado-González, D. N., Tirado-Estrada, G., Améndola-Massiotti, R., Sandoval-González, L., Ramírez-Valverde, R., & Salem, A. Z. M. (2020). Quantifying non-fibrous carbohydrates, acid detergent fiber and cellulose of forage through in vitro gas production technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(7), 3099–3110.
- Royse, D. J. (2017). *La Biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas Pleurotus spp.*
- Storm, I. M. L. D., Hellwing, A. L. F., Nielsen, N. I., & Madsen, J. (2012). Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. In *Animals* (Vol. 2, Issue 2, pp. 160–183)

AUMENTO DE PROTEÍNA EN GRANOS DE MAÍZ MEDIANTE LA FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO CON *Aspergillus oryzae*

INCREASE PROTEIN IN CORN GRAINS THROUGH SOLID-STATE FERMENTATION WITH *Aspergillus oryzae*

Faviola Ortiz Robledo^{1*}, Gerardo Antonio Pámanes Carrasco¹, Carlota Jurado Marrufo², Elia Esther Araiza Rosales³, Rosa Bertha Rubio Graciano²

¹UJED-Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera. Boulevard del Guadiana # 501 Ciudad Universitaria, Durango, Dgo. Méx C.P. 34160.

²TECNM-Campus Valle del guadiana. Km. 22.5 Carretera Durango-México, Villa Montemorelos, Dgo, Méx. CP. 34371.

³UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

*Autor por correspondencia: favior7@yahoo.com.mx

RESUMEN

La fermentación en estado solido es un bioproceso utilizado ya desde tiempos antiguos en países asiáticos para la producción de alimentos como panes, queso, koji y bebidas como el sake, y hoy en día este proceso se utiliza a nivel mundial para producir alimentos proteico-energéticos de buena calidad y aumentar su biodisponibilidad. Es por eso que el presente trabajo fue realizado con el objetivo de fermentar granos de maíz, con el hongo *Aspergillus oryzae* a diferentes tiempos de fermentación (0 h, 3, 5 y 7 días), para aumentar el contenido de proteína. Los resultados mostraron un incremento de proteína del 14.5 %, siendo los granos de maíz fermentados durante 5 días, los que presentaron mayor contenido de proteína (12.6 %). La fermentación en estado sólido mostró ser una técnica efectiva para mejorar el valor nutricional de los alimentos, por lo que está pudiera ser aplicada para la producción de alimentos para ganado.

Palabra clave: cereales, contenido nutricional, hongos filamentosos, degradación.

ABSTRACT

Solid-state fermentation is a bioprocess used since ancient times in Asian countries for the production of foods such as breads, cheese, koji and drinks such as sake, and nowadays this process is used worldwide to produce protein-energy foods of good quality and increase its bioavailability. Therefore, present work was performed with the objective to ferment corn grains with fungus *Aspergillus oryzae* at different fermentation times (0 h, 3, 5 and 7 days), to increase the protein content. The result showed an increase in protein of 14.5 %, with fermented corn grains for 5 days, having the highest protein content (12.6 %). Solid-state fermentation proved to be an effective technique to improve the nutritional value of foods, so it could be applied to the production of livestock feed.

Keywords: cereals, nutritional content, filamentous fungi, degradation.

INTRODUCCIÓN

La fermentación en estado sólido es una técnica que se ha utilizado en países asiáticos por cientos de años, para aumentar el valor nutricional de alimentos (Bhanja Dey y Kuhad, 2014). Actualmente este proceso biotecnológico ha despertado gran interés, debido a las variadas aplicaciones que se le puede dar a esta técnica. Sus aplicaciones pueden ir desde mejora nutricional, producción de compuestos bioactivos, producción de enzimas, degradación de factores antinutricionales, biotransformación de residuos agroindustriales en productos de valor agregado, producción de alimentos para animales, etc (Joshi y Sandhu, 1996; Terebiznik, 1998; Lee *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2013; Bermúdez *et al.*, 2014; Torres-Leon *et al.*, 2019). La fermentación en estado sólido comprende el crecimiento de un microorganismo en un material sólido y en ausencia de agua libre, de manera que el material sirva como fuente de nutrientes y soporte del crecimiento del microorganismo (Terebiznik, 1998). No todos los microorganismos pueden desarrollarse sobre un sustrato sólido. Las principales limitaciones son los requerimientos de actividad de agua de los diversos microorganismos y de su capacidad de la penetración en el sustrato. Los hongos filamentosos son los más utilizados en este proceso, ya que de forma natural crecen sobre materiales sólidos porque poseen sistemas enzimáticos completos que les permiten utilizar indistintamente varias fuentes de carbono, por su capacidad de adhesión y penetración en las partículas del sustrato y por su capacidad de crecer en presencia de elevadas concentraciones de nutriente, al tiempo que presentan baja tendencia a la esporulación y rápido crecimiento vegetativo (Pastrana, 1996).

El empleo de la fermentación en estado sólido ha sido desde tiempos remotos, ya que es una técnica sencilla y barata utilizada para la producción de alimentos para el ser humano y para aumentar la calidad nutricional de éstos, pero la aplicación de este proceso en la alimentación animal es aún reciente, y hoy ante la alza de precios y carestía de alimentos de calidad, el animal no consume en su alimentación las suficientes cantidades de proteínas, lípidos y carbohidratos necesarios para su desarrollo y reproducción y es así que también se ve mermada la producción de leche y carne. Es por eso que el presente trabajo tiene como objetivo fermentar en estado sólido granos de maíz con *Aspergillus oryzae* para aumentar su contenido de proteico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de química del Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera y en el laboratorio de posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad del Estado de Durango. Se utilizaron como sustratos granos de maíz variedad CAFIME. El hongo *Aspergillus oryzae* se creció en agar dextrosa papa (PDA) a 30 °C por 7 días y después se almacenó a 4°C para su conservación a corto plazo. La fermentación se realizó siguiendo el método descrito por Bhanja Dey and Kuhad (2014), como a continuación se describe: Se pesaron 200g de granos de maíz entero y se vaciaron a un matraz Erlenmeyer de 1L, se agregó 200 mL de agua destilada y se esterilizaron a 121 °C por 15 min, para después enfriar a temperatura ambiente. La suspensión de esporas (1×10^6 esporas /mL) se inoculó (10% de inóculo v/m) sobre la superficie del sustrato esterilizado, los granos se mezclaron e incubaron por 0 h (Tratamiento 2), 3, 5 y 7 días (Tratamientos 3, 4 y 5 respectivamente) a 30 °C. Los granos esterilizados sin inóculo fueron el control (Tratamiento 1) y los granos de maíz sin inóculo ni incubación fueron el Tratamiento 6. La fermentación de los granos se realizó por triplicado. Al término del tiempo de fermentación, los granos se esterilizaron a 121 °C por 15 min y se secaron a 55 °C por 72 h, posteriormente se molieron a un tamaño de partícula de 1 mm en un molino Thomas Wiley (Arthur H Thomas, Philadelphia, PA, USA) para finalmente determinar proteína cruda mediante la técnica micro kjeldahl (AOAC, 1990) y contenido de materia seca (AOAC, 1990). Los

valores de las medias y los errores estándar fueron calculados de los datos obtenidos de los experimentos por triplicado. Los datos se analizaron por medio de análisis de varianza de un solo camino (ANOVA) y para determinar diferencias significativas ($p < 0.05$) se usó la prueba de Tukey (paquete estadístico SAS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de proteína cruda en granos de maíz fermentados con *Aspergillus oryzae* se muestra en el cuadro 1. Los valores presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$), el valor más alto de proteína lo presentó el tratamiento 4 (5 días de fermentación) con un valor de 12.6 %, el incremento de proteína fue del 14.5 %. Los resultados obtenidos indican que la producción de proteína tiene relación directa con el tiempo de fermentación y, el incremento de proteína debe ser al aumento de biomasa del hongo. Diversos estudios han demostrado que la fermentación en estado sólido aumenta el contenido de proteína, por ejemplo, en el 2013 se realizó un estudio con harina de soya fermentada con *Aspergillus oryzae* a diferentes tiempos y se observó que el contenido de proteína incrementó de 50 a 63% después de 7 días de fermentación (Chen *et al.*, 2013). En el 2015 se efectuó la fermentación de harina de soya con *Aspergillus oryzae* a diferentes temperaturas, para determinar el efecto de la temperatura durante la fermentación en el contenido de proteína, la actividad de la enzima fitasa y el contenido de fitatos. Se concluyó que a 50 °C se obtuvo un incremento de 9.2 % de proteína y la degradación de fitatos del 46 % y, el óptimo de actividad de fitasa a 45 °C (Chen *et al.*, 2014). En el 2015 se realizó un trabajo de investigación para determinar el efecto de la fermentación de harina de chícharo con *Cordyceps militaris* en las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina. Los resultados demostraron que la fermentación incrementó el contenido de proteína cruda de 22.13 a 26.43 % (Xiao *et al.*, 2015). En otro estudio realizado en 2018 con harina fermentada de frijol rojo con *Cordyceps militaris* reportó que hubo un incremento de proteína del 9.31 % después de la fermentación (Xiao *et al.*, 2018). Lo anteriormente mencionado deja claro que el proceso de fermentación en estado sólido puede aumentar el contenido proteico de diversos alimentos.

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda en granos de maíz fermentados a diferentes tiempos con *Aspergillus oryzae*

TRATAMIENTO	PROTEÍNA (% MS)
1	11.1±0.17 ^c
2	10.8±0.06 ^c
3	11.7±0.21 ^b
4	12.6±0.14 ^a
5	11.8±0.08 ^b
6	11.0±0.09 ^c
SEM	0.141

Los valores (media ± error estándar) en la misma columna seguidos de diferentes letras en superíndice indican diferencias significativas ($p < 0.05$)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo demostraron que la fermentación en estado sólido es un proceso biotecnológico sencillo y barato que puede ser utilizado para el mejoramiento nutricional de alimentos para ganado. La inclusión de alimentos fermentados en la dieta de bovinos puede mejorar la calidad de la producción de leche y carne en bovinos.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. 15th. ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Bermúdez, S. R. C.; O. N. García; A. M. Serrano; C. M. I. Rodríguez; V. I. Mustelier. 2014. Conversión de residuales agroindustriales en productos de valor agregado por fermentación en estado sólido. *Tecnología Química*. 34(3): 217-225.
- Bhanja Dey, T.; R. C. Kuhad. 2014. Upgrading the antioxidant potential of cereals by their fungal fermentation under solid-state cultivation conditions. *Letters in Applied Microbiology*. 59 (5): 493-499.
- Chen, L.; R. L. Madl; P. V. Vadlani. 2013. Nutritional Enhancement of soy meal via *Aspergillus oryzae* solid-state fermentation. *Cereal Chemistry*. 90(6):529-534.
- Chen, L.; P. V. Vadlani; R. L. Madl. 2014. High-efficiency removal of phytic acid in soy meal using two-stage temperature-induced *Aspergillus oryzae* solid-state fermentation. *J. Sci. Food Agric*. 94(1):113-118.
- Joshi, V. K.; D. K. Sandhu. 1996. Preparation and evaluation of an animal feed byproduct produced by solid-state fermentation of apple pomace. *Bioresource technology*. 56(2-3): 251-255.
- Lee, I. H.; Y. H. Hung; C. C. Chou. 2008. Solid-state fermentation with fungi to enhance the antioxidative activity, total phenolic and anthocyanin contents of black bean. *International Journal of Food Microbiology*. 121:150-156.
- Pastrana, L. 1996. Fundamentos de la fermentación en estado sólido y aplicación a la industria alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*.1(3):4-12.
- Terebiznik, M. R. 1998. Alfa-amilasa de *Aspergillus oryzae*: estudios de producción por fermentación en sustrato sólido, purificación y estabilización. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n3001_Terebiznik.pdf
- Torres, L. C.; G. N. Ramírez; V. J. Ascacio; C. L. Serna; C. M. T. Dos Santos; E. J. C. Contreras; C. N. Aguilar. 2019. Solid-state fermentation with *Aspergillus niger* to enhance the phenolic contents and antioxidative activity of Mexican mango seed: a promising source of natural antioxidants. *LWT-Food Science and Technology*. Pp 46.
- Xiao, Y.; G. Xing; X. Rui; W. Li; X. Chen; M. Jiang; M. Dong. 2015. Effect of solid-state fermentation with *Cordyceps militaris* SN-18 on physicochemical and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour. *WT-Food Sci. and Technol*. 63:1317-1324.
- Xiao, Y.; M. Sun; Q. Znahg; Y. Chen; J. Miao; X. Rui; M. Dong. 2018. Effects of *Cordyceps militaris* (L.) Fr. Fermentation on the nutritional, physicochemical, functional properties and angiotensin I converting enzyme inhibitory activity of red bean (*Phaseolus angularis* [Willd.] W.F. Wight.) flour. *J. Food Sci. Technol*. 55(4):1244-1255.



MEMORIAS

*Durango, Durango
Septiembre 2023*

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tomo 2



COMITÉ CIENTÍFICO

– *Coordinadora general*

Dra. Esperanza Herrera Torres

– *Colaboradores*

Dr. Erikson Basave Villalobos

Dr. Gerardo Pámanes Carrasco

Dr. Jaime Herrera Gamboa

Dr. Manuel Armando Salazar Borunda

Dr. Martín Emilio Pereda Solís

Dr. Rafael Jiménez Ocampo

Dra. Abbi Ortiz Sánchez

Dra. Cinthya Adriana Nava Berumen

Dra. Elia Esther Araiza Rosales

Dr. Daniel Sierra Franco

MC. Pablo Domínguez

Compiladores

Dr. Manuel Armando Salazar Borunda

Dr. Martín Emilio Pereda Solís

MVZ. Andres Saucedo Rentería



Este tomo II comprende los resúmenes de las presentaciones orales y carteles de la mesa de trabajo denominada “*Manejo de Pastizales*”, llevada a cabo en el marco del XII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales de la Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. (SOMMAP), realizado del 27 al 29 de septiembre de 2023 en Durango, México. Los trabajos se reproducen tal como fueron aceptados por el Comité Científico del Congreso. Los autores de cada trabajo son responsables de su contenido.

MANEJO DE PASTIZALES



XII CONGRESO INTERNACIONAL
DE MANEJO DE PASTIZALES

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y AREA FOLIAR EN 14 MAICES NATIVOS EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

Miriam Yulien Gutiérrez Meza¹, Ulises Santiago López², Julio Nieto Aquino¹, Jorge San Juan Lara¹, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Leodan Tadeo Rodríguez Ortega², Alejandro Rodríguez Ortega¹ y Liliana Hernández Corona³ 8

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. A ESTRATOS DIFERENTES DE PLANTA

Perpetuo Álvarez-Vázquez^{1*}, Wilson-García Claudia Y.², José J. Ochoa Espinoza¹, Joel Ventura Rios.¹, Encina-Domínguez Juan A.¹, Shaday A. Soto-Rojas³ 13

CALIDAD DE DIÁSPORAS DE UN ECOTIPO DE BOUTELOUA CURTIPENDULA (MICHX.) TORR. NATIVO DE TEXCOCO, EDOMEX

Joshua Alvarez Acacio¹; José Guadalupe Martínez Martínez¹, Juan José Gutiérrez Sánchez²..... 18

IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS ESPECIES DE PASTOS PARA RESTAURACIÓN DE AGOSTADEROS A TRAVÉS DE MODELADO DE NICHOS AMBIENTALES

Alan Álvarez-Holguín^{1*}, Carlos R. Morales-Nieto¹, Jesús M. Ochoa-Rivero², Raúl Corrales-Lerma¹, Omar Castor Ponce-García² 22

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLA DE MEZQUITE (*PROSOPIS LAEVIGATA*) MEDIANTE TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN EN AMBIENTE CONTROLADO.

José Antonio Murillo-Hurtado¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}, Daniel García-Cervantes¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹ Alberto Muro-Reyes¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹ 27

ENSAYO DE GERMINACIÓN CON TRES TIPOS DE SEMILLAS DE ORÉGANO (*Lippia graveolens* HBK)

Flor Erenia Avilés Cardoza¹, José Ángel Castañeda Venegas², Heriberto de Jesús Maldonado Quiñones^{2*} 32

PRODUCCIÓN EN VIVERO DE PASTOS NATIVOS (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*) EN SISTEMA DE ENVASE

Erickson Basave-Villalobos¹, José Á. Sigala-Rodríguez¹, Miguel Á. Ramírez-Fuentes^{1*}, Erica Arellano-Díaz², Abieser Vázquez González³, Mauricio Velázquez Martínez⁴ 37

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE UN PREDIO GANADERO DOMINADO POR PASTIZAL HALÓFILO MEDIANTE TELEDETECCIÓN

Ana Isabel Carrillo Chavez¹, Ulises Noel Gutiérrez Guzman¹, María Esther Ríos Vega¹, Magali Jeaneth López Calderon¹, y Jorge Arturo Bustamante Andrade^{1*} 41

EVALUACIÓN DEL ÁREA FOLIAR DE 12 MATERIALES CRIOLLOS DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO FORRAJERO EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

José Manuel Cruz Gómez¹, Ernesto Daniel Pérez Manzano¹, Jenni García Jahuey¹, Juan Carlos Alfaro Martínez¹, Judith Callejas-Hernández^{1*}, Alejandro Rodríguez-Ortega¹; Majetzi Azpeitia Ángeles¹, Erick Santiago Martínez Escamilla¹, Jovana, Cerrito Torres¹, Lizbeth Corona Pérez¹, Jessica Juárez Mendoza¹, Esmeralda Cruz Martínez¹, Yessica Santander Hernández¹, Alejandro Vargas Cornejo²..... 46

ANÁLISIS DE VEGETACIÓN Y SUELO EN PASTIZAL IMPLEMENTANDO DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN DURANGO MÉXICO

José Manuel Loera Sánchez¹, Francisco Oscar Carrete Carreón^{2*}, Ramón Gutiérrez Luna³, Pablito Marcelo López Serrano⁴, Adrián Raymundo Quero Carrillo⁵ 51

EVALUACIÓN DE IMAGENES SATELITALES LANDSAT 8 DENTRO DE UN PASTIZAL EN VILLA DE COS, ZACATECAS

José Israel Casas Flores^{1*}, Alfonso Serna Pérez¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹ 56

ESTABLECIMIENTO DE SITIOS PERMANENTES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SALUD DEL PASTIZAL EN COLONIAS DE PERRITO LLANERO EN EL SURESTE DE COAHUILA

Luz María Carbajal Flores¹, J. Javier Ochoa-Espinoza^{1*}, José Antonio Hernández-Herrera¹, Sait Juanes-Márquez¹, Luis Lauro de León-González¹ y Perpetuo Álvarez-Vázquez¹ 61

RESULTADOS PRELIMINARES DE CRECIMIENTO VEGETATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE DE MAÍZ CON DIFERENTE FERTILIZACIÓN BAJO RIEGO POR GOTEO

Daniel Lozano Torres¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas^{1*}, José Ángel Cid Ríos², Alejandro Espinoza Canales¹, Alberto Muro Reyes¹, Francisco J. Gutiérrez Piña¹ 67

RUMBO A UN MANEJO INTEGRADO DEL TERRITORIO DEL EJIDO SANTA ROSA, MAZAPIL, ZACATECAS

Ariel Armando Delgadillo Escobar^{1*}, Alejandro Espinoza Canizales¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez², Héctor Gutiérrez Bañuelos¹, Adriana Lucía Perea Lugo¹ 71

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA TOTAL Y POR COMPONENTE MORFOLÓGICO EN TRIGO VARIEDAD VALLES

Pablo Alfredo Domínguez-Martínez^{1,2*}, Sergio Iban Mendoza-Pedroza¹, Humberto Vaquera-Huerta³, José Isidro Alejos-de la Fuente⁴, Glafiro Torres-Hernández¹ y Arturo Pro-Martínez¹ 77

DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA DE LENTEJA EN PASTIZALES UTILIZANDO ARDUINO

Luis Fuentes Martínez¹, Viktor Rodríguez Abdala¹, Diana Ortiz Esquivel¹, José Ortega Sigala¹, Claudia Sifuentes Gallardo¹, Mario Cleva², Oscar Cruz Dominguez³ y Héctor Durán Muñoz^{1*} 81

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE VEGETACIÓN Y SUELO ASOCIADO A ÍNDICES GENERADOS POR SENSORES REMOTOS

J. Judith Esquivel-Marín¹, Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez^{2*}, Rómulo Bañuelos-Valenzuela¹, Israel Casas-Flores², Luis Roberto Reveles-Torres² 87

REVISIÓN DE ARREGLOS ELECTRÓNICOS PARA LA DETECCIÓN DE LA RESPUESTA ELÉCTRICA EN PASTIZALES

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Luis Fuentes Martínez ¹ , Sodel Vazquez-Reyes ¹ , Ramiro Esquivel Félix ² , Juan Badillo-De Loera ¹ , Ernesto Sandoval ¹ , Ismael de la Rosa ¹ , Gamaliel Moreno Chávez ¹ y Héctor Durán Muñoz ^{1*}	92
EFFECTOS DEL PASTOREO SOBRE EL PASTIZAL EN SIERRA RICA, APFF CAÑÓN DE SANTA ELENA, CHIHUAHUA	
Alondra Jazmín Galindo Rocha ¹ , Christian Jatzareth Simental Fisher ¹ , Carlos Enrique Aguirre Calderón ^{1*} , Francisco Javier Hernández ¹ , Benedicto Vargas Larreta ¹	98
GERMINACIÓN DE SEMILLA DE MARIOLA (<i>Parthenium incanum</i>) BAJO CONDICIONES CONTROLADAS EN TRES REGIONES DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE	
Juan Carlos Ávila Román ¹ , Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas ¹ , Héctor Gutiérrez-Bañuelos ¹ , Francisco J. Gutiérrez-Piña ¹ , Alberto Muro-Reyes ¹ , Alejandro Espinoza-Canales ¹ , Daniel García-Cervantes ^{1*}	103
ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO FORRAJERO UTILIZANDO OPUNTIA FICUS -INDICA (L) MILLER VARIEDAD ROJO PELÓN BAJO CONDICIONES MARGINALES EN VILLA DE COS, ZACATECAS, MÉXICO.	
Eduardo Ruiz Fernández ¹ , Heriberto Rodríguez Frausto ¹ , Fabiola L. Rochín Berúmen ¹ y Daniel Rodríguez Tenorio ¹	107
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PASTO MULATO II (<i>Urochloa HÍBRIDO</i>) A DIFERENTE INTERVALO E INTENSIDAD DE CORTE	
Juan Eduardo Godina Rodríguez ¹ , Jonathan Raúl Garay Martínez ² , Benigno Estrada Drouaillet ¹ , Andrés Gilberto Limas Martínez ¹ , Quintanilla-Medina Jairo J. ¹ , Santiago Joaquín Cancino ^{1*}	112
MANEJO DEL PASTIZALES A TRAVÉS DE ACUERDOS DE COLABORACIÓN, UN MODELO PARA ONGS	
Isamar González García ^{1*}	116
EVALUACION DE CINCO PRACTICAS DE MANEJO AL SUELO PARA LA SIEMBRA DE ZACATE BUFFEL	
Ramón GutiérrezLuna ¹ , David CastilloQuiroz ^{2*} , Francisco CastilloReyes ² , Adriana AntonioBautista ³ , Miguel Agustín VelásquezValle ² , Guillermina Martínez Trejo ⁴	121
DIVERSIDAD GENÉTICA PRELIMINAR DE UNA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE <i>Lotus corniculatus</i> L. MEDIANTE MARCADORES SNP	
Areli Fabiola Gutiérrez Arenas ¹ , Sergio Iban Mendoza Pedroza ¹ , Gabino García de los Santos ¹ , Martha Hernández Rodríguez ^{1*} , María Isabel López Martínez ¹ , Said Cadena Villegas ¹ , Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca ¹ , Miguel Jorge García Winder ² , David Hernández Sánchez ¹ , Juan de Dios Guerrero Rodríguez ³	126
EVOLUCIÓN TAXONÓMICA DE LA TRIBU STPIEAE EN MÉXICO	
Juan José Gutiérrez Sánchez ¹ , José Guadalupe Martínez Martínez ^{2*} , Joshua Álvarez Acacio ²	131
PRESENCIA Y PROPIEDADES DE LAS POACEAS ASOCIADAS A HUMEDALES ARTIFICIALES EN TRES EJIDOS DE POANAS, DURANGO, MÉXICO	

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Gonzalo Hernández Ibarra ^{1,2*} , Jorge Homero Rodríguez Castro ³ , Luis Gerardo Yáñez Chávez ¹ , Mayela Rodríguez González ⁴	135
RED DE PASTOREO SOSTENIBLE: MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS PASTIZALES EN CHIHUAHUA	
Alicia Juárez Pérez ^{1*} , Eduardo Sánchez Murrieta ¹ , Julio Enrique Gallegos Montes ¹ , Gilberto Pérez Arzate ¹ , Arvind O. Panjabi ²	141
IMPACTOS DEL PASTOREO ULTRA-INTENSIVO EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA	
Pedro Jurado Guerra ^{1*} , Humberto Lagos Gómez ² , Gabriel Sosa Pérez ¹ , Alan Álvarez Holguín ³ , Héctor Ramírez Garduño ¹ , José Luis García Pérez ¹	145
ANÁLISIS DE VEGETACIÓN Y SUELO EN PASTIZAL IMPLEMENTANDO DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN DURANGO MÉXICO	
José Manuel Loera Sánchez ¹ , Francisco Oscar Carrete Carreón ^{2*} , Ramón Gutiérrez Luna ³ , Pablito Marcelo López Serrano ⁴ , Adrián Raymundo Quero Carrillo ⁵	155
EFFECTO DEL SOBREPASTOREO EN LA INFILTRACIÓN DE UN SUELO VERTISOL EN LA REGIÓN DE EL SALTO, DURANGO	
Isaac Rodríguez Reta ¹ , Erik Orlando Luna Robles ^{1*} , Carlos Enrique Aguirre Calderón ¹ , Silvia Janeth Bejar Pulido ¹	160
PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN PASTO MULATO II (<i>UROCHLOA</i> HIBRIDO 36087) A DIFERENTE EDAD DE REBROTE	
María Fernanda Martínez Hernández ¹ , Santiago Joaquín Cancino ^{1*} , Joel Ventura Ríos ² , Jonathan Raúl Garay Martínez ³ , Benigno Estrada Drouaillet ¹ , Andrés Gilberto Limas Martínez ¹	165
RELACIÓN DE LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA, CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS Y PRODUCCIÓN FORRAJERA EN POBLACIONES DE PASTO BANDERITA	
Cindy Y. Molina-Salazar ¹ , Carlos R. Morales-Nieto ^{1*} , Alan Álvarez-Holguín ¹ , Raúl Corrales-Lerma ¹ , Eduardo Santellano-Estrada ¹	170
RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y DOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN EN UN PASTIZAL EN EL ESTADO DE DURANGO	
Daniel Mota Ituarte ¹ , Amaury Esquivel Romo ^{1*} , Apolinar González Macilla ¹ , Luis Jesús Barrera Flores ¹ , Fernando Arellano Rodríguez ²	175
COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILADO DE DOS CULTIVARES DE SORGO FORRAJERO	
Francisco Muñoz López ^{1*} , Perpetuo Álvarez Vázquez ² , Leopoldo Pérez Rojas ² , Antonio Flores Naveda ² , María Julia García ² , Josué García Lopez ²	180
GRAMÍNEAS INVASORAS EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE AL NORTE DE MEXICO	
Brenda Yazmín Muro-Robles ¹ , Lizeth Ruacho-González ^{2*} , Jesús Guadalupe González-Gallegos ² , M. Socorro González-Elizondo ² , Martha González-Elizondo ² y Yolanda Herrera-Arrieta ²	185

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

ESTABLECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y SOBREVIVENCIA DE VARIETADES DE BUFFEL EN EL TRÓPICO SECO DE SINALOA

Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez^{1*}, Alfredo Loaiza-Meza¹, Venancio Cuevas-Reyes², Tomás Moreno-Gallegos¹, Jesús Pérez-Márquez¹ 191

RENDIMIENTO DE FORRAJE ESTACIONAL DE LEGUMINOSAS AL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO

Olivas-Pérez Ana Laura^{1*}, Álvarez-Vázquez Perpetuo², Antonio Flores Naveda², Pedroza-Sandoval Aurelio³, García-López Josué Israel², Neymar Camposeco Montejo², Xochitl Ruelas-Chacon² 196

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE AGOSTADERO Y CAPACIDAD SUSTENTADORA DEL EJIDO JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ, GUADALUPE VICTORIA

Mayra Yaneth Palacios Perez^{1*}, Francisca Nataly Lopez Nevarez² 200

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO *Urochloa brizantha* EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BIOL

Petra González Hernández^{1*}, Erika Andrea Hernández², Karla Lissette Silva Martínez¹, Oscar del Ángel Piña¹, Diego Vázquez Aguilar³ 205

PORCENTAJE Y VELOCIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN PROPÁGULOS DE *Tripsacum dactyloides* CON ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Raúl Plascencia Jiménez¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo^{1*}, Leonor Miranda Jiménez¹, Guadalupe Montserrat Valencia Trejo¹, Adrián Hernández Livera¹, Cándido López Castañeda¹ 210

EFFECTO DEL AREA FOLIAR DE DOS HIBRIDOS DE MAÍZ Y SU RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO FORRAJERO EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

Jennifer Santiago Santander¹, Frida Sánchez¹, Martínez, Armando Díaz Batalla¹, Julio Nieto Aquino¹, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Leodan Tadeo Rodríguez Ortega¹, Alejandro Rodríguez Ortega¹, Judith Callejas Hernández¹ 216

RECURSOS GENÉTICOS DE *Disakisperma dubium* EN CONDICIONES DE ESTRÉS HIDRICO

María de Jesús Carrillo Llanos¹, Milton Javier LunaPérez¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo^{1*}, Cándido López Castañeda¹, Leonor Miranda Jiménez¹ 221

PROPÁGULOS GAMETOFÍTICOS POTENCIALES EN GRAMÍNEAS DE TEMPORAL ÁRIDO. *Pennisetum ciliare* L.

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Leonor Miranda Jiménez^{1*}, ¹Nancy Cadena Ramírez, ¹Raúl Plascencia Jiménez 227

PRODUCCIÓN DE SEMILLA ESPOROFÍTICA DE *Cenchrus purpureus* EN CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Milton Javier Luna Guerrero¹, Leonor Miranda Jiménez^{1*}, Nancy Cadena Ramírez¹, Edith Ramírez Segura² 233

ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS EN REGIONES SEMIÁRIDAS. EXPERIENCIA CON APOYO DE RIEGO

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

Adrián Raymundo Quero Carrillo ¹ , Óscar Baeza ² , Alan Eduardo Alarcón Díaz ² , Leonor Miranda Jiménez ^{1*}	238
PATRONES DE TINCIÓN EN CARIÓPSIDES DE PASTOS NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO	
Edith Ramírez-Segura ^{1,2*} , Adrián Raymundo Quero-Carrillo ²	243
CALIDAD EN PROPÁGULOS DE PASTOS DEL GÉNERO <i>Bouteloua</i>	
Edith Ramírez-Segura ^{1*} , Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez ² , Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas ³ , Odilón Gayosso-Barragán ⁴	248
INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO EN BOSQUE DE ENCINO Y PASTIZAL AMACOLLADO	
Héctor Ramírez-Garduño ^{1*} , Gabriel Sosa Pérez ¹ , Pedro Jurado Guerra ¹	254
FECHAS DE ESTABLECIMIENTO: PASTO PANGOLA A TRAVÉS DEL TIEMPO CON BIOESTIMULADOR DE RAICES	
Jovanni Gabriel Ríos-Aguilar ¹ , Sergio Iban Mendoza-Pedroza ^{*2} , Anadelia Antonio-Medina ² , Aurelio Morales-Rivera ¹ , Javier Francisco Enríquez-Quiroz ³ , Marco Antonio Solís Zavala ¹ , Esmeralda Castellanos-Valdés ⁻¹ , Jairo Moisés Malpica-Tinoco ¹ , Jorge Armando Villarea ¹ -Gonzalez ⁴	259
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO OVILLO (<i>Dactylis glomerata</i> L.) BAJO SOMBREADO	
Josué Jonathan Ríos Hilario ¹ , Sergio Iban Mendoza Pedroza ^{1*} , Adelaido Rafael Rojas García ² , Claudia María Isabel Hidalgo Moreno ³ , Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca ¹ , Arturo Pro Martínez ¹ , Fernando González Cerón ⁴	265
CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS COSECHADOS EN CAMINOS	
Marco Antonio Rivas Jacobo ^{1*} , Perla Citlali Garza Moreno ¹ , Blanca Rosa Méndez Martínez ¹ , Camelia Alejandra Herrera Corredor ¹ , Gilberto Ballesteros Rodea ¹	269
DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS AGROPECUARIOS DESPUÉS DE 46 AÑOS EN VALPARAÍSO, ZACATECAS	
Marco Antonio Rodríguez Fernández ^{1,3} , Francisco Guadalupe Echavarría Chairez ^{1,2*} , Rómulo Bañuelos Valenzuela ¹ , Marisol Blancas Mosqueda ¹ , Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez ²	274
ATRIBUTOS PRODUCTIVOS Y MORFOLÓGICOS DE PASTO SWITCHGRASS EN UN AÑO LLUVIOSO EN EL ALTIPLANO ZACATECANO	
Francisco Antonio Rubio Aguirre ^{1*} , José Francisco Villanueva Avalos ² , Adrián R. Quero Carrillo ³ , Miguel Servín Palestra ⁴ , Denise Costich ⁵ , Tom E. Juenger ⁶ , Jason Bonnette ⁷	279
PRODUCCIÓN DE ESPIGUILLAS DE PASTO BANDERILLA EN AÑOS DE BAJA LLUVIA EN EL ALTIPLANO ZACATECANO	
Francisco Antonio Rubio-Aguirre ^{1*}	284

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ÍNDICE

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN PASTOREO DE ALTA DENSIDAD NO SELECTIVO

Sait Juanes Marquez^{1*}, Perpetuo Álvarez Vázquez², José Eduardo García Martínez², Martín Cadena Zapata², Juan Antonio Encina Dominguez², José Javier Ochoa Espinoza², Beatriz Adriana Meza Mireles³ 288

DIVERSIDAD DE GRAMÍNEAS DESPUÉS DE 35 AÑOS (1979-2014) EN DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN EL ARENAL, DURANGO

Jesús Javier Sánchez Ramos^{1*}, Christian Eduardo Álvarez Enríquez¹, Lizeth Ruacho Gonzalez², Julio Cesar Cruz Rivas¹ y Omar Sánchez Ávila¹ 293

PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHAMIZO [*Atriplex canescens* (PURSH) NUTT.] EN MACETAS CON DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS

Leonel Santoyo-López¹, Mercedes Espino-Moreno¹, Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán¹, Jorge Arturo Bustamante-Andrade¹, María Esther Ríos-Vega^{1*} 299

RELACIÓN ENTRE PROTEÍNA CRUDA E ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN EN UN AGOSTADERO DE ZACATECAS

Alfonso Serna Pérez^{1*}, Alberto Cabral Arévalo², José Israel Casas Flores¹, Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹ 304

RELACIÓN ENTRE COBERTURA DEL SUELO DE UN AGOSTADERO SEMIARIDO E ÍNDICES DE VEGETACIÓN EN ZACATECAS

Alfonso Serna Pérez^{1*}, José Israel Casas Flores¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹ 309

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA EN DOS MAICES NATIVOS Y UN HÍBRIDO TRILINEAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL

Francisco Jesús Bautista Barrera¹, Yultzint Xadany González Monroy¹, Mauricio Velázquez Martínez², Rosendo Hernández Martínez³, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Julio Nieto Aquino¹, María de la Luz Estrada Hernández¹ 314

BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES EN NAYARIT, MÉXICO

Abieser Vázquez González^{1*}, Yobani Girón Ruiz¹, José Francisco Villanueva Avalos¹ 319

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE *Cenchrus purpureus*, EN CONDICIONES DE TRÓPICO SECO DE NAYARIT

Abieser Vázquez González^{1*}, Yobani Girón Ruiz¹, José Francisco Villanueva Avalos¹ 325

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y AREA FOLIAR EN 14 MAICES NATIVOS EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO
FORAGE YIELD AND FOLIAR AREA IN 14 NATIVE CORNS IN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

Miriam Yulien Gutiérrez Meza¹, Ulises Santiago López², Julio Nieto Aquino¹, Jorge San Juan Lara¹, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Leodan Tadeo Rodríguez Ortega², Alejandro Rodríguez Ortega¹ y Liliana Hernández Corona³

¹Universidad Politécnica Francisco I. Madero s/n, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. CP. 42660.

²INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México. C.P. 88900.

³Seicodesa SC Silos 417. Col. Valle del Campestre, Aguascalientes, Ags. CP. 20110

*Autor para correspondencia: fjhernandez@upfim.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción de forraje, composición morfológica, área foliar y altura de planta de 14 maíces criollos de diversas partes de México. Se sembró el 21 de abril en suelo a capacidad de campo y después de la segunda escarda se regó con agua del lugar. Se sembró a densidad de 90,000 plantas ha⁻¹. La toma de datos fue a 122 días después de siembra (dds). El experimento se realizó en diseño completamente al azar y Tukey (5%). No se observó diferencia en área foliar y rendimiento de forraje en verde (P>0.05). La altura de planta fue de 1.76 a 3.5 m (P<0.05) y no correspondió a mayor rendimiento de forraje. En composición morfológica, la proporción de hojas fue similar (P>0.05), mientras en tallos, elote y brácteas fue diferente (P<0.05). El maíz proporcionado por el Sr. Hipólito de Cuetzala del Progreso mostró mayor rendimiento de forraje y superó al maíz originario de Tulancingo, Hidalgo. Existe adaptabilidad genética de maíces a otra zona diferente a la de origen.

Palabras clave: Adaptación de maíces, *Zea mays*, composición morfológica, altura de planta.

ABSTRACT

The objective was to evaluate forage production, morphological composition, leaf area, and plant height of 14 genotypes from various parts of Mexico. It was sown on April 21 in soil at field capacity and after the second weeding it was irrigated with local water. It was planted at a density of 90,000 plants ha⁻¹. Data collection was 122 days after sowing (das). The experiment was carried out in a completely randomized design and Tukey (5%). No difference was observed in leaf area and green forage yield (P>0.05). Plant height was 1.76 to 3.5 m (P<0.05) and did not correspond to higher forage yield. In morphological composition, the proportion of leaves was similar (P>0.05), while in stems, corn and bracts it was different (P<0.05). The corn provided by Mr. Hipólito de Cuetzala del Progreso showed higher forage yield and surpassed the corn originating in Tulancingo, Hidalgo. There is genetic adaptability of maize to another area different from the one of origin.

Keywords: Maize adaptation, *Zea mays*, morphological composition, plant height.

INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada para maíz blanco y amarillo en México según el INEGI (2019) fueron 6,672,098 y 1,534,965 ha, respectivamente, las que produjeron 25,811,328 y 5,400,839 t, respectivamente. En el estado de Hidalgo la superficie sembrada según INEGI (2017), varió; en 1995 fueron sembradas 482,187, mientras en 2016; 253,242 ha con una producción de 731,471 ha para ese año. Los genotipos de maíz criollo son producidos en temporal y varían los usos según la zona (Espinosa *et al.* 2019). Conocer la diversidad genética del maíz permite identificar genotipos potenciales útiles para conocer la adaptación y conservar *in situ* (Perales y Golicher, 2011). La baja productividad en el Estado de Hidalgo (40 % inferior en comparación a los Estados Federativos más avanzados) se explica por la falta de variedades para diferentes condiciones agroecológicas y usos, así como de proyectos productivos tendientes a mejorar la productividad y la calidad de los productos (Ayala-Garay *et al.*, 2013).

En la búsqueda de maíces potenciales nativos Espinosa *et al.* (2019) en Galeana, Coahuila, México, en temporal evaluaron 63 genotipos en dos localidades con rendimientos de maíces híbridos de forraje en verde de 58 t ha⁻¹ a una altitud de 1910 m. Por otro lado, Godina *et al.* (2020) en temporal en 12 maíces criollos reportaron rendimientos de 3.11 a 6.3 t MS ha⁻¹, lo que representa en materia verde de 7.2 a 14.7 t ha⁻¹. El objetivo del presente estudio fue evaluar 14 genotipos de maíz procedentes de diversos sitios de México y conocer su desempeño productivo en riego, en composición morfológica, área foliar y rendimiento de forraje en verde en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo, y, contribuir al conocimiento sobre la diversidad y conservación del maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, unidad Tepatepec. La fecha de siembra fue el 20 de abril. Los maíces fueron colectados en diversos sitios de México (Cuadro 1).

Cuadro 1. Origen de los maíces nativos utilizados para su caracterización en la Unidad Tepatepec de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo.

Número genotipo	Clave	Color	Localidad	Altitud (m)	Municipio	Estado Federativo
1	Sr. Valentín	Blanco	San Isidro Tlaxitla	1966	Tianguismanalco	Puebla
2	Sr. Hipólito	Amarillo	San Francisco	692	Cuetzala del	Guerrero
	Tampa	tenue	Lagunita		Progreso	
3	Sr. Leonardo	Blanco	San Francisco	546	Cuetzala del	Guerrero
	Salgado		Lagunita		Progreso	
4	Palomero	Amarillo	Colegio de Postgraduados	2244	Texcoco	Estado de México
5	Sr. Julio Vega	Blanco	La Palmita	1049	Río Verde	San Luis Potosí
6	MVM2	Blanco	Pocitos	1980	Charcas	San Luis Potosí
7	Sr. Pedro Solís	Blanco	El Abra	2283	Tulancingo	Hidalgo
8	Chaltenco	Blanco	Colegio de Postgraduados	2244	Texcoco	Estado de México
9	Huitchila morado	Morado	INIFAP Zacatepec	1187	Zacatepec	Morelos
10	Ing. Irán Salomón	Blanco	El Canjoy	1185	San Bartolo Tutotepec	Hidalgo
11	Ing. Gámez	Negro	San José Miahuatlán	1105	San José Miahuatlán	Puebla

12	MVM1	Negro	Pocitos	1980	Charcas	San Luis Potosí
13	MVM3	Negro	Pocitos	1980	Charcas	San Luis Potosí
14	Sr. José	Blanco	Rancho Gamboa	1892	Atlixco	Puebla

La preparación de terreno constó de barbecho, se regó con agua del lugar, y después de 10 días se rastreó con dos pasos y se sembró a capacidad de campo. El control de malezas se realizó a 20 días después de la siembra (dds) con 2,4D amina a dosis de 1000 ml de i.a ha⁻¹ mezclado con atrazina a dosis de 1000 g de i.a ha⁻¹. Para controlar el picudo del maíz y gusano cogollero se realizó una aplicación de insecticida sistémico de manera foliar a 60 dds con Imidacloprit 19.6% + betacyfruthin 8.4% a una dosis de 250 ml ha⁻¹. Se aplicaron tres riegos rodados con agua del lugar. El área foliar se determinó al medir el largo y ancho de cada lamina foliar, y para obtener al área, se multiplicó por el factor 0.75 (López-Ortega *et al.* 2018). Así mismo en cada fecha se midió altura de planta desde la base del suelo y hasta el ápice máximo, y perímetro de tallo; tomada en el segundo internudo. Para determinar el rendimiento de forraje en verde fueron cortadas 5 plantas y se pesó cada una y se multiplicó por la densidad de plantas (90,000 plantas ha⁻¹), después, fueron pesadas en báscula marca Torrey modelo L-EQ5/10 (México), posteriormente las plantas fueron separadas en hojas, tallos, espigas y gineceo (brácteas y elote) y para obtener materia seca, fueron sometidas a 55°C por 72 h en estufa de aire forzado hasta peso constante y se pesó en una báscula marca Torrey. Los datos climatológicos fueron obtenidos en la estación de bomberos de Francisco I. Madero. Para el estudio de las variables antes mencionadas, se empleó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS (2009) y las medias fueron separadas a 5% con la prueba de Tukey. Los datos de peso de espiga, elote y brácteas se transformaron a $\sqrt{+0.05}$ para su análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El umbral de temperatura en Francisco I. Madero (12 a 32°C) para el maíz fue suficiente para la mayoría de los maíces, excepto para el criollo de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, ya que aún no tiene evidente la floración masculina. En la producción de forraje de 14 maíces nativos en el campo experimental de la UPFIM fue similar ($P>0.05$; Figura 1), en promedio 58 t ha⁻¹, lo cual fue similar en híbridos reportados por Espinosa *et al.* (2019) y fue superior a Godina *et al.* (2020) a nativos en temporal.

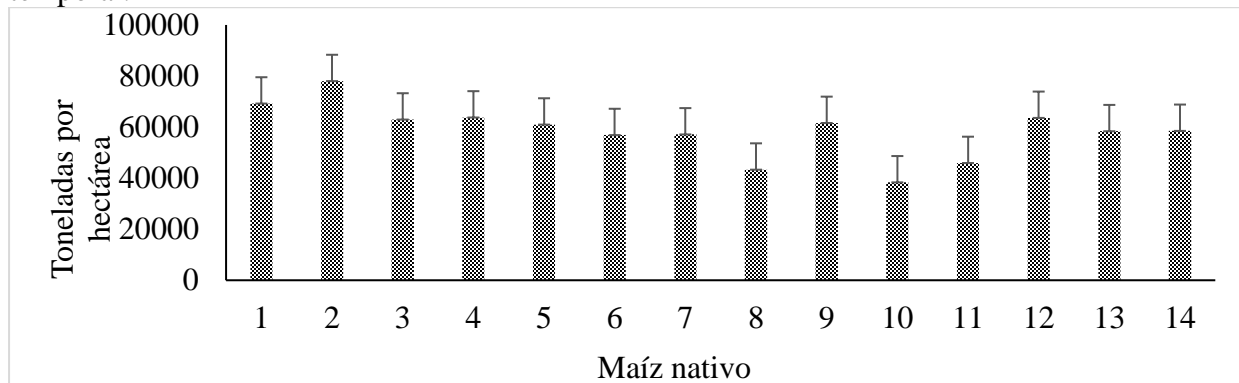


Figura 1. Rendimiento de forraje en verde de 14 maíces criollos a 90 días después de siembra en Francisco I. Madero, Hidalgo.

Las fechas a floración masculina y femenina en el maíz de ciclo largo proporcionado por el Ing. Irán necesita más horas calor, es decir, un umbral de temperatura mayor al del municipio de

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

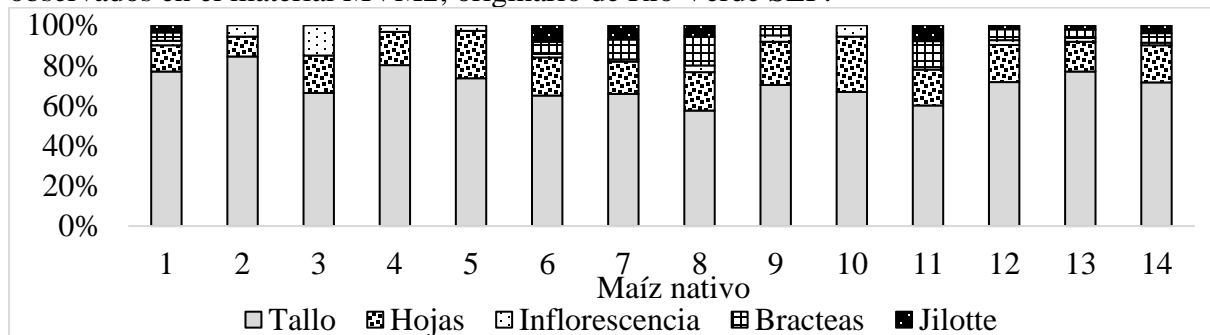
Francisco I. Madero. Por otro lado, el maíz criollo mejor adaptado es originario del municipio de Cuetzala del Progreso, Guerrero y tuvo mejor adaptación en comparación al originario de Tulancingo, Hidalgo (Sr. Valentín). Lo anterior, indica que los maíces tienen plasticidad genética en su adaptación y no necesariamente todos los maíces tendrán que propagarse en su lugar de origen. Se observó diferencias en altura de planta y perímetro de tallos de 14 maíces criollos estudiados en UPFIM ($P < 0.05$; Cuadro 2), contrario a área foliar ($P > 0.05$). La altura de planta mayor fue observada en las plantas originarias de Río Verde SLP, y la más baja de Charcas, SLP. La altura de planta está relacionada con el rendimiento (Urbina-Briceño *et al.* (2023), sin embargo, en este estudio el mayor rendimiento (Sr. Hipólito) no correspondió con la altura de planta mayor. El perímetro de tallo es signo de vigor para disminuir acame, y solamente las plantas originadas del maíz nativo de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, fueron las más altas y más delgadas, sin embargo, aún no maduran ya que no se observaron a 90 dds las estructuras reproductivas, y por tanto, aun no maduran lo suficiente.

Cuadro 2. Área foliar de 14 maíces criollos a 114 días después de siembra en el Campo Experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo.

# genotipo	Clave	Área Foliar (cm ²)	Altura (cm)	Perímetro (cm)
1	Sr. Valentín	6174	320 a [‡]	8.6 ab
2	Sr. Hipólito Tampa	7610	337 a	9.7 ab
3	Sr. Leonardo Salgado	5697	307 ab	7.7 ab
4	Palomero	6502	317 a	8.0 ab
5	Sr. Julio Vega	7188	332 a	10.2 a
6	MVM2	5199	176 b	7.2 ab
7	Sr. Pedro Solís	5834	342 a	8.9 ab
8	Chaltenco	5594	317 a	7.3 ab
9	Huitchila morado	7128	343 a	8.2 ab
10	Ing. Irán Salomón	5503	304 ab	6.8 b
11	Ing. Gámez	5107	329 a	7.3 ab
12	MVM1	6756	355 a	8.3 ab
13	MVM3	5698	337 a	8.7 ab
14	Atlixco 2	6539	328 a	7.5 ab
	Promedio	6181	318 a	8.2
	Significancia	NS	*	*
	EEM	741	26.9	0.59

[‡] Literales minúsculas iguales por columna son promedios similares ($P > 0.05$). NS = No significativo ($P > 0.05$). * = $P < 0.05$.

En la composición morfológica se observaron diferencias en la proporción de tallos, brácteas y jilote ($P < 0.05$; Figura 3). En el material genético del Sr. Hipólito se observó mayor proporción de tallos, así como el material genético proporcionado por Ing Irán. La mayor proporción de brácteas se observó en las plantas originadas del maíz del Ing. Gámez. Los tallos más gruesos fueron observados en el material MVM2; originario de Río Verde SLP.



XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Figura 3. Composición morfológica de 14 maíces nativos mexicanos evaluados a 122 días después de siembra en la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo.

En el forraje de maíz las células están protegidas por lignina, y aún más se encuentra en el tallo de las plantas. La importancia de la proporción de las hojas es porque en ese componente hay menos lignina, que es una molécula que protege a las células del mesófilo y por tanto menor digestibilidad. En este estudio no hubo diferencia en proporción de hojas en los maíces criollos ($P > 0.05$), y de la abundancia del mesófilo que está en mayor proporción de las hojas de las gramíneas, es la producción de ácidos grasos volátiles, producidos en las mitocondrias de bacterias, hongos, arqueas y protozoos en un rango de pH ruminal de 6.2 a 6.8 (Hernández *et al.* 2023).

CONCLUSIONES

No hubo diferencias en el rendimiento de forraje ni área foliar de 14 maíces nativos. El maíz originario de Cuetzala del Progreso mostró adaptabilidad al suelo y altura de Francisco I. Madero. En la composición morfológica, los tallos fue el componente en mayor proporción a 122 días.

LITERATURA CITADA

- Ayala-Garay, A.; R. Schwentesius-Rindermann; M. de la O-Olán; P. Preciado-Rangel; G. Almaguer-Vargas; P. Rivas-Valencia. 2013. Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 10(4): 381-395.
- Espinosa, T. L. C.; F. Rincón S.; N.A. Ruiz T.; J. M. Martínez R.; A. Benavides M. 2019. Environmental response of native maize populations of the southeast of Coahuila, Mexico. *Nova Scientia* 11(23): 108–125.
- Godina, R. J. E.; J. R. Garay M.; S. I. Mendoza, P.; S. Joaquin C.; M. Rocandio R.; F. Lucio R. 2020. Rendimiento de forraje y composición morfológica de maíces nativos en condiciones semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Número especial 11: 59-68.
- INEGI (Instituto de Geografía, Estadística, Geografía e Informática). 2019. Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017. *Economía y sectores productivos_agricultura*. <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>
- INEGI (Instituto de Geografía, Estadística, Geografía e Informática). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México. 671 p.
- Hernández, G. F. J.; S.I. Mendoza P.; M. A. Mata E.; L.T. Rodríguez O.; P. Landa S.; Velázquez, M. M.; Alvarez, V. P.; Rodríguez, O. A. 2023. Importancia de los forrajes en la productividad lechera. Folleto técnico. 16 p. https://upfim.edu.mx/wp-content/investigacion/libros/Importancia%20de%20los%20forrajes%20en%20la%20productividad%20lechera%2029jun2023.pdf?_t=1688062688
- López-Ortega, M.G.; M.Velázquez-Martínez; F.J. Hernández-Guzmán; M.A. Mata-Espinosa; A.R. Rojas-García. 2018. Rendimiento y calidad de semilla de ‘mijo Perla’ con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (7): 1514 -1523.
- Perales, R.H.; Golicher D. 2011. Modelos de distribución para las razas de maíz en México y propuesta de centros de diversidad y de provincias bioculturales. Informe técnico preparado para la CONABIO. Versión final. 162 p.
- SAS. 2009. Statistical Analysis System. SAS/STAT User’s Guide Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5136 p.
- Urbina-Briceño, C.; J. C. Vargas-Rojas, E. V. Vega-Villalobos, A. Alvarado-Hernández, G. Cabalceta-Aguilar, G. Garbanzo-León. 2023. Productividad de maíz (diamantes 8843) bajo diferentes densidades de siembra y dosis de potasio. *Agronomía Costarricense* 47(1): 123-134.

**COMPONENTES DEL RENDIMIENTO DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. A
ESTRATOS DIFERENTES DE PLANTA
YIELD COMPONENTS OF *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. TO DIFFERENT
PLANT STRATA**

Perpetuo Álvarez-Vázquez^{1*}, Wilson-García Claudia Y.², José J. Ochoa Espinoza¹, Joel Ventura Rios.¹, Encina-Domínguez Juan A.¹, Shaday A. Soto-Rojas³

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315.

²Universidad Autónoma de Chapingo, Km 5 carretera San Luis Acatlán-Tlapa de Comonfort, San Luis Acatlán, Guerrero. C.P. 41600.

³Maestría en ciencias en producción agropecuaria, UAAAN-UL. Periférico Raúl López Sánchez, Valle verde, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27054.

*Autor para correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la distribución de materia seca de zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] a diferentes estratos de planta. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cinco repeticiones, cada repetición con tres plantas, evaluadas a diferentes días después de la siembra (DDS), en tres estratos de la planta estrato basal (EB), estrato medio (EM) y estrato superior o apical (EA). Se evaluó rendimiento de materia seca (RMS) y composición morfológica (CM). Se realizó un análisis de varianza con PROC GLM del SAS y una comparación de medias con Tukey ($\alpha < 0.05$). En RMS se encontró que el EB tuvo mayor aporte a partir de los 50 DDS con un promedio de 16 g planta⁻¹ seguido del EM con 9 g planta⁻¹ y EA con 3 g planta⁻¹. La CM (g) en el EB registró que el tallo fue mayor al resto de los componentes aportando 12.3 g planta⁻¹ promedio, mientras que, en EM y EA el componente hoja fue mayor hasta los 64 DDS con 2.6 g planta⁻¹, posteriormente, fue superada por tallo en el EM y por la inflorescencia en el EA. En conclusiones la parte basal y media de una planta de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) se encuentra la mayor acumulación de forraje, representada por la hoja y el tallo, mientras que, en la parte apical la mayor biomasa la produjo la inflorescencia.

Palabras clave: Pasto nativo, área foliar, composición morfológica, estratos de planta.

ABSTRAC

The objective was to evaluate the dry matter distribution of banderita grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] at different plant strata. A randomized block experimental design was used, with five repetitions, each repetition with three plants, evaluated at different days after sowing (DDS), in three strata of the plant: basal stratum (EB), middle stratum (EM) and upper or apical layer (EA). The variables evaluated were; dry matter yield (RMS) and morphological composition (CM). An analysis of variance was performed with PROC GLM of the SAS and a comparison of means with Tukey ($\alpha < 0.05$). In RMS it was found that the EB had a greater contribution from 50 DAS with an average of 16 g plant⁻¹ followed by the EM with 9 g plant⁻¹ and EA with 3 g plant⁻¹. The CM (g) in the EB registered that the stem was higher than the rest of the components, contributing 12.3 g average plant⁻¹, while, in EM and EA, the leaf component was higher up to 64 DAS with 2.6 g

plant⁻¹, subsequently, was surpassed by the stem in the EM and by the in-florescence in the EA. In conclusions, the basal and middle part of a banderita grass (*Bouteloua curtipendula*) plant contains the greatest accumulation of forage, represented by the leaf and the stem, while in the apical part the greatest biomass was produced by the inflorescence.

Keywords: Native grass, leaf area, morphological composition, plant strata.

INTRODUCCIÓN

El zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr], es una especie nativa y crece en planicies y lomeríos rocosos, presenta excelente valor forrajero para pastoreo extensivo (Morales-Nieto *et al.*, 2016). Produce abundante forraje, se adapta a diferentes condiciones climáticas y es tolerante resistente a la sequía, por lo que, es considerada la segunda especie en importancia agronómica dentro de su género. Las plantas pueden alcanzar alturas de 75 cm o más, con valores de digestibilidad desde 50 al 70 % (Corrales *et al.*, 2016). Con precipitaciones anuales entre 350 y 550 mm, por año se ha estimado que el rendimiento promedio de forraje oscila entre 1,850 y 2,000 kg MS ha⁻¹ (Beltrán *et al.*, 2013). Por tanto, la utilización de esta especie, con alto valor forrajero representa una alternativa para la ganadería, permitiendo ayudar económicamente a los productores de las regiones del norte del país, y aumentando la utilización de pastizales bajo pastoreo en zonas áridas y semiáridas. El objetivo del estudio fue evaluar la distribución de la materia seca del zacate banderita, en tres estratos de la planta: estrato basal, estrato medio y estrato superior o apical, a diferentes días después de la siembra, durante el ciclo de crecimiento de primavera – verano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cultivo se estableció el 25 de abril del 2022 en el invernadero de Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Unidad Saltillo, ubicada al sureste del estado de Coahuila, en las coordenadas 25° 35' 35" N y 101° 03' 60" O y altitud de 1,783 m. Se evaluó el ciclo de crecimiento de primavera-verano (abril-agosto de 2022). Se utilizó la variedad NdeM-303 de *B. curtipendula* con un diseño experimental de bloques al azar con cinco repeticiones. Se establecieron 40 macetas de plástico con 50 semillas con una capacidad de 8 kg (unidad experimental; UE). Los primeros riegos fueron de 0.5 a 1.0 L dia⁻¹ de agua hasta alcanzar capacidad de campo. A los 15 DDS se realizó un aclareo dejando los tres individuos más vigorosos de cada UE (maceta). Se realizaron mediciones sucesivas cada 14 días, de los 22 a los 120 días después de la siembra (DDS), que correspondieron a ocho tratamientos (edad de la planta), con 5 repeticiones cada una con tres individuos. Se realizaron muestreos destructivos mediante la extracción de la planta completas; la parte aérea fue dividida en tres estratos de la misma longitud de acuerdo con la edad de la planta, resultando el estrato basal (EB), estrato medio (EM) y estrato superior o apical (EA). Cada estrato se separó en sus componentes morfológicos; hoja, tallo, material muerto (MM) e inflorescencia. Las muestras se colocaron en bolsas de papel identificadas y se secaron en una estufa de aire forzado (modelo POM-246F SERIAL No. P6-800), durante 72 h a 55 °C o hasta peso constante y se estimó el rendimiento de materia seca total y por componente, promedio de las tres plantas. Para el análisis estadístico, se utilizó el procedimiento PROC GLM del SAS (Statistical Analysis System Versión 9.4 para Windows; SAS Institute, Cary NC. USA), y una comparación de medias con la prueba Tukey (p<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de materia seca promedio por estrato de *B. curtipendula* registró una tendencia de 16.4, 9.1 y 3.8 g planta⁻¹ para estrato basal, medio y apical, respectivamente ($p \leq 0.05$; Figura 1). Para los promedios DDS, de los 22 a los 50 DDS, la cantidad de materia seca producida por estrato no fue diferente estadísticamente ($p \geq 0.05$), el promedio osciló entre 0.018 y 0.37 g planta⁻¹. De 50 a los 120 DDS, periodo que duro el estudio, el estrato basal superó estadísticamente al estrato medio y apical, alcanzando una máxima acumulación de materia seca de 39.1 g planta⁻¹. El estrato de menor aporte hizo al rendimiento total por planta fue el estrato apical con un máximo de 11.7 g planta⁻¹, a los 120 DDS (Figura 1). En otro estudio, Quero-Carrillo *et al.* (2018) registraron rendimientos promedios de 2.5 g planta⁻¹, en muestreos de cortes con intervalos de 20 días.

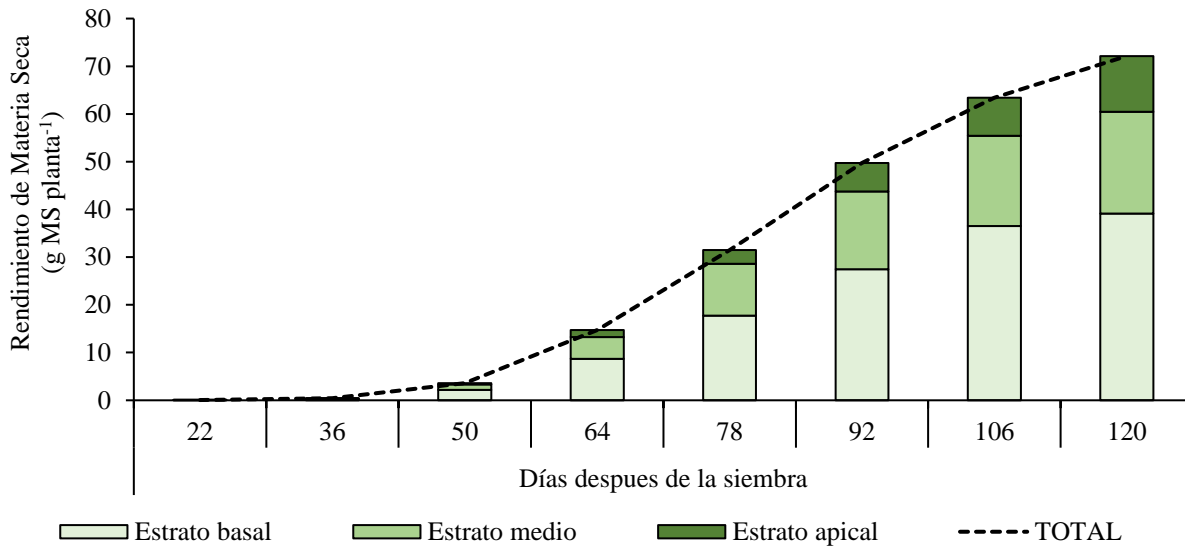


Figura 1. Rendimiento de Materia Seca (g MS planta⁻¹) de zacate banderita, cosechado a diferentes días después de la siembra, en tres estratos de la planta en el ciclo de crecimiento de primavera-verano

En el estrato basal, al inicio del crecimiento de la planta (22 a 36 DDS), la hoja fue el componente de mayor aporte al rendimiento total, sin embargo, a partir de los 50 a los 120 DDS el tallo superó al resto de los componentes ($p \leq 0.05$) con un promedio de 12.3 g planta⁻¹, seguido por la hoja con 2.4 g planta⁻¹ y material muerto 1.7 g planta⁻¹ y sin presencia de la inflorescencia a lo largo de la evaluación, debido al hábito de crecimiento erecto de la especie (Figura 2). En este estrato de la planta, el tallo representó en promedio 60 % del rendimiento total, superando estadísticamente a la hoja con 34 %, material muerto con 5 % y a la inflorescencia con 0 % ($p \leq 0.05$; Figura 2). Así mismo, en estrato medio, la hoja fue mayor al resto de los componentes desde el inicio de la evaluación a los 22 hasta 64 DDS, sin embargo, al final del estudio fue superada junto con resto de los componentes por el tallo de los 78 a los 120 DDS. El material muerto e inflorescencia siempre fueron menores a la hoja y al tallo; no obstante, a diferencia del estrato basal, la inflorescencia apareció en el estrato medio a partir de los 64 DDS (Figura 2). La acumulación de materia seca promedio por componente mostró la siguiente secuencia: tallo>hoja>inflorescencia>material muerto, con 4.8, 2.0, 1.3 y 0.9 g MS planta⁻¹. La aportación de los componentes morfológicos al rendimiento total por planta en el estrato medio fue más homogénea que en el estrato basal; la hoja

aporto 48 % en promedio, seguida por el tallo con 39 %, inflorescencia con 7 % y material muerto con 5 % (Figura 2). Similar a los estratos inferiores, en el estrato apical de la planta, de los 22 a los 64 DDS, la hoja fue la de mayor rendimiento de materia seca (entre 0.01 y 0.9 g planta⁻¹) y con proporciones entre 65 y 99 %, lo que indica que la planta en este estrato es prácticamente hoja, con alrededor del 1 a 35 % de tallo, 0 a 17 % de inflorescencia y 0 % de material muerto. Sin embargo, a mayor edad de la planta, a partir de los 78 DDS, la presencia de inflorescencia superó a la hoja, tallo y material muerto, con rendimiento máximo de 11.6 g planta⁻¹ a los 120 DDS, con una aportación del 99 %, con nula presencia de tallo, hoja y, únicamente 1 % de material muerto (Figura 2). El promedio de rendimiento y aportación de los componentes tuvo una tendencia de inflorescencia, hoja, tallo y material muerto con 86, 10, 3 y 1 %, respectivamente, que mostró cambios significativos en los componentes morfológicos a mayor edad de la planta y a diferentes estratos de esta. Estudios realizados por Ramírez-Meléndez *et al.* (2020) observaron diferencias por fecha y tamaño de cariósipide para componentes morfológicos a los 56, 67, 81 y 96, destacando en cariósipide grande entre 0.0005 y 0.0010 g, para mayor hoja, raíces y rendimiento total.

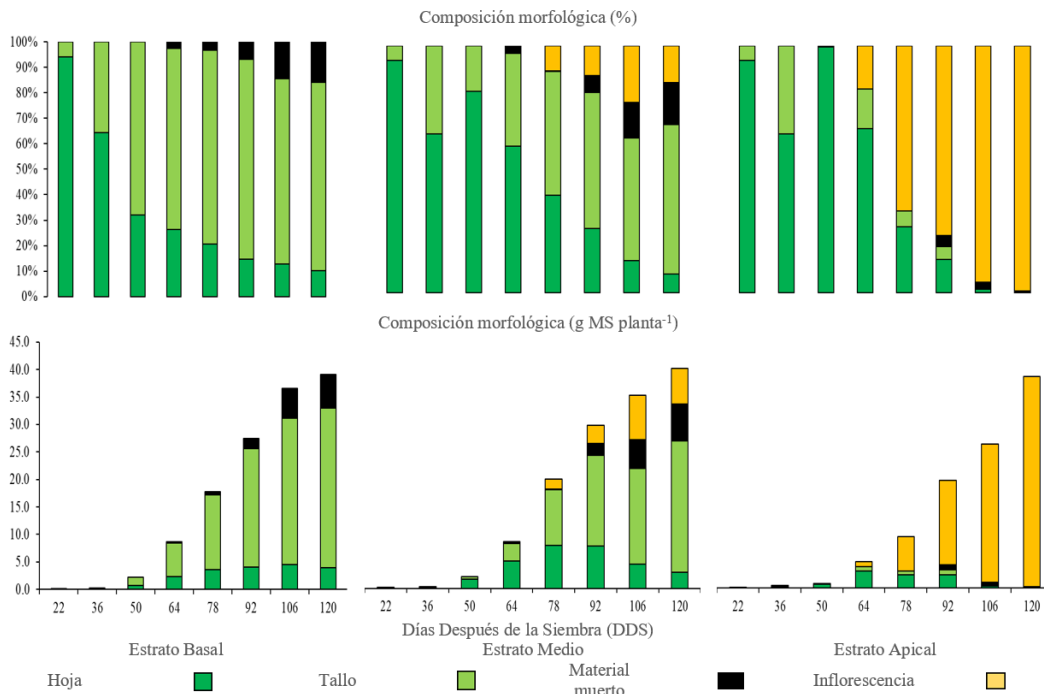


Figura 2. Composición morfológica (g MS planta⁻¹) y porcentaje de zacate bandera *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr] diferentes estratos de la planta, días después de la siembra (DDS), en la estación prima-vera-verano.

CONCLUSIONES

En el ciclo de crecimiento de primavera-verano, el mayor rendimiento y distribución de la materia seca se registró en un estrato basal de la planta de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), donde el mayor aporte lo hace el tallo, seguido por la hoja, inflorescencia y material muerto.

LITERATURA CITADA

Beltrán, L. S., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Loredó, O. C., Urrutia, M., J., González, E., L. A., Gámez, V. H. G. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 4(2): 217-221.

- Corrales-Lerma, R., Morales-Nieto, C. R., Melgoza, C. A., Sierra, T. J. S., Ortega, G. J. Á., Méndez, Z. G. 2016. Caracterización de variedades de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2): 201-211. ISSN: 2007-1124. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=265646503006>
- Morales-Nieto C. R., Avendaño-Arrazate, C., Melgoza-Castillo, A., Gil-Vega, K. D. C., Quero-Carrillo, A., Jurado-Guerra, P., Martínez-Salvador, M. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7 (4): 455-469.
- Quero-Carrillo, A. R., Pérez-Morales, S., Munives-Castro, N. O., Vázquez-González, A., Pineda-Martínez, A. y Hernández-Guzmán, F.J. 2018. Componentes del rendimiento en siete pastos nativos y un c3 en invernadero. *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, pág. 627. <http://hdl.handle.net/10521/3222>
- Ramírez-Meléndez, J. E., Hernández-Guzmán, F. J., López-Castañeda, C., Miranda-Jiménez, L., Carrillo-Llanos, M. y Quero-Carrillo, A. R. 2020. Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósido. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(2): 171-180.

**CALIDAD DE DIÁSPORAS DE UN ECOTIPO DE *BOUTELOUA CURTIPENDULA*
(MICHX.) TORR. NATIVO DE TEXCOCO, EDOMEX
QUALITY OF DIAPORES OF AN ECOTYPE OF *BOUTELOUA CURTIPENDULA*
(MICHX.) TORR. NATIVE TO TEXCOCO, STATE OF MEXICO**

Joshua Alvarez Acacio¹; José Guadalupe Martínez Martínez¹, Juan José Gutiérrez Sánchez²

¹Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Carr. México- Texcoco Km 38.5, Texcoco, Estado de México.

²Predios e Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS), Rancho Alva, 1° cerrada camino a la Siberia, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

*Autor por correspondencia: Josalva01@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue hacer una evaluación de calidad física y fisiológica de diásporas de un ecotipo de *Bouteloua curtipendula* nativo de Texcoco, Estado de México. *B. curtipendula* es una especie nativa de las zonas áridas de Norte América, que se distribuye en casi todo el territorio mexicano, crece en una gran variedad de hábitats y en condiciones de suelos muy variados. La especie ha cobrado una gran importancia debido a su alto potencial de uso forrajero por esto es ampliamente recomendada en resiembras para la restauración de pastizales, evaluar la calidad física y fisiológica de la semilla de dicha especie es de vital importancia. El material genético se colectó en noviembre del 2022 en la comunidad de San Dieguito, Texcoco, Estado de México a una altura de 2453 msnm. Se evaluaron mediante el conteo del número de cariósides con embrión, se realizó una prueba de germinación y una de viabilidad con tetrazolio, para cada prueba se usaron 4 muestras de 50 diásporas. El peso promedio de 50 diásporas fue de 0.245 ± 0.014 g, con un promedio de 94 ± 9 cariósides con embrión visible; la germinación a 10 días fue de 46 ± 13 % mientras que al final de prueba fue 64 ± 10 %; la viabilidad promedio fue de 84 ± 2 %. Estos datos nos permiten a nivel práctico modificar la cantidad de semilla comercial a sembrar para obtener una densidad objetivo en etapa de germinación.

Palabras clave: Calidad de semillas, restauración de pastizales, prueba de tetrazolio, prueba de germinación

ABSTRACT

The aim of this study was to assess the physical and physiological quality of diaspores from a native ecotype of *Bouteloua curtipendula* in Texcoco, State of Mexico. This species is native to arid regions of North America, particularly distributed across almost the entire Mexican territory. It thrives in diverse habitats and various soil conditions. Due to its remarkable forage potential, it is extensively recommended for reseeding in pasture restoration. Therefore, evaluating the seed's physical and physiological quality is crucial. Genetic material was collected in November 2022 from San Dieguito, Texcoco, at an altitude of 2453 meters above sea level. The evaluation involved quantifying the number of caryopses with embryos, performing a germination test, and a tetrazolium viability test. For each test, 4 sets of 50 diaspores were used. The average weight of 50 diaspores was 0.245 ± 0.014 g, accompanied by an average of 94 ± 9 caryopses with visible embryos. Germination at 10 days stood at $46 \pm 13\%$, rising to $64 \pm 10\%$ at the end of the test. The average viability reached $84 \pm 2\%$. These results offer practical insights into adjusting the amount of commercial seed for sowing to achieve a desired density during the germination stage.

Keywords: Seed quality, tetrazolium test, germination test, rangelands restoration

INTRODUCCIÓN

El estado actual de los Pastizales áridos y semiáridos en México es bastante complejo de explicar, pero en general se encuentra altamente deteriorado (CONABIO, 2009; PMARP, 2012; Quero et al., 2017), una de las opciones para el mejoramiento de pastizales son las resiembras con gramíneas nativas, asegurar la calidad de la semilla usada en resiembras es de vital importancia para el proceso de restauración de pastizales.

El zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) es una especie perenne conocida desde el sur de Canadá hasta Argentina, se distribuye ampliamente en las zonas áridas y semiáridas de Norteamérica, en México se ha reportado para todos los estados a excepción de la península de Yucatán, Tabasco y Colima (Álvarez-Holguín et al., 2021; Calderón & Rzedowski, 2005; COTECOCA, 1987; Sánchez-Ken, 2019), se encuentra desde los 600 hasta 2260 msnm, creciendo en áreas de pastizales abiertos, matorrales y bosques abiertos de pino y encino, en condiciones de suelo arenosos, arcillosos y rocosos con buen drenaje (Valdés, 2015).

Debido a su buen valor forrajero que se explica por su alta palatabilidad, la persistencia de su valor nutricional y digestibilidad por un amplio periodo de tiempo, además de tener una producción de biomasa bastante aceptable para gramíneas de zonas áridas (Beltrán et al., 2013; Jurado et al., 1990; Morales-Nieto et al., 2008) el zacate banderilla es considerada junto con la navajita azul (*B. gracilis*) como una de las plantas con mayor potencial forrajero dentro del género *Bouteloua* y es ampliamente recomendado para su uso en resiembras (Jurado et al., 1990).

El objetivo del presente trabajo fue hacer una evaluación de calidad de diásporas de un ecotipo de *Bouteloua curtipendula* nativo de Texcoco, Estado de México, mediante pruebas físicas y fisiológicas para generar información que permita diseñar mejores estrategias de manejo de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de material genético.- La colecta se realizó en noviembre del año 2022 en la comunidad de San Dieguito, Texcoco, Estado de México en un sitio con coordenadas 19° 29' 00" N, 98° 48' 58" O, ubicado a una altitud de 2453 msnm, la estación meteorológica más cercana registra una temperatura media anual de 15.5°, y precipitación anual de 551.8 mm (CONAGUA-SMN, 2023), se colectaron ramas pectinadas de la especie (diásporas o semilla comercial), además se colectaron plantas completas representativas de la especie para identificar si se trataba de la especie de interés, se usó la clave dicotómica de Valdés (2015) con ayuda de un microscopio estereoscópico para observar las características necesarias para su identificación, para confirmar la especie se consultaron especímenes en los herbarios digitales (MEXU y Tropicos.org) y físicos (Herbario del DEIS Zootecnia, UACH), una vez confirmado que la especie de interés se procedió a prensar y secar las plantas colectadas para realizar la herborización y montado para envío de ejemplares a herbario.

Evaluación del material genético. - Las ramas pectinadas se llevaron al laboratorio de Microhistología del Departamento de Zootecnia de la UACH, donde se evaluó su calidad física y fisiológica.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Evaluación física. - Para la evaluación física se tomaron 4 muestras de 50 ramas pectinadas las cuales se pesaron con una balanza analítica OHAUS® Adventure™ (precisión=0.00005 g), posteriormente se realizó la cuantificación del número de cariósides (con embrión visible).

Evaluación fisiológica. - En cuanto a calidad fisiológica se realizó una prueba de germinación usando ramas pectinadas (diásporas o semilla comercial). Además, se realizó una prueba de viabilidad con tetrazolio (ISTA, 2013).

Prueba de viabilidad.- La prueba de tetrazolio consistió en 4 muestras de 50 cariósides las cuales se remojaron en agua destilada por 12 horas, después se realizó un corte con navaja de rasurar sobre el eje central del lado ventral del cariósido, con el objetivo de exponer los tejidos del embrión, los cariósides se colocaron en cajas de Petri donde se expusieron a una solución de cloruro de tetrazolio al 0.5 % m/v por 3 horas, después se revisó cada mitad de las cariósides para definir según la pigmentación de embrión si este era viable o no.

Prueba de germinación. - Consistió en 4 muestras de 50 ramas pectinadas que se colocaron en recipientes con sustrato compuesto de 60% de peat moss y 40% de perlita. La prueba se realizó en una cámara de germinación a una temperatura de 18° C y un total de 14 horas luz al día, la prueba duro un total de 18 días y se realizaron 3 conteos uno al día 10, el segundo a los 12 días y uno al final de la prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1 Características de calidad de diásporas de un ecotipo de *B. curtipendula* colectado en San Dieguito, Texcoco

Características de calidad	
Características físicas	
Número de cariósides en 1000 diásporas	1,875 ± 186
Peso de 1000 diásporas (g)	4.89 ± 0.28
Espiguillas kg ⁻¹ (miles)	1,049 ± 61.22
Características fisiológicas	
Viabilidad por tetrazolio (%)	84 ± 2 %
Germinación a 10 días (%)	46 ± 13 %
Germinación a 18 días (%)	64 ± 10 %

Evaluación física. - El ecotipo evaluado tuvo 1,049 ± 61.22 miles de espiguillas kg de diásporas⁻¹ dato similar a lo reportado Ramírez-Segura *et al* (2022) para dos ecotipo de *B. curtipendula* 1094.7 y 1143.2 miles de espiguillas kg de diásporas⁻¹, además se obtuvo para el ecotipo evaluado 1,875 ± 186 cariósides con embrión visible por cada 1000 diásporas.

Evaluación fisiológica. Comparado con lo reportado por Ramírez-Segura *et al* (2022) 93% de viabilidad y 84% de germinación en cariósides, el ecotipo evaluado tiene 84% de viabilidad de las cariósides y un 64% de germinación a 18 días posterior a la siembra usando diásporas.

Otro punto importante de discusión es que este ecotipo está adaptado a altitudes superiores a 2400 msnm y en contraste con lo reportado por Valdés (2015) y casas comerciales como Berensten y Semillas San Francisco (<2300 msnm), destaca este atributo.

CONCLUSIONES

La evaluación de la calidad física y fisiológica de las semillas constituye un paso fundamental en el éxito de programas de siembra y resiembra de especies nativas. Esta información nos permite adecuar la cantidad de semilla a utilizar, basándonos en los porcentajes de viabilidad y germinación, con el fin de alcanzar una densidad de plantas específica una vez que haya ocurrido la germinación.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Prieto-Amparán, J. A., Villarreal-Guerrero, F., & Sánchez-Gutiérrez, R. A. (2021). Genetic structure and temporal environmental niche dynamics of sideoats grama [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] populations in Mexico. *PLoS ONE*, 16(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254566>
- Beltrán, L. S., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Loredó, O. C., Urrutia, M. J., González, E. L. A., & Gámez, V. H. G. (2013). “Banderilla Diana” *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(2), 217–221.
- Calderón, de R. G., & Rzedowski, J. (2005). *Flora fanerogámica del Valle de México* (2a ed.). Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONABIO. (2009). *Capital Natural de México Vol II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- CONAGUA-SMN. (2023, March 1). Normales Climatológica por Estado, Estación Normal No. 15101, San Miguel Tlaixpan, Texcoco, Estado de México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/informacion-climatologica-por-estado?estado=mex>
- COTECOCA. (1987). *Las Gramíneas de México: Vol. Tomo II*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Jurado, G. P., Negrete, R. L. F., Arredondo, M. J. T., & García, H. M. R. (1990). Evaluación de especies forrajeras nativas e introducidas bajo condiciones del altiplano central mexicano. *Tec. Pec. Méx.*, 28(1), 40–44.
- Morales-Nieto, C. R., Quero-Carrillo, A., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A., & Le-Blanc, O. (2008). Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.] en México. *Agrociencia*, 42(7), 767–775.
- PMARP. (2012). *Plan Maestro de la Alianza Regional para la Conservación de los Pastizales del Desierto Chihuahuense 2011-2016* (J. C. Guzmán-Aranda, J. Hoth, & H. Berlanga, Eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental. http://rmbo.org/v3/Portals/0/Documents/International/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf
- Quero, C. A. R., Miranda, J. L., & Villanueva-Ávalos, J. F. (2017). Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances En Investigación Agropecuaria*, 21(3), 63–85.
- Sánchez-Ken, J. G. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botánica Mexicana*, 126. <https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1379>
- Valdés, R. J. (2015). *Gramíneas de Coahuila* (Primera edición). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS ESPECIES DE PASTOS PARA RESTAURACIÓN DE AGOSTADEROS A TRAVÉS DE MODELADO DE NICHOS AMBIENTALES

IDENTIFICATION OF NEW GRASS SPECIES FOR RANGELANDS RESTORATION THROUGH ENVIRONMENTAL NICHE MODELING

Alan Álvarez-Holguín^{1*}, Carlos R. Morales-Nieto¹, Jesús M. Ochoa-Rivero², Raúl Corrales-Lerma¹, Omar Castor Ponce-García²

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada Km 1, 33820 Chihuahua, Chihuahua, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga km. 33.3, 32190. Aldama, Chihuahua, México.

*Autor por correspondencia: alvarez.alan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los pastizales del norte de México poseen una amplia diversidad de especies de pastos. Sin embargo, solamente pocas especies son utilizadas para restaurar agostaderos degradados y las que comúnmente se utilizan presentan una baja capacidad de establecimiento. Por lo anterior, se realizó un estudio con el objetivo de modelar el nicho ambiental de 50 especies de pastos del árido y semiárido de México e identificar aquellas con alta distribución potencial. El modelado de nicho ambiental se realizó mediante el algoritmo de nicho ecológico de MaxEnt. El modelo fue alimentado con las coordenadas de la distribución conocida de 50 especies de pastos y 26 variables bioclimática y edafológicas. Los resultados revelaron que existen especies de pastos con una amplia distribución potencial. Por ejemplo, las áreas con alta aptitud ambiental (probabilidad > 0.75) para la distribución de *Bothriochloa barbinodis*, *Aristida adscensionis* y *Setaria leucopila* abarcaron 112,217, 102,388 y 99,749 km², respectivamente. Además, los resultados sugieren que existen especies con mayor probabilidad de adaptación a las zonas altamente áridas del norte de México que *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*, especies comúnmente utilizadas en restauración de agostaderos. Por lo anterior, se considera que existen especies con potencial para ser utilizadas en restauración de agostaderos, como una alternativa a las especies que se utilizan actualmente y presentan una baja capacidad de establecimiento. Sin embargo, antes de que se utilicen, se debe probar su capacidad de establecimiento en campo y corroborar que realmente tengan potencial para ser utilizadas en estos programas.

Palabras clave: Restauración ecológica, revegetación, pastos nativos, modelo MaxEnt.

ABSTRACT

Grasslands from northern Mexico present a wide diversity of grass species. However, only a few species are used to restore degraded rangelands and those that are commonly used have a low establishment capacity. Therefore, we modeled the environmental niche of 50 grass species from the arid and semi-arid of Mexico, to identify species with a high potential distribution. Environmental niche modeling was performed using the ecological niche algorithm of the MaxEnt software. Modeling was performed using coordinates of the known distribution of 50 grass species and 26 bioclimatic and soil variables. Results from this study revealed that there are grass species

with a wide potential distribution. For example, areas with high environmental suitability (probability > 0.75) for the distribution of *Bothriochloa barbinodis*, *Aristida adscensionis*, and *Setaria leucopila* covered 112,217, 102,388, and 99,749 km², respectively. In addition, the results suggested that there are species with greater adaptability to the highly arid zones from northern Mexico than *Bouteloua curtipendula* and *B. gracilis*, species commonly used in rangeland restoration. Thus, we conclude that there are species that may be used in rangeland restoration, as an alternative to the species currently used and have a low establishment capacity. However, before using them, it is necessary to evaluate their establishment capacity in the field and verify that they can be used in these programs.

Keywords: Ecological restoration, revegetation, MaxEnt model, native grasses.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas áridos y semi áridos de México son de suma importancia para el sector pecuario. Esto debido a que alimentan alrededor de 64 millones de cabezas de ganado, considerando bovinos, caprinos, ovinos y porcinos, lo cual equivale a un ingreso anual de más de 120 millones de pesos (SEMARNAT, 2015; SIAP, 2017). No obstante, estas comunidades han sido unas de las más afectadas por prácticas antropogénicas como el sobrepastoreo y el cambio de uso de suelo (PMARP, 2012). Se estima que alrededor de 60 millones de hectáreas presentan algún grado de degradación de suelo (Granados-Sánchez *et al.*, 2013). Por esta razón, dentro de los últimos 50 años se ha perdido el 70% de la producción forrajera del desierto Chihuahuense (Chávez y González, 2009). Además, se ha reflejado en una disminución en los servicios ambientales que generan estos ecosistemas, como es la captura de carbono para mitigar el cambio climático (Dlamini *et al.*, 2016). Así mismo, la degradación de estos ecosistemas ha provocado una pérdida en diversidad de especies que habitan en ellos, lo cual afecta la resiliencia de estas comunidades (Cingolani *et al.*, 2005).

La resiembra es una práctica que se puede implementar para restaurar o revegetar los pastizales degradados. No obstante, la mayoría de los programas de resiembras que se han realizado han fracasado debido a la baja capacidad de establecimiento de las especies nativas que se utilizan actualmente para esta práctica. En los pastizales del norte de México existe una amplia diversidad de especies de pastos. Sin embargo, en las resiembras de pastizales solamente se utilizan unas cuantas de ellas. Por esta razón, es posible realizar la búsqueda de nuevas especies de pastos que tengan mayor capacidad de establecimiento que las especies nativas que se utilizan actualmente para esta práctica. Los modelos de nicho ambiental proveen una manera sencilla y económica para identificar especies con potencial para restauración de pastizales, ya que permiten hacer una preselección de las especies con amplia distribución potencial para posteriormente realizar un programa de selección con base en la capacidad de establecimiento en campo. Por lo anterior, el objetivo fue modelar el nicho ambiental de diferentes especies de pastos del árido y semiárido de México y seleccionar aquellas con alta distribución potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelado de nicho ambiental se realizó mediante el algoritmo de nicho ecológico del software de MaxEnt 3.3.3 (Phillips *et al.*, 2006). El modelo fue alimentado con las coordenadas de 50 especies de pastos, 48 nativas y dos introducidas como testigos (*Pennisetum ciliare* y *Eragrostis curvula*). Las coordenadas de distribución de las especies fueron obtenidas de la base de datos de la Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>) y CONABIO (<https://enciclovida.mx/>). Del conjunto de datos, el 75% fue utilizado para probar los modelos. El

25% de los datos restantes se seleccionaron al azar y se utilizaron para validar los modelos, mediante la prueba de bootstrap con 10 réplicas. Los modelos de aptitud ambiental generados fueron evaluados utilizando el análisis de la curva característica de operación del receptor (ROC, por sus siglas en inglés) y el área bajo la curva (AUC, por sus siglas en inglés). La puntuación del AUC fue utilizada para medir el rendimiento del modelo. Cuanto más alto fue el valor de AUC (más cerca de 1), mejor fue el ajuste del modelo para estimar probabilidad de presencia de la especie.

Las variables climáticas utilizadas fueron descargadas de la base de datos WorldClim (<https://www.worldclim.org>) a una resolución espacial de 30 arco-segundos, del período 1950-2000. Posteriormente, fueron delimitadas al espacio geográfico de la república mexicana con el software ArcMap 10.3. Se descargaron 19 variables climáticas (Bio1-Bio19) y las variables elevación, radiación y velocidad de viento. Asimismo, se incluyeron la evapotranspiración potencial e índice de aridez (Zomer y Trabucco, 2022). Adicionalmente, se utilizaron 10 variables fisicoquímicas de suelo, las cuales fueron pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de arena, porcentaje de arcilla, porcentaje de limo, contenido de carbón orgánico y concentración de magnesio, calcio, sodio y potasio. Estas variables fueron obtenidas de los datos de perfiles de suelo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), edición 2013 (<https://www.inegi.org.mx>). Los datos de suelo y topografía indicados en la etapa anterior, se usaron para generar mapas temáticos de cada atributo, mediante interpolaciones con el modelo Inverse Distance Weighted (IDW).

Las variables fueron sometidas a un análisis de correlación de Pearson y se excluyeron aquellas altamente correlacionadas con otras variables (coeficiente > 0.8). Solamente 26 variables de las 35 presentaron un grado de colinealidad (coeficiente de correlación de Pearson) menor a 0.8 (positivo o negativo). Las 26 variables utilizadas fueron rango de temperatura promedio diurna (Bio2), oscilación térmica anual (Bio3), rango de temperatura anual (Bio7), temperatura promedio del trimestre más caliente (Bio10), temperatura promedio del trimestre más frío (Bio11), precipitación anual (Bio12), precipitación del mes más húmedo (Bio13), estacionalidad de la precipitación (Bio15), precipitación del trimestre más seco (Bio17), precipitación del trimestre más caliente (Bio18) y precipitación del trimestre más frío (Bio19), elevación, radiación, velocidad de viento, evapotranspiración potencial, índice de aridez y todas las variables de suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio sugieren que existen especies de pastos con una amplia distribución potencial, las cuales podrían ser utilizadas para restauración de agostaderos. La especie con mayor distribución potencial fue *Bouteloua curtipendula* (144,953 km²), lo cual es congruente con el hecho de que es una de las más utilizadas en programas de restauración. No obstante, especies como *Bouteloua hirsuta* (120,596 km²), *Bothriochloa barbinodis* (112,217 km²), *Aristida divaricata* (111,267 km²) y *Paspalum distichum* (101,354 km²) también obtuvieron una amplia distribución potencial (Cuadro 1), lo cual sugiere que pudieran ser consideradas para utilizarse en restauración.

Los resultados de esta investigación también revelaron que existen especies con mayor probabilidad de adaptarse a ciertas zonas que especies comúnmente utilizadas en restauración. Por ejemplo, *Leptochloa crinita* y *Setaria leucopila* tienen mayor probabilidad de adaptación en las zonas altamente áridas del norte de Chihuahua que *B. curtipendula* y *B. gracilis* (Figura 1). Además, las curvas de respuesta revelaron que existen especies que pueden adaptarse bien a suelos arenosos con altas concentraciones de sódico como *Hilaria mutica*, *Sporobolus airoides* y

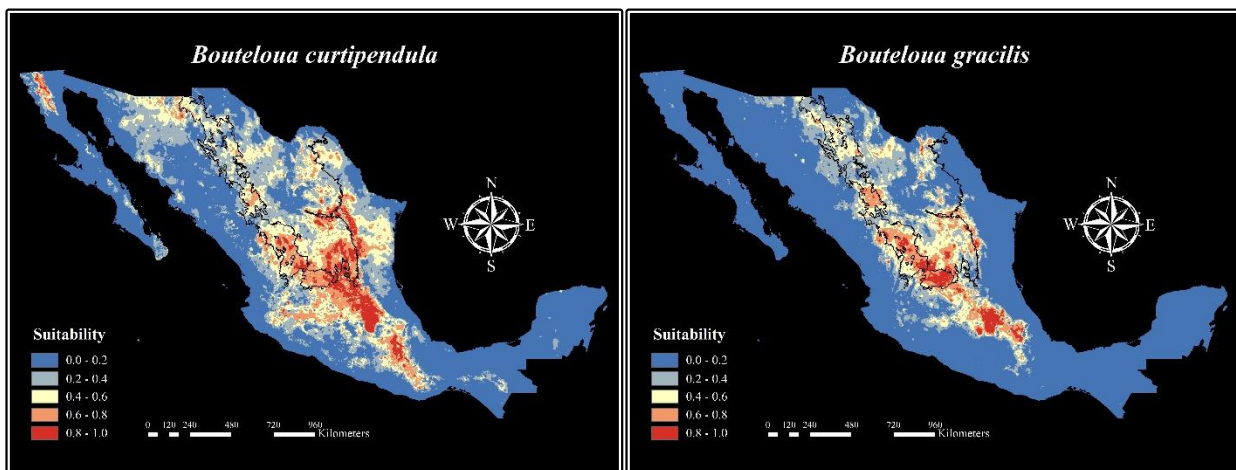
XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Sporobolus flexuosus. Especies como *Distichlis spicata*, *Pappophorum bicolor* y *Panicum hallii* pueden ser utilizadas en suelos alcalinos por altas concentraciones de calcio.

Cuadro 1. Superficie con alta aptitud ambiental (probabilidad > 0.75) para la distribución potencial de 50 especies de pastos, calculada mediante el modelo de nicho ambiental de MaxEnt

Especie	AUC	Área > 0.75 (km ²)	Especie	AUC	Área > 0.75 (km ²)
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.85 ± 0.01	144,953.50	<i>Zuloagaea bulbosa</i>	0.93 ± 0.01	69,596.50
<i>Bouteloua hirsuta</i>	0.90 ± 0.01	120,596.50	<i>Heteropogon contortus</i>	0.88 ± 0.01	69,280.60
<i>Bothriochloa barbinodis</i>	0.90 ± 0.01	112,217.40	<i>Trachypogon secundus</i>	0.94 ± 0.01	64,726.40
<i>Aristida divaricata</i>	0.95 ± 0.01	111,267.30	<i>Hopia obtusa</i>	0.95 ± 0.01	62,575.00
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.90 ± 0.01	103,585.40	<i>Scleropogon brevifolius</i>	0.95 ± 0.01	60,616.70
<i>Paspalum distichum</i>	0.93 ± 0.01	101,354.20	<i>Sorghastrum nutans</i>	0.97 ± 0.01	56,704.90
<i>Setaria parviflora</i>	0.88 ± 0.01	100,251.40	<i>Chloris submutica</i>	0.96 ± 0.01	55,161.80
<i>Setaria leucopila</i>	0.92 ± 0.01	99,749.30	<i>Bouteloua ramosa</i>	0.98 ± 0.01	54,827.10
<i>Eragrostis intermedia</i>	0.91 ± 0.01	97,290.30	<i>Sporobolus airoides</i>	0.94 ± 0.01	54,185.40
<i>Disakisperma dubium</i>	0.92 ± 0.01	95,330.60	<i>Digitaria cognata</i>	0.97 ± 0.01	53,897.90
<i>Setaria macrostachya</i>	0.91 ± 0.01	95,189.60	<i>Muhlenbergia arenicola</i>	0.98 ± 0.01	46,603.50
<i>Digitaria californica</i>	0.93 ± 0.01	92,611.80	<i>Bromus anomalus</i>	0.95 ± 0.01	44,952.10
<i>Enneapogon desvauxii</i>	0.96 ± 0.01	92,000.70	<i>Bothriochloa laguroides</i>	0.97 ± 0.01	38,959.00
<i>Aristida ternipes</i>	0.89 ± 0.01	90,904.20	<i>Elionurus barbiculmis</i>	0.96 ± 0.01	38,856.90
<i>Dasyochloa pulchella</i>	0.94 ± 0.01	87,182.60	<i>Panicum hallii</i>	0.95 ± 0.01	38,667.30
<i>Panicum hirticaule</i>	0.91 ± 0.01	84,190.30	<i>Aristida pansa</i>	0.98 ± 0.01	37,450.00
<i>Leptochloa crinita</i>	0.97 ± 0.01	81,829.90	<i>Sporobolus flexuosus</i>	0.98 ± 0.01	34,579.20
<i>Aristida purpurea</i>	0.95 ± 0.01	81,552.80	<i>Andropogon gerardii</i>	0.98 ± 0.01	30,659.70
<i>Microchloa kunthii</i>	0.96 ± 0.01	80,881.30	<i>Schizachyrium scoparium</i>	0.97 ± 0.01	28,363.20
<i>Muhlenbergia phleoides</i>	0.94 ± 0.01	77,911.80	<i>Hilaria mutica</i>	0.98 ± 0.01	27,681.90
<i>Pennisetum ciliare</i>	0.91 ± 0.01	75,073.60	<i>Bouteloua eriopoda</i>	0.98 ± 0.01	24,477.10
<i>Bouteloua chondrosioides</i>	0.96 ± 0.01	74,914.60	<i>Muhlenbergia glauca</i>	0.97 ± 0.01	18,654.90
<i>Bouteloua radicata</i>	0.93 ± 0.01	74,122.90	<i>Distichlis spicata</i>	0.94 ± 0.01	16,877.00
<i>Erioneuron avenaceum</i>	0.95 ± 0.01	73,966.00	<i>Muhlenbergia porteri</i>	0.98 ± 0.01	14,683.30
<i>Bouteloua dactyloides</i>	0.95 ± 0.01	73,028.50	<i>Pappophorum bicolor</i>	0.98 ± 0.01	9,145.10

AUC= área bajo la curva.



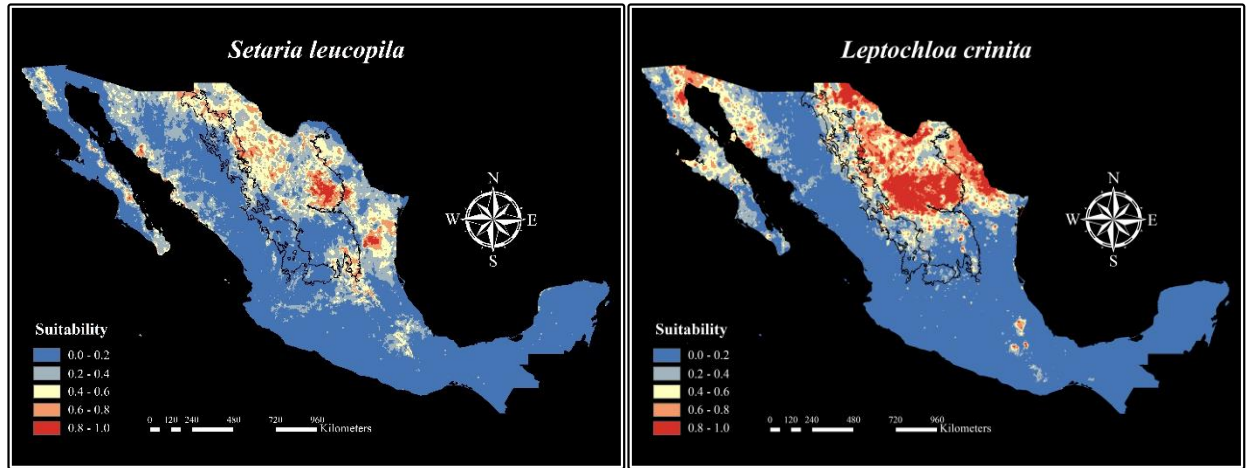


Figura 1. Mapas del modelo MaxEnt para la distribución potencial de diez especies de pastos

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de este estudio, se considera que existen especies con potencial para ser utilizadas en restauración de agostaderos, como una alternativa a las especies que se utilizan actualmente y presentan una baja capacidad de establecimiento. Sin embargo, antes de que se utilicen, se debe probar su capacidad de establecimiento en campo y corroborar que realmente tengan potencial para ser utilizadas en programas de restauración.

LITERATURA CITADA

- Chávez, A. H. S.; F. J. González. 2009. Rancho Experimental La Campana 50 años de investigación y transferencia en pastizales y producción animal. A. H. S. Chávez (Compilador). Libro Técnico núm. 2. INIFAP-CIRNOC. Chihuahua, Chih. México. 213 pp.
- Cingolani, A. M.; I. Noy-Meir; S. Díaz. 2005. Grazing effects on rangeland diversity: a synthesis of contemporary models. *Ecological Applications* 15: 757-773.
- Dlamini, P.; P. Chivenge; V. Chaplot. 2016. Overgrazing decreases soil organic carbon stocks the most under dry climates and low soil pH: A meta-analysis shows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 221: 258-269.
- Granados-Sánchez, D.; M. Á. Hernández-García; A. Vázquez-Alarcón; P. Ruíz-Puga. 2013. Los procesos de desertificación y las regiones áridas. *Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente* 19: 45-66.
- Phillips, S. J.; R. P. Anderson; R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-259.
- PMARP. 2012. Plan Maestro de la alianza regional para la conservación de los pastizales del Desierto Chihuahuense. En: https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2016/10/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf. Consultado 15 de octubre 2022.
- SEMARNAT (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales). 2015. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México.
- SIAP. 2017. Anuario estadístico de la producción ganadera. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/. Consultado octubre 2022.
- Zomer, R. J.; J. Xu; A. Trabucco. 2022. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. *Scientific Data* 9: 1-15.

DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE GERMINACIÓN DE SEMILLA DE MEZQUITE (*PROSOPIS LAEVIKATA*) MEDIANTE TRATAMIENTOS DE ESCARIFICACIÓN EN AMBIENTE CONTROLADO.

DETERMINATION OF THE GERMINATION PERCENTAGE OF MESQUITE (*PROSOPIS LAEVIKATA*) SEEDS BY SCARIFICATION TREATMENTS IN A CONTROLLED SPACE.

José Antonio Murillo-Hurtado¹, Alejandro Espinoza-Canales^{1*}, Daniel García-Cervantes¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

*alejandroespinoza@uaz.edu.mx

RESUMEN

Prosopis laevigata es una especie la cual su población natural ha disminuido considerablemente en México por el explotamiento desmedido y/o la falta de control para su uso en las distintas actividades como: el uso de madera para la creación de muebles, artesanías, madera para combustión y carbón. El mezquite tiene una cantidad considerable de aportaciones al ambiente como lo son la actividad de biomedadores en los suelos con altos niveles de metales, el aprovechamiento de sus vainas como sustituto de harina de trigo para la fabricación de pan y estas mismas como fuente de forraje rico en azúcares para el ganado, la goma de mezquite para uso industrial, por tanto, se requiere producir plantas de calidad para establecer nuevas plantaciones de la especie. La semilla de mezquite biológicamente presenta problemas de germinación debido a su endocarpio impermeable (latencia) ya que este es demasiado grueso y difícil de romper en condiciones naturales. Este trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de metabolismo animal y fisiología ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. La recolección de muestras se realizó en 3 puntos diferentes del estado con un muestreo aleatorio completamente al azar. Es por eso que en este trabajo el objetivo es evaluar las semillas de mezquite aplicando distintos tratamientos de escarificación en función de detectar y dar a conocer el tratamiento que nos brinde el porcentaje más alto en germinación.

Palabras claves: determinar, tratamientos, latencia, escarificación, germinación, mezquite.

ABSTRACT

Prosopis laevigata is a species whose natural population has decreased considerably in Mexico due to excessive exploitation and lack of control for its use in different activities such as: the use of wood for the creation of furniture, crafts, wood for combustion and coal. The mesquite has a considerable amount of contributions to the environment, such as the activity of biomediators in soils with high levels of metals, the use of its pods as a substitute for wheat flour for the manufacture of bread and these themselves as a source of rich fodder. in sugars for cattle, mesquite gum for industrial use, therefore, it is necessary to produce quality plants to establish new plantations of the species. Biologically, the mesquite seed presents germination problems due to its impermeable endocarp (dormant) since it is too thick and difficult to break under natural conditions.

This work was carried out in the laboratory of animal metabolism and ruminal physiology of the Academic Unit of Veterinary Medicine and Zootechnics, Autonomous University of Zacatecas. The sample collection was carried out in 3 different points of the state with a completely random sampling. That is why in this work the objective is to evaluate the mesquite seeds applying different scarification treatments in order to detect and publicize the treatment that gives us the highest germination percentage.

Keywords: determine, treatments, dormancy, scarification, germination, mesquite.

INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas en México, se conoce como mezquite a diferentes especies del género *Prosopis*, entre las cuales, las más comunes en el norte-centro de México son *P. laevigata* y *P. glandulosa* (Ríos-Saucedo *et al.*, 2011).

El mezquite crece en las regiones áridas y semiáridas de México y tiene diversos usos, ya que su madera se utiliza como combustible, para construir cercas y sus vainas como forraje y alimento para el ser humano; es Se produce para la fabricación de resina para pegamentos y barnices, mientras que sus flores son importantes en la producción de miel. Actualmente se considera que tiene potencial como forraje, material de construcción y combustible; sus comunidades brindan recreación a los humanos, refugio para la vida silvestre, fuente de néctar para las abejas y otros insectos, y también es importante para el mantenimiento del suelo debido a la desertificación. El proceso se puede prevenir. Varios autores recomiendan su cultivo y mejoramiento debido a su amplia variabilidad genética intraespecífica en poblaciones naturales de mezquite; en producción forestal, la madera es robusta y duradera para muebles, puertas, ventanas, pisos, adornos, artesanías, pero también excelente leña y carbón vegetal. Por otro lado, bajo ciertas condiciones, son fuente de alimento para animales domésticos y salvajes; además, las flores producen polen y néctar que se utilizan en los apiarios para producir miel y cera; la planta segrega una goma medicinal e industrial utilizada como sustituto de la goma arábiga obtenida del género *Acacia* (La torre-Almaráz *et al.* 2009).

La demora que tiene esta semilla hace que sea menos rápida la germinación. Entre las causas que no permiten su germinación se encuentra el endocarpio del mismo fruto, que se cree que es un muro natural que le otorga una condición de latencia que evita que se vuelva a germinar por varios años (García *et al.*, 2000).

Para lidiar con las dificultades de demora que presentan esta clase de semillas, se han generado diversas maneras en una gran diversidad de especies de plantas, en particular aquellas que tienen un valor agrícola importante. Estas habilidades han logrado obtener una propagación rápida, total y uniforme. Lo que apoya los trabajos de instrucción y el establecimiento de los cultivos (Martínez, 1994). Las pruebas de la práctica que utilizan procedimientos de pregerminación en las semillas de *P. laevigata* exhiben expectativas factibles a partir de la germinación que tienen en los viveros, garantizando la posibilidad de que se propaguen (Ffolliot, 1983) en cualquier sistema agrícola o para fines de reforestación con el fin de aumentar la cantidad de árboles que tiene el bosque (CONAZA, 1994).

La escarificación es un conjunto de eventos previos a la germinación diseñados para promover e incrementar la germinación; dichos eventos están dirigidos a semillas que normalmente exhiben latencia exógena, como la latencia física exhibida por las semillas de *P. laevigata* (Sobrevilla-Solís *et al.*, 2013). El objetivo de la escarificación es ablandar, perforar, desgarrar o abrir la testa para hacerla permeable sin dañar al embrión ni al endospermo de su interior, permitiendo así la aspiración y el intercambio gaseoso. La velocidad de germinar es un factor crítico para todas las especies a instalar en campo o en vivero. Se recomienda la escarificación mecánica, física o química de las semillas para aumentar la tasa de germinación. (Sobrevilla-Solís *et al.*, 2013).

A través de métodos artificiales es posible eliminar esta barrera natural de la semilla con el fin de inducir su germinación. Las técnicas que se emplean para escarificar semillas de especies que presentan latencia son: Abrasión, el uso de sustancias químicas, acción hídrica, tratamiento microbiológico y paso a través del tracto digestivo de animales (Rodríguez Cabrera, 1996).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. El presente trabajo se lleva a cabo en el laboratorio de metabolismo animal y fisiología ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas (carretera panamericana, Zacatecas – Fresnillo, kilómetro 31.5 98500. Gral Enrique Estrada, Zac. 22°57' Norte y 102°42' Oeste).

Muestreo. La recolección de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*) se realizó en los municipios de Jerez (22°38'30.9"N 102°58'19.6"W), Sombrerete (23°37'52.9"N 103°37'31.6"W) y Villa de Cos (23°17'22.6"N 102°21'09.3"W) con un muestreo aleatorio completamente al azar, siendo estos municipios de distinta zona del estado de Zacatecas. Durante julio y agosto de 2022 en los municipios seleccionados, se recolectaron muestras de vainas maduras, completas, sanas y sin daños externos visibles, para realizar el estudio.

Extracción y selección de semillas. Después de la recolección se seleccionaron vainas maduras sanas y sin daño para someter a secado natural a luz del sol durante 1 semana evitando humedad. Una vez secas se procedió a la extracción de las semillas fuera de las vainas mediante un método mecánico con la ayuda de una licuadora comercial introduciendo las vainas en grupos sin saturar la licuadora y procediendo a pulverizar las vainas observando con cuidado para detener la licuadora antes de dañar la semilla. Una vez terminado de pulverizar las vainas continuamos con la separación de las semillas de la harina de vaina e identificar las aptas para germinar.

Escarificación. Continuamos con la aplicación de los tratamientos de escarificación en los cuales se utilizaron un total de 800 semillas, a las cuales se les aplicaron 7 tratamientos más 1 testigo de los cuales se agregó 1 tratamiento mecánico en el cual se utilizó de igual forma que en la extracción de las semillas una licuadora comercial con el objetivo de romper el endocarpio de las semillas de forma rápida y sencilla, pero sin dañar la carióspside de estas mismas. Los tratamientos se aplicaron en grupos de 100 semillas por cada tratamiento los cuales son los que se muestran en el siguiente cuadro:

Tratamiento escarificación	Tiempo inmersión
1. Testigo (agua)	
2. Agua hirviendo	10 minutos
3. Agua hirviendo	15 minutos
4. Ácido sulfúrico	10 minutos
5. Ácido sulfúrico	5 minutos
6. Líquido ruminal	24 horas
7. Líquido ruminal	48 horas
8. Método mecánico	

Germinación. Una vez que las semillas se encuentran escarificadas es decir libres y/o vulnerables de su endocarpio se colocaron en charolas de plástico con sustrato comercial previamente humedecido y cubiertas por el mismo sustrato sin rebasar 3 veces el tamaño de la semilla y una vez más humedeciendo el sustrato, posteriormente dimos continuidad a introducir en nuestra cámara de germinación la cual se llevará a cabo desde un refrigerador comercial con puerta transparente para monitorear el proceso sin alterar los valores de temperatura, en el cual se invertirá su función para brindar calor a las semillas escarificadas si se llegara a necesitar así con ayuda de un termostato el cual regulará la temperatura a no menos de 20°C encendiendo y apagando 4 focos de 30w con luz amarilla, distribuidos dentro de la cámara tratando de replicar una temperatura ambiente durante 30 días realizando conteo diario (cada 24 horas) de semillas germinadas en cada charola de tratamiento además se realizaron aspersiones dos veces al día para mantener el sustrato con alto nivel de humedad. La semilla se consideró germinada cuando la longitud de la radícula igualó la longitud de la semilla.

RESULTADOS Y DISCUSION

Cuadro 1. Promedio de semillas germinadas por cada tratamiento de escarificación al día 30

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Semillas germinadas	31	25	7	28	28	14	6	100

T1 (testigo), T2 (agua hirviendo 10 min), T3 (agua hirviendo 5 min), T4 (ácido sulfúrico 10min), T5 (ácido sulfúrico 5min), T6(líquido ruminal 24 hrs), T7 (líquido ruminal 48hrs), T8 (método mecánico).

En base a los resultados obtenidos podemos determinar que el tratamiento que brindó una mejor eficiencia en la escarificación de las semillas es el método mecánico en el cual el promedio alcanzó el 100% de germinaciones con una notable diferencia en comparación con los otros tratamientos, es decir que los tratamientos no mecánicos son notablemente menos eficaces, a pesar de utilizar sustancias altamente corrosivas como lo es el ácido sulfúrico es probable que se deba precisar el tiempo de inmersión y la concentración del mismo. Del mismo modo en el caso de líquido ruminal y jugo gástrico podemos concluir que no es suficiente para provocar el daño necesario en la testa ya que en ambiente natural las semillas antes de llegar a tracto digestivo se someten a un tratamiento mecánico natural como lo es la masticación, así mismo los tratamientos con agua en ebullición no brindaron resultados significativos. Es por eso que podemos recomendar la aplicación de un tratamiento mecánico en futuras investigaciones, así como uso en campo para facilitar la germinación de *prosopis laevigata* entre otras semillas que tengan este mismo problema de dureza.

LITERATURA CITADA

- La Torre-Almaráz, D., Cota-Trujillo, F. M., García-Rojas, J. L., Campos, J. E., & San-Martín, F. (2009). Etiología de la muerte descendente del mezquite (*Prosopis laevigata* L.) en la Reserva de la Biósfera del Valle de Zapotitlan, México. *Agrociencia*, 43(2), 197-208.
- García-Aguilera E., O. A. Martínez-Jaime, S. Torres y J. T. Frías-Hernández (2000). Escarificación Biológica del Mezquite (*Prosopis laevigata*) con diferentes especies de ganado doméstico. En: Frías-Hernández J. T., V. Olalde-Portugal y E. J. Vernon-Carter (Eds.). *El Mezquite Árbol de Usos Múltiples. Estado actual del conocimiento en México*. Universidad de Guanajuato, México. pp. 117-123.
- Martinez, S., & Garcia, J. (1994). Efecto de cuatro tratamientos pregerminativos en semillas de *Acacia bilimekii* (Tehuixtle). *Instituto de Hidrología de la Universidad Tecnológica de Mexico*.
- CONAZA- Comisión Nacional de las Zonas Áridas. 1994. Instituto Nacional de Ecología. *Mezquite, Cultivo Alternativo para las Zonas Áridas y Semiáridas de México*. México, D.F. 30 p.
- Ffolliott, P. F. y J. L. Thames. 1983. Recolección, manipuleo, almacenaje y pre-tratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. FAO, Roma, Italia 125 p.
- Ríos-Saucedo, J. C., Rivera-González, M., Valenzuela-Nuñez, L. M., Trucios-Caciano, R., & Rosales-Serna, R. (2012). Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su sobrevivencia en Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 11(2), 63-67.
- Rodríguez Cabrera, M. (1996). *Estudio ecofisiológico y técnicas de germinación de 9 especies nativas en Marín, Nuevo León* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Sobrevilla-Solís, J. A., López-Herrera, M., López-Escamilla, A. L., & Romero-Bautista, L. (2013). Evaluación de diferentes tratamientos pregerminativos y osmóticos en la germinación de semillas *Prosopis laevigata* (Humb. y Bonpl. Ex Willd) MC Johnston. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, 2, 83-95.

**ENSAYO DE GERMINACIÓN CON TRES TIPOS DE SEMILLAS DE ORÉGANO
(*Lippia graveolens* HBK)
GERMINATION TEST WITH THREE TYPES OF OREGANO SEEDS (*Lippia graveolens*
HBK)**

Flor Erenia Avilés Cardoza¹, José Ángel Castañeda Venegas², Heriberto de Jesús Maldonado Quiñones^{2*}

¹Estudiante de la carrera de Agricultura Sustentable y Protegida Universidad Tecnológica de Rodeo.

²Universidad Tecnológica de Rodeo. Carretera Federal Panamericana km 154.9, Rodeo, Dgo. Méx. C.P. 35760.

*Autor por correspondencia: heriberto.maldonado@utrodeo.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue realizar una prueba de germinación *in vitro* con tres tipos de semillas de orégano que se pretenden utilizar para producir plántula en condiciones de vivero. Los tratamientos evaluados fueron T1= semilla comercial (GERMINAL®), T2= semillas producidas en el invernadero de la Universidad Tecnológica de Rodeo, y T3= semillas silvestres recolectadas en el municipio de Nazas, Durango. El ensayo de germinación se llevó a cabo en cajas Petri en un lugar con clima controlado a una temperatura promedio de 27 °C, durante 10 días: la unidad experimental consistió de una caja Petri con 20 semillas; se incluyeron cuatro unidades experimentales por tratamiento y la asignación de éstos a las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria. Se registraron los datos correspondientes al porcentaje de germinación (PG) de cada tratamiento y se analizaron de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar; se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.1 para el análisis de varianza. No se registraron diferencias significativas entre los porcentajes de germinación obtenidos (53.75%-67.50%). Los tres tipos de semillas evaluados presentan condiciones para desarrollar plántulas normales para su posterior establecimiento en vivero.

Palabras clave: *in vitro*, comercial, silvestres, radícula.

ABSTRACT

The objective was to carry out an *in vitro* germination test with three types of oregano seeds that are intended to be used to produce seedlings under nursery conditions. The evaluated treatments were T1= commercial seed (GERMINAL™), T2= seeds produced in the greenhouse of the Technological University of Rodeo, and T3= wild seeds collected in the municipality of Nazas, Durango. The germination test was carried out in Petri dishes in a place with controlled climate at an average temperature of 27 °C, for 10 days: the experimental unit consisted of a Petri dish with 20 seeds; Four experimental units per treatment were included and the assignment of these to the experimental units was done randomly. The data corresponding to the germination percentage (GP) of each treatment were recorded and analyzed according to a completely randomized experimental design; the GLM procedure of the statistical package SAS 9.1 version was used for the variance analysis. There were no significant differences between the germination percentages obtained (53.75%-67.50%). The three types of seeds evaluated present conditions to develop normal seedlings for their subsequent establishment in the nursery.

Keywords: *in vitro*, commercial, wild, radicle.

INTRODUCCIÓN

El orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) es una especie forestal no maderable que se desarrolla en zonas áridas y semiáridas de México y se reconoce en el mercado internacional como orégano mexicano. Esta planta aromática compite en el mercado internacional con el *Origanum vulgare*, una especie de Turquía (Cano y Villavicencio, 2012). De acuerdo con Martínez-Hernández *et al.*, (2015), México es uno de los países con mayor producción de orégano seco en el mundo (4000 t año⁻¹ aproximadamente). Sin embargo, ya que la especie se recolecta en áreas naturales, no existe un control en las estadísticas de producción, por lo que, es difícil la actualización de los datos. De esta planta se cosechan las hojas y las flores y la época ideal para la recolección de las hojas es en plena floración (verano, generalmente), antes de que abran las flores. La importancia del orégano radica en que es una especie que puede generar beneficios económicos sin comprometer su conservación; es ampliamente usado en la elaboración de platillos, industria farmacéutica, alimenticia e industria agropecuaria (CONAFOR, 2009). Además, puede ser un cultivo alternativo en regiones con baja disponibilidad de agua para riego. No obstante, sembrar el orégano en campo de forma directa tiene baja probabilidad de éxito, ya que la semilla es muy pequeña, tiene bajo porcentaje de germinación y la plántula en sus etapas tempranas es muy frágil para soportar las prácticas de cultivo, por lo que la producción de plántula en vivero representa una opción para obtener plantas de buena calidad (Martínez-Hernández *et al.*, 2015). A este respecto, previo a la producción de plántula en vivero, es aconsejable llevar a cabo una prueba de germinación que permita conocer si las estructuras esenciales de la plántula son aptas para continuar su crecimiento en condiciones favorables (SNICS, 2017), por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue realizar un ensayo de germinación *in vitro* con tres tipos de semillas de orégano que se pretenden utilizar para producir plántula en condiciones de vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de germinación se llevó a cabo en la Universidad Tecnológica de Rodeo (UTRodeo) ubicada en el kilómetro 159.4 de la carretera Federal Panamericana en Rodeo, Durango, México. Los tratamientos evaluados fueron T1= semilla comercial (GERMINAL®), T2= semillas producidas en el invernadero de la UTRodeo y T3= semilla silvestre recolectada en el municipio de Nazas, Durango. La unidad experimental consistió en una caja Petri con 20 semillas de orégano y se incluyeron cuatro unidades experimentales por tratamiento; la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se realizó de manera aleatoria. La prueba de germinación se realizó de acuerdo al SNICS (2017). Inicialmente, se extrajeron las semillas de orégano de cada uno de los tratamientos (Figura 1a); enseguida se depositó un trozo de papel en el interior de las placas Petri para luego depositar sobre éste las semillas (Figura 1b); luego, se humedecieron las semillas con agua purificada haciendo uso de un atomizador de plástico (Figura 1c); a continuación, las placas Petri se mantuvieron en un salón con clima controlado a una temperatura promedio de 27 °C, durante 10 días, tiempo durante el cual se estuvo hidratando las semillas conforme así lo requirieron. Una vez concluido el ensayo, se registraron los datos correspondientes al porcentaje de germinación (PG) de cada tratamiento. Esta variable, se analizó de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar; se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.1 para el análisis de varianza.

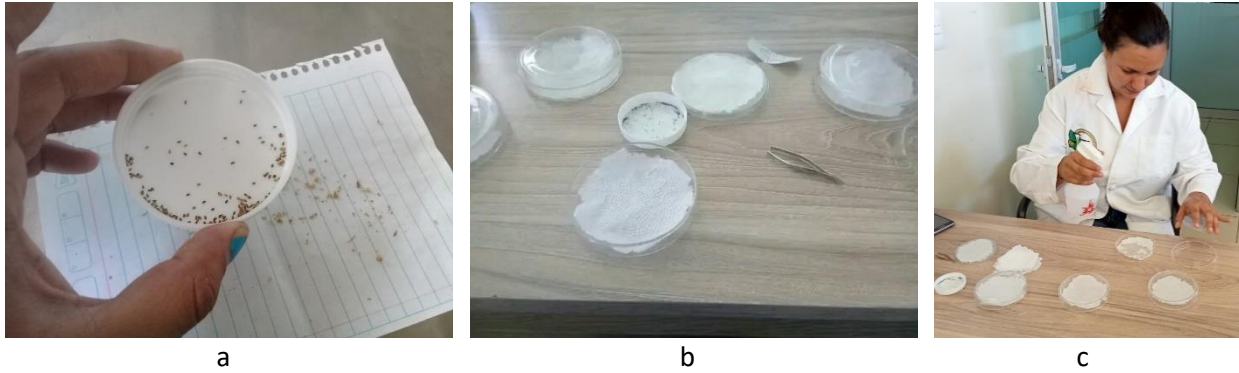


Figura 1. Etapas del ensayo de germinación: a) semillas extraídas; b) acondicionamiento de las cajas Petri; c) humedecimiento de las semillas con agua purificada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información contenida en el Cuadro 1, se observa que no se detectó diferencia significativa en el porcentaje de germinación (PG) entre los tratamientos evaluados. Por su parte, en la Figura 2 se presentan los valores promedio del PG registrado en cada uno de los tratamientos. Se obtuvieron los siguientes PG para el T1, T2 y T3, de manera respectiva: (53.75 ± 12.5) , (65.00 ± 10.8) y (67.50 ± 2.9) .

Cuadro 1. Cuadros medios del porcentaje de germinación (PG) de tres tipos de semilla de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.)

Fuente de variación	Grados de libertad	PG
Tratamiento	2	214.58 ^{NS}
Error	9	93.75
CV (%)		15.60

CV=coeficiente de variación. NS= no significativo ($p > 0.05$).

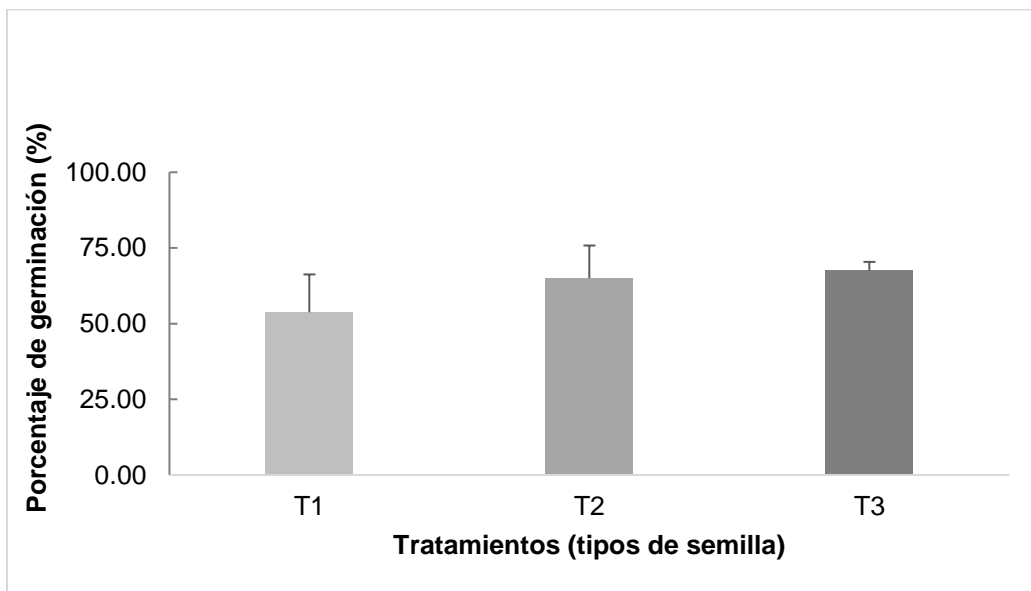


Figura 2. Porcentaje de germinación promedio de tres tipos de semilla de orégano (*Lippia graveolens* H.B.K.) Los porcentajes de germinación obtenidos en esta investigación son inferiores a los presentados por Borboa-Flores *et al.* (2016), quienes reportan PG en el rango de 70-80 %. Aunque, hay que

destacar que estos investigadores trataron las semillas con ácido giberélico, a diferentes tiempos de remojo y bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad, por lo que, la diferencia en los PG entre ambos estudios se puede asociar a que las semillas evaluadas en el presente estudio no fueron sometidas a un tratamiento pregerminativo. Por otro lado, es muy probable que la madurez al tiempo de la recolección de los tres tipos de semilla evaluados, sea muy similar, dado que no se encontró diferencia estadística entre los tratamientos. Con base en estos resultados se puede suponer que los tres tipos de semilla cuentan con las estructuras esenciales para generar una plántula normal (SNICS, 2017), ya que se presentó la rotura de las cubiertas seminales por la radícula (Figura 3), lo cual, en condiciones de laboratorio, se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico) (Pita-Villamil y Pérez-García, 1998).



Figura 3. Aparición de radícula en semillas de orégano

CONCLUSIONES

Los tres tipos de semillas evaluados presentan condiciones para desarrollar plántulas normales para su posterior establecimiento en vivero. Se recomienda que se lleven a cabo pruebas pregerminativas con las semillas evaluadas, con el propósito de favorecer un aumento en el porcentaje de germinación previo a la producción de plántula en vivero.

LITERATURA CITADA

- Borboa-Flores, J.; M.M. Ortega-Nieblas; D. McCaughey-Espinoza; Ma del R. Robles-Burgüño; M. Serna-Félix; F.J. Cinco-Moroyoquie; F.J. Wong-Corral; E.O. Rueda-Puente. 2016. Características de la germinación de *Lippia palmeri* (Wats) proveniente de regiones silvestres del desierto de Altar, Sonora, México. *IDESIA, Revista de Agricultura en Zonas Áridas*. 34(4):37-42.
- Cano, A.; G. Villavicencio. 2012. Cultivo de Orégano, opción productiva para las zonas semidesérticas. Desplegable para productores Núm. 28. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Noreste-Campo Experimental Saltillo.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2009. Paquete Tecnológico para la producción de orégano (*Lippia* spp.) Consultado en línea 13/08/23. <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/OREGANO.pdf>.
- Martínez-Hernández, R.; M.M. Villa-Castorena; E.A. Catalán-Valencia; M.A. Inzunza-Ibarra. 2015. Production of oregano (*Lippia graveolens* Kunth) seedling from seeds in nursery for transplanting. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente*. 23(1):61-63.
- Pita-Villamil, J.M.; F. Pérez-García. 1998. Germinación de Semillas. Hojas divulgadoras. Núm. 2090 HD. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación-Secretaría General Técnica. Madrid, España. 20p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2003. *SAS Release 9.1*. SAS Institute, Inc.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2017. ¿Cómo se realiza un ensayo de germinación? Consultado en línea 25/06/23. <https://www.gob.mx/snics/articulos/como-se-realiza-un-ensayo-de-germinacion?idiom=es>.

**PRODUCCIÓN EN VIVERO DE PASTOS NATIVOS (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*)
EN SISTEMA DE ENVASE
NURSERY PRODUCTION OF NATIVE GRASSES (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*)
ON CONTAINER SYSTEM**

Erickson Basave-Villalobos¹, José Á. Sigala-Rodríguez¹, Miguel Á. Ramírez-Fuentes^{1*}, Erica Arellano-Díaz², Abieser Vázquez González³, Mauricio Velázquez Martínez⁴

¹INIFAP, CIRNOC, C. E. Valle del Guadiana, Durango.

²TSU-Universidad Tecnológica del Mezquital, Durango.

³INIFAP, CIRPAC, C. E. Santiago Ixcuintla, Nayarit. ⁴INIFAP, CIRNE, C. E. San Luis, San Luis Potosí

*Autor por correspondencia: lic.biologia.ramirez@gmail.com

RESUMEN

Existe la necesidad de rehabilitar los pastizales debido a su fragmentación y el establecimiento de planta previamente producida en vivero puede contribuir a ello, pero es importante asegurar un desempeño satisfactorio de las plantas en campo. En este estudio se evaluó el crecimiento en vivero de variedades de dos especies de pastos nativos (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*) producidas en diferentes envases, lo anterior con el propósito de definir prácticas de manejo en vivero para producir planta para la rehabilitación asistida de pastizales. Se produjeron plantas de dos variedades de *B. curtipendula* (Banderita; Diana y 689-B) y dos de *B. gracilis* (Navajita; Cecilia y 38). Se evaluaron dos tipos de envases: 1) charola de plástico rígido con cavidades de 250 mL, 2) tubete individual de 150 mL, mediante un diseño experimental completamente al azar. Se determinó la altura y la biomasa de la parte aérea y de las raíces como variables de respuesta. Se hizo una prueba *t* para muestras independientes a un nivel de significancia del 0.5%, para comparar los dos tipos de envases. El tipo de envase afectó significativamente la mayoría de las características morfológicas de los pastos de las diferentes variedades. Las plantas de las charolas de plástico presentaron los valores más altos en las variables evaluadas. Los resultados tienen implicaciones que permiten definir prácticas de manejo en vivero para la producción de planta en la rehabilitación de pastizales.

Palabras clave: agostaderos, rehabilitación, semiárido, pasto banderita, pasto navajita.

ABSTRACT

There is a need to rehabilitate grasslands due to their fragmentation and the establishment of plants previously produced in nursery can contribute to this, but it is important to ensure a satisfactory performance of the plants in the field. This study evaluated the nursery growth of two native grass species (*Bouteloua curtipendula* and *B. gracilis*) produced in different containers, with the purpose of defining nursery management practices to produce plants for assisted grassland rehabilitation. Two varieties of *B. curtipendula* (Banderita; Diana and 689-B) and two varieties of *B. gracilis* (Navajita; Cecilia and 38) were produced. Two types of containers were evaluated: 1) plastic tray with cavities of 250 mL, 2) individual tube of 150 mL, using a completely randomized experimental design. Height and biomass of the aerial part and roots were determined as response variables. A t-test for independent samples was performed at a significance level of 0.5% to

compare the two types of containers. Container type significantly affected most of the morphological characteristics of the grasses of the different grass varieties. Plants in plastic trays presented the highest values in the variables evaluated. The results have implications that allow defining nursery management practices for the production of plants for rehabilitation.

Keywords: grasslands, rehabilitation, semiarid, Sideoats grama, Blue grama.

INTRODUCCIÓN

Recientemente, Jurado-Guerra et al. (2021) han documentado la situación crítica de deterioro y reducción que sufren los ecosistemas de pastizal y matorral en el centro y norte de México, debido a su conversión a la agricultura y sobre-pastoreo. Estos autores enfatizan que es necesaria la rehabilitación de estos ecosistemas para revertir su deterioro. Para los pastizales se ha propuesto a la resiembra de pastos mediante la diseminación artificial como una práctica para ese propósito; no obstante, este método plantea retos importantes para asegurar que las plantas se establezcan satisfactoriamente, puesto que la variabilidad en la disponibilidad de humedad del suelo y la alteración de varias de las propiedades fisicoquímicas de este, ocasionada por la pérdida de cobertura vegetal, pueden restringir la germinación o el establecimiento de los pastos, de modo que es necesario definir otras alternativas o prácticas que se ajusten a las condiciones particulares del suelo en el sitio de siembra o plantación, para asegurar el establecimiento de las plantas (Velázquez-Martínez *et al.*, 2015). En la restauración activa de ecosistemas el establecimiento de planta producida en vivero ha resultado una opción viable para revegetar áreas en las que se ha perdido cobertura vegetal. Esta, por lo tanto, puede ser una alternativa para incorporar pastos nativos en los pastizales degradados y aumentar su potencial de establecimiento. En vivero, las plantas reciben las labores de manejo durante su producción que garantizan una conformación adecuada de sus componentes, de tal forma que es posible llevar al sitio planta con su sistema de hojas y raíces bien desarrollados, que pueden otorgarle mayor ventaja competitiva por luz, agua y nutrientes en las primeras etapas de establecimiento en campo. Sin embargo, para cada cultivo a producir en vivero, es primordial definir las labores o prácticas culturales para su manejo adecuado y, con ello, promover las características morfológicas y funcionales necesarias para un desempeño satisfactorio en el sitio de plantación (Jacobs y Wilkinson, 2009). En este sentido, el tipo de envase empleado para producir las plantas tiene un efecto determinante en el crecimiento y, por ende, en los atributos morfo-fisiológicos que adquieren al final del ciclo de producción (Basave-Villalobos *et al.*, 2016). Características de forma, tamaño o volumen de los envases influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Landis *et al.*, 2010). En el mercado, existe una variedad amplia de envases que pueden emplearse para producir los pastos, pero es conveniente una valoración previa de estos para definir el más idóneo para producir plantas con buenas características para la rehabilitación de los pastizales. El objetivo del presente estudio es evaluar el crecimiento en vivero de variedades de dos especies de pastos nativos (*Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis*) producidas en diferentes envases.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un vivero del Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP) en Durango, Durango, durante el periodo comprendido entre mayo y julio de 2023. Se produjeron plantas de dos variedades de *B. curtipendula* (Banderita; Diana y 689-B) y dos de *B. gracilis*

(Navajita; Cecilia y 38). La siembra se realizó el 17 de mayo de 2023. Esta se hizo en dos tipos de envases: 1) charola de plástico rígido con cavidades de 250 mL y de forma piramidal, 2) tubete individual de 150 mL también de forma piramidal. Se emplearon 240 unidades de cada tipo de envase, de modo que de cada especie y variedad se tuvo un conjunto de 60 plantas, que en este caso fueron macollos porque de cada especie y variedad se sembraron 10 semillas llenas (cariópsides), previamente seleccionadas y extraídas de las unidades de dispersión. El sustrato empleado estuvo compuesto por 50% de turba de musgo (peat moss), 30% de corteza de pino compostada y 20% de perlita. Se adicionó fertilizante de liberación lenta Multicote™ 8 18-6-12+2MgO+Micronutrientes, en dosis de 3 g L⁻¹ de sustrato.

En la última semana de julio de 2023 se hizo una evaluación que consistió en el muestreo destructivo de 10 plantas por tratamientos, considerando las especies, variedades y envases (N=80). Se determinó la altura (cm) y la biomasa (g) de la parte aérea y de las raíces. Estas últimas variables se registraron tras el secado de cada componente en una estufa de aire forzado a 70°C durante 72 h. Los tipos de envase representaron los tratamientos y estos se evaluaron en un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y unidades experimentales de 15 plantas. Se hizo una prueba *t* para muestras independientes a un nivel de significancia del 0.5%. La comparación se realizó entre tipos de envases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tipo de envase afectó significativamente la mayoría de las características morfológicas de los pastos de las diferentes variedades producidas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferencias estadísticas (valores *P*) en características morfológicas de plantas de *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis* por el efecto del tipo de envase en vivero.

Variedad	Altura	Biomasa aérea	Biomasa de raíz
	Valor <i>P</i>		
Navajita Cecilia	0.0088	0.009	0.0007
Navajita 38	0.2498	0.1199	0.0091
Banderita Diana	0.0001	0.0011	0.0007
Banderita 689-B	0.0046	0.0015	0.0011

En general, las plantas de las charolas de plástico rígido presentaron los valores más altos en las variables evaluadas (Cuadro 2), lo que sugiere que las diferencias en las características morfológicas son resultado de que en ese tipo de envase las plantas tuvieron un mejor crecimiento.

Cuadro 2. Crecimiento de plantas de *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis* producidas en diferentes tipos de envase en vivero

Variedad	Altura (cm)		Biomasa aérea (g)		Biomasa de raíz (g)	
	Charola	Tubete	Charola	Tubete	Charola	Tubete
Navajita Cecilia	35	29.05	0.17	0.09	0.10	0.05
Navajita 38	29.2	26	0.09	0.04	0.14	0.10
Banderita Diana	43.3	33.3	0.35	0.22	0.18	0.11
Banderita 689-B	45.4	37.7	0.14	0.09	0.32	0.19

Las condiciones del medio de crecimiento repercuten significativamente en el crecimiento de las plantas, siendo el envase determinante porque contiene el sustrato donde la planta crece. El envase representa una barrera física que restringe el libre crecimiento de las raíces, así que el espacio que este tienen según su volumen rige el ritmo o tasa de desarrollo y crecimiento de las plantas, principalmente de su sistema de raíces. Las diferencias encontradas por efecto del tipo de envase se pueden atribuir al volumen como se menciona. Por lo general, en diversas especies producidas en vivero, especialmente forestales, entre mayor es el volumen del envase mejor es el crecimiento de las plantas; no obstante esto plantea consideraciones técnicas importantes porque debe buscarse un equilibrio entre producir plantas con buenas características de calidad, pero sin representar mayores costos a la producción, porque más volumen del envase significa cantidades mayores de sustrato y fertilizante, los cuales son los insumos que representan mayores gastos. Aunque también es sumamente importante y determinante el desempeño de las plantas en campo para definir la idoneidad de un sistema de producción o manejo en vivero.

CONCLUSIONES

El tipo de envase afecta el crecimiento de las plantas de *Bouteloua curtipendula* y *B. gracilis* durante su producción en vivero. En todas las variedades estudiadas, la charola de plástico rígido con cavidad de 250 mL permite un mejor crecimiento de las plantas. Los resultados tienen implicaciones que permiten definir prácticas de manejo en vivero para la producción de planta de pastos para la rehabilitación de pastizales.

LITERATURA CITADA

- Basave Villalobos, E.; L. C. García Castillo; A. Castro Ríos; C. G. Calixto Valencia; J. Á Sigala Rodríguez; J. L García Pérez. 2016. Calidad de planta de *Cedrela odorata* L. asociada con prácticas culturales de vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7(36): 65-80.
- Jacobs, D. F.; K. M. Wilkinson. 2009. Planning crops and developing propagation protocols. Nursery manual for native plants: a guide for tribal nurseries. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC, USA. pp. 33-53.
- Jurado Guerra, P.; M. Velázquez Martínez; R. A. Sánchez Gutiérrez; A. Álvarez Holguín; P. A. Domínguez Martínez; R. Gutiérrez Luna; R. D. Garza Cedillo; M. Luna Luna; M G. Chávez Ruiz. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 12(Supl. 3), 261-285. Epub 24 de enero de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- Landis, Thomas D.; R. K. Dumroese; Diane L Haase. 2010. The Container Tree Nursery Manual: Volume 7, Seedling processing, storage, and outplanting. Agric. Handbook No. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 199 p.
- Velázquez-Martínez, M.; F. J. Hernández-Guzmán; J. F. Cervantes-Becerra; H. G. Gámez-Vázquez. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. INIFAP-Centro de Investigación Regional del Noreste Campo, Experimental San Luis. Folleto para Productores No. MX-0-310307-52-03-17-10-66. San Luis Potosí, S.L.P. México. 22 p.

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE UN PREDIO GANADERO
DOMINADO POR PASTIZAL HALÓFILO MEDIANTE TELEDETECCIÓN**

**ESTIMATION OF FORAGE PRODUCTION OF A LIVESTOCK FARM DOMINATED
BY HALOPHILIC PASTURE BY TELEDETECTION**

Ana Isabel Carrillo Chavez¹, Ulises Noel Gutiérrez Guzman¹, María Esther Ríos Vega¹, Magali Jeaneth López Calderon¹, y Jorge Arturo Bustamante Andrade^{1*}

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia – Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia Durango México 35100.

*Autor de correspondencia: jorge.bustamante@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo de éste trabajo fue encontrar la relación entre la producción de biomasa y la cobertura vegetal estimada en fotografías digitales obtenidas por Dron, en un predio ganadero dominado por *Hilaria mutica* del Municipio de Tlahualilo, Dgo. Se establecieron 13 estaciones de muestreo en el área de estudio, la dimensión de cada estación de muestreo fue de una ha, cada estación fue subdividida en cuatro subparcelas. La metodología utilizada para la obtención de los datos fue ubicar el centro de cada estación de muestreo con GPS. Posteriormente, se lanzó al azar dentro de cada subparcela un aro de manguera de plástico naranja de 3.2 m de diámetro y una dimensión de 2.01 m². En cada unidad se tomó una fotografía con un dron, la cual fue analizada en el programa CobCal para determinar la cobertura vegetal. Enseguida, se procedió a cosechar el forraje de cada unidad experimental. La cobertura vegetal promedio encontrada para el sitio fue de 40.63 %, mientras que la producción de biomasa promedio fue de 342 g/m². Se realizaron pruebas de regresión lineal y se encontró que el mejor modelo de predicción fue $Y = -13 + 8.914X$ con una $R^2 = 92.5$. Esto indica que, si es posible determinar la producción de biomasa mediante la aplicación de sensores remotos en áreas de pastizal halófilo, estas nuevas tecnologías nos permiten realizar monitoreo de la vegetación en menos tiempo y de una manera más fácil que con los métodos tradicionales para tener un manejo sustentable en estos ecosistemas.

Palabras clave: Dron, pastizal halófilo, biomasa, cobertura vegetal.

ABSTRACT

The objective of this work was to find the relationship between biomass production and estimated plant cover in digital photographs obtained by Drone, in a cattle ranch dominated by *Hilaria mutica* in the Municipality of Tlahualilo, Dgo. 13 sampling stations were established in the study area, the dimension of each sampling station was one ha, each station was subdivided into four subplots. The methodology used to obtain the data was to locate the center of each sampling station with GPS. Subsequently, an orange plastic hose ring with a diameter of 3.2 m and a dimension of 2.01 m² was randomly thrown into each subplot. In each unit, a photograph was taken with a drone, which was analyzed in the CobCal program to determine the vegetation cover. Immediately, the forage from each experimental unit was harvested. The average plant cover found for the site was 40.63%, while the average biomass production was 342 g/m². Linear regression tests were performed and it was found that the best prediction model was $Y = -13 + 8.914X$ with $R^2 = 92.5$. This indicates that, if it is possible to determine the biomass production through the application of remote sensors in halophytic grassland areas, these new technologies allow us to carry out vegetation monitoring in less time and in an easier way than with traditional methods to have sustainable management of these ecosystems.

Keywords: Drone, halophilic grassland, biomass, vegetation cover.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales de México cubren aproximadamente 10 % del territorio, caracterizados por un clima extremo, escasa precipitación y baja productividad, (SEMARNAT, 2006). En los últimos 50 años, la superficie cubierta con pastizales naturales en el noreste de México ha disminuido rápidamente, de una superficie original de 1,255 km² a una actual de 369.4 km², debido sobre todo al cambio de uso del suelo para el establecimiento de áreas agrícolas; causando con ello una pérdida escalonada de funciones y rendimiento productivo del suelo. Las actividades ganaderas, en este caso el sistema de producción extensivo ha provocado el deterioro de la cubierta vegetal, la dominancia de especies no forrajeras y la pérdida de suelo. El sobrepastoreo es una de las principales causas de la reducción de la cobertura vegetal, donde el número de animales sobrepasa la capacidad por unidad de área (Hanson *et al.*, 1999). Respecto de la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para evaluar el estado actual de las áreas verdes, se han utilizado herramientas como los drones son conocidos como “sistemas aéreos no tripulados”, es decir, aeronaves que tienen la capacidad de volar sin tripulación a bordo y de modo autónomo. Brindan una alta resolución espacial, ya que el vuelo a baja altura permite tomar imágenes con gran detalle, y una elevada resolución temporal, ya que su facilidad de despliegue permite realizar vuelos con la frecuencia deseada (Lisein *et al.*, 2013; Watts *et al.*, 2010). Tomando en cuenta los hallazgos mencionados anteriormente se llevó a cabo un estudio cuyos objetivos fueron: Estimar la cobertura vegetal en fotografías digitales, determinar la producción de biomasa mediante corte directo, generar un modelo de predicción de biomasa a través de la cobertura vegetal en un sitio de pastizal del municipio de Tlahualilo, Dgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en los meses de octubre y noviembre del año 2022 en el predio de agostadero Los Pérez, ubicado en el municipio de Tlahualilo, Durango. Éste se localiza al noreste del Estado en las coordenadas 26° 06' 12" de latitud norte y 103° 26' 26" longitud oeste. Metodología: Para recabar los datos en campo, se estableció un sistema de muestreo sistemático en el programa Google Earth, se delimitó una poligonal de aproximadamente 28 ha y dentro de ella se distribuyeron de manera uniforme 13 estaciones de muestreo de una ha (100 x 100 m), separadas aproximadamente 150 m entre ellas. Se obtuvieron las coordenadas geográficas del centro de cada unidad de muestro y se creó una base de datos. Cada estación de muestreo se dividió en cuatro cuadrantes de 50 por 50 m; en cada cuadrante se ubicó al azar un punto de muestreo de biomasa aérea, en total fueron considerados en el estudio de 52 puntos. La unidad de muestro consistió en un aro de 1.6 m de diámetro (área de unidad de muestreo =2.01 m²) construido con manguera de poliuretano de ¾ de color naranja, para fines prácticos en campo, se construyeron cuatro aros para hacer el levantamiento completo de datos por estación de muestreo. Variables evaluadas: Fotografía digital. Una vez ubicados los aros en cada cuadrante, se inició un vuelo en forma manual con un dron (Marca DJI Phantom 4 Pro con una cámara integrada con sensor de 20 megapíxeles), este fue posicionado sobre el aro de poliuretano a una altura que cubriera completamente la unidad de muestreo; esta se alcanzó a los 2.5 metros aproximadamente. Una vez hecho esto, se tomó la fotografía digital con la cámara enfocada hacia el suelo de manera vertical. Producción de forraje. Posteriormente, después de tomar la fotografía digital, se procedió a cosechar la biomasa aérea herbácea a un cm por encima del suelo para determinar la producción de biomasa de la unidad de muestreo, además se tomaron las coordenadas geográficas en cada punto con el GPS y se

registraron en el formato La biomasa cosechada se guardó en bolsas de papel las cuales fueron identificadas con el número de estación y numero de muestra, para posteriormente ser trasladadas al laboratorio de recursos naturales de la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron secadas al aire y pesadas hasta encontrar peso constante. La producción de biomasa encontrada por unidad de muestreo finalmente se expresó en g/m². El procesamiento de imágenes digitales se realizó con la ayuda del programa CobCal V 2.1 de versión gratuita para la estimación del porcentaje de cobertura vegetal en las imágenes digitales, este software basa su funcionamiento en la colorimetría (edición y cuantificación de píxel de colores semejantes). Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico Minitab 18. Se parearon los datos producción de forraje con sus respectivos valores de cobertura vegetal para realizar el análisis de regresión lineal entre ambas variables. El modelo con el mejor ajuste fue de la forma $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$. Para dar validez estadística al modelo lineal encontrado se realizó análisis de varianza correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomasa con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales (Barrera, 2015). También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos. (Hernández, 2009). De los 52 puntos de muestreo que se analizaron, los resultados encontrados en el monitoreo referente a la cobertura vegetal en este estudio muestran una gran variabilidad que va desde el 81 % con el valor más alto y el valor más bajo de fue de 11.31 %, el valor promedio fue de 40.63 % (Cuadro 1). La especie vegetal más representativa en el estrato herbáceo fue el zacate tobozo.

Cuadro 2. Estadística descriptiva de la cobertura vegetal estimada en fotografías digitales del predio Los Pérez municipio de Tlahualilo, Dgo.

Estimador	Cobertura vegetal (%)
Número de muestras	52
Valor Mínimo	11.31
Valor Máximo	81
Media (%)	40.63
Desviación estándar	2.27
Asimetría	0.41
Curtosis	-0.13

Cabe mencionar que el área de estudio se encuentra en descanso, no se encontraron evidencias de pastoreo por ganado doméstico de la vegetación y es parte de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de Mapimí. La biomasa de la vegetación es una medida que permite determinar la aptitud que tienen los ecosistemas para acumular materia orgánica aérea y por debajo del suelo en un periodo de tiempo (Houghton, 2005; Houghton, Hall y Goetz, 2009). La biomasa también puede ser entendida como la materia orgánica (MO) obtenida de la producción primaria a través de la fotosíntesis menos el consumo de la respiración, y que, básicamente, incluye el peso por encima y por debajo del suelo de un ecosistema. Su estimación en plantas se compone de la masa del tallo, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta y se expresa en términos de toneladas por hectárea de peso verde o de peso seco (peso orgánico) (Chave *et al.*, 2005). Los valores de la producción de biomasa en este estudio fueron en promedio de 349.2 g/m² en base seca, el valor máximo de producción fue de 794 g/m², el valor mínimo fue de 120 g/m² (Cuadro

2).

Cuadro 3. Estadística descriptiva de la producción de forraje del predio Los Pérez municipio de Tlahualilo, Dgo.

Estimador	Producción (g/m ²)
Número de muestras	52
Valor Mínimo	120
Valor Máximo	794
Media	349.2
Desviación estándar	21
Asimetría	0.87
Curtosis	0.38

Se realizó un análisis de regresión simple entre la variable independiente (cobertura vegetal) y variable dependiente (producción de biomasa en húmeda y seca) para determinar la relación entre ambas variables, para lo cual se generaron las gráficas correspondientes, se encontró que, existe una relación entre la cobertura vegetal estimada en fotografías digitales y la producción de biomasa herbácea, con un valor de $R^2 = 92.5$ (Figura 1).

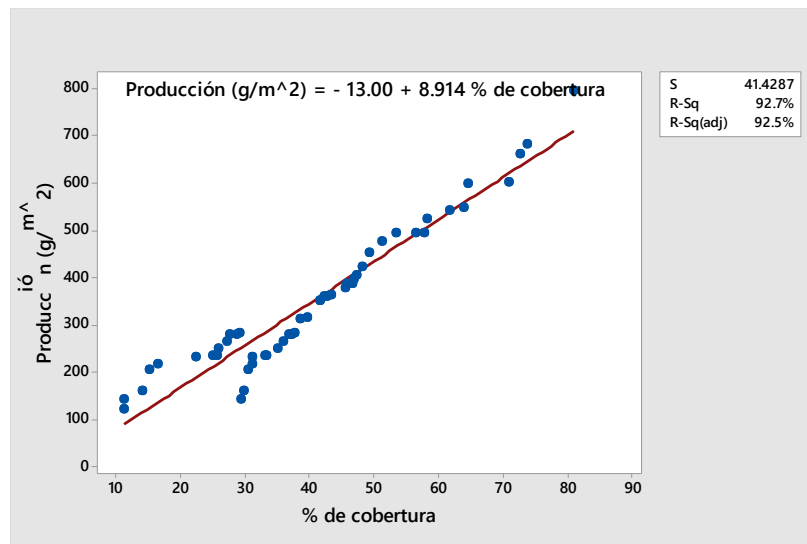


Figura 1. Gráfico de ajuste de la relación entre cobertura vegetal y producción de biomasa del predio de agostadero Los Pérez municipio de Tlahualilo, Dgo.

Gutiérrez (2015) realizó un estudio en la Cieneguilla Durango, determinó la cobertura vegetal en fotografías digitales por el método de Clasificación supervisada del programa ENVI 4.4, con los valores de materia seca de la biomasa y de porcentaje de cobertura vegetal. Se generaron los modelos $\ln(Y_{2011}) = 1.6379 + 0.0850X - 0.0005X^2$ y $\ln(Y_{2013}) = 1.4003 + 0.0713X - 0.0002X^2$; y se obtuvo un $R^2 = 0.89$ y 0.81 . Menciona que con los datos obtenidos en este estudio es factible estimar la producción de biomasa mediante atributos estimados mediante sensores remotos.

CONCLUSIONES

Se estimó la cobertura vegetal en fotografías digitales obtenidas por dron, esta variable se correlacionó fuertemente de manera positiva con la producción de forraje de corte directo, debido a esto se generó un modelo de predicción para el predio ganadero Los Pérez dominado por zacate toboso. Con esta metodología, es posible realizar mediciones de la vegetación sin necesidad de utilizar técnicas destructivas tradicionales de manejo de pastizales, en consecuencia, si es posible estimar la producción de biomasa en un sitio de pastizal halófilo mediante la cobertura vegetal estimada en fotografías digitales tomadas a través de un dron.

LITERATURA CITADA

- Barrera, M. W. M. (2015). Evaluación de la cobertura vegetal de las áreas bajo conservación del Proyecto Socio Bosque localizado en la ciudad de Cuenca-Ecuador (Bachelor's thesis, Quito, 2015.). <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4225/1/120769.pdf>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., ... Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87-99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Gutiérrez, G. U. N. 2015. Estimación de la producción forrajera en agostaderos áridos y semiáridos mediante sensores remotos. Tesis Doctoral. Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Durango, Dgo., México. pp: 23-53.
- Hanson, C. L., Wight, J. R., Slaughter, Ch. W., Pierson, F. B. and Spaeth, K. 1999. Simulation models and management of rangeland ecosystems: Past, Present, and Future. *Rangelands*. Vol. 21, No. 4 (Aug.), pp. 32-38.
- Hernández, C. M. 2009. Importancia de la medición de la cobertura vegetal en el manejo de pastizales. UAAAN. Monografía. [chrome-extension://cfaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6078/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20MEDICION%20DE%20LA%20COBERTURA%20VEGETAL%20EN%20EL%20MANEJO%20DE%20PASTIZALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6078/IMPORTANCIA%20DE%20LA%20MEDICION%20DE%20LA%20COBERTURA%20VEGETAL%20EN%20EL%20MANEJO%20DE%20PASTIZALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Houghton, R. A. (2005). Aboveground forest biomass and the global carbon balance, *Global Change Biol.*, 11, 945–958, doi:10.1111/j.1365-2486.2005.00955.
- Houghton, R. A., Hall, F., Goetz. S. J. (2009). Importance of biomass in the global carbon cycle. <https://doi.org/10.1029/2009JG000935>
- Lisein, J., Linchant, J., Lejeune, P., Bouché, P., & Vermeulen, C. (2013). Aerial surveys using an unmanned aerial system (UAS): comparison of different methods for estimating the surface area of sampling strips. *Tropical Conservation Science*, 6, 506–520.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT] (2006). Atlas geográfico del medio ambiente y recursos naturales. Impreso en México, D.F. 75p.
- Watts, J. D., Lawrence, R. L., Miller, P. R., & Montagne, C. (2010). Monitoring of cropland practices for carbon sequestration purposes in north central Montana by Landsat remote sensing. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1843–1852. doi:10.1016/j.rse.2009.04.015.

EVALUACIÓN DEL ÁREA FOLIAR DE 12 MATERIALES CRIOLLOS DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO FORRAJERO EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

EVALUATION OF THE LEAF AREA OF 12 CREOLE CORN MATERIALS AND ITS RELATIONSHIP WITH FORAGE YIELD IN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO.

José Manuel Cruz Gómez¹, Ernesto Daniel Pérez Manzano¹, Jenni García Jahuey¹, Juan Carlos Alfaro Martínez¹, Judith Callejas-Hernández^{1*}, Alejandro Rodríguez-Ortega¹; Majetzi Azpeitia Ángeles¹, Erick Santiago Martínez Escamilla¹, Jovana, Cerrito Torres¹, Lizbeth Corona Pérez¹, Jessica Juárez Mendoza¹, Esmeralda Cruz Martínez¹, Yessica Santander Hernández¹, Alejandro Vargas Cornejo²

¹Universidad Politécnica Francisco I. Madero, Ingeniería en Agrotecnología, Domicilio Conocido S/N, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

²Universidad Politécnica Francisco I. Madero, Maestría en Ciencias en Desarrollo Agrotecnológico Sustentable, Domicilio Conocido S/N, Francisco I. Madero, Hidalgo, México.

*Autor para correspondencia: jcallejas@upfim.edu.mx

RESUMEN

El forraje de maíz siempre se ha utilizado como fuente de alimento para el ganado. El experimento se llevó a cabo con el objetivo de conocer la producción de rastrojo en maíces criollos en la región del Valle del Mezquital, Hidalgo. Se utilizaron 12 materiales de maíz, de distinto origen y color (amarillo del Estado de México, Morado de Morelos, rojo de Puebla negro de San Luis Potosí y Puebla, blanco de Hidalgo, Estado de México, Puebla, Zona del Bajío y San Luis Potosí). El diseño experimental y los tratamientos fueron establecidos y analizados en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, se midieron variables agronómicas y biomasa. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Los resultados muestran que los materiales presentan una amplia diversidad en las variables agronómicas y biomasa. La comparación de medias de las variables evaluadas demuestra que algunos genotipos de color superan a los genotipos blancos pues presentan mayor altura, número de hojas, aunque no se presentan esos resultados, pero así fue, biomasa total y rastrojo. Aunque no para el área foliar ya que los mejores fueron los blancos. La conclusión fue que el genotipo de maíz blanco tiene las mejores características para la producción de forraje.

Palabras clave: forraje de maíz, *Zea mays*, biomasa, biofertilizantes.

ABSTRACT

Corn fodder has always been used as a food source for livestock. The experiment was carried out with the objective of knowing the stubble production in native corn in the Mezquital Valley region, Hidalgo. 12 corn materials were used, of different origin and color (yellow from the State of Mexico, Purple from Morelos, red from Puebla, black from Puebla and San Luis Potosí, white from Hidalgo, State of Mexico, Puebla, Zona del Bajío and San Luis Potosí). The experimental design and treatments were established and analyzed in a completely randomized design with three repetitions, agronomic variables and biomass were measured. An analysis of variance and comparison of means was performed by Tukey ($\alpha \leq 0.05$). The results show that the materials present a wide diversity in agronomic variables and biomass. The comparison of means of the

evaluated variables shows that some colored genotypes surpass the white genotypes because they have greater height, number of leaves, although these results are not presented, but that is how it was, total biomass and stubble. Although not for the leaf area since the best were the white ones. The conclusion was that the white corn genotype has the best characteristics for forage production.

Keywords: corn fodder, *Zea mays*, biomass, biofertilizers

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays L.*) se cultiva en diferentes regiones de México, debido a su amplio rango de adaptación en diferentes climas y tipos de suelo. En el año 2022 la superficie sembrada fue de 6.4 millones de hectáreas (SIAP, 2022). De la superficie total sembrada con maíz, la mayor parte (80 %) es de temporal o secano (SIAP, 2022), fundamentalmente a cargo de más de 2 millones de productores a pequeña escala, quienes lo siembran sobre todo para autoconsumo (Mera-Ovando y Mapes-Sánchez, 2009, Franco *et al.*, 2015) y producción de forraje. En México a nivel nacional se siembran 765,483.36 ha, y fueron cosechadas 4,731.29 ha con un rendimiento promedio de grano de 8.45 t ha⁻¹ (SIAP, 2022). Es aquí en donde los maíces nativos se seleccionan, producen, conservan, diversifican y domestican de acuerdo con las necesidades de las poblaciones locales (Turrent *et al.*, 2010; Turrent *et al.*, 2012).

La planta es un excelente forraje, se utiliza principalmente como alimento para vacas lecheras y ovinos, ya que contiene más materia seca y elementos digeribles que cualquier otro cultivo. Los restos del maíz que quedan en campo como rastrojo después de cosechar el grano también se utilizan como forraje (Paliwal, 2001) principalmente para animales de carga, caprino, bovinos y ovinos. En cuanto a forraje fueron sembradas 7,293,764.00 ha, y se cosecharon 113,948.46 ha, mientras que en el estado de Hidalgo fueron sembradas 2,261 ha⁻¹. El rendimiento forrajero en verde fue de 44.24 t ha⁻¹ en promedio, mientras que en Hidalgo fue de 28.77 t ha⁻¹. Cualquier tipo de maíz puede cultivarse para forraje, sin embargo, las variedades regionales son mejores al ser en su mayoría de porte alto o muy alto, ya que oscilan entre los 3 y 4 m de altura y poseen un tallo más grueso mientras que los híbridos al ser de porte pequeño producen menor cantidad de forraje por unidad de área, pero la relación hoja-tallo es siempre más alta con respecto a la variedad criolla (Elizondo y Boschini, 2002; Elizondo, 2011; Sánchez *et al.*, 2019). En un ensayo con maíz criollo se encontró que la relación H:T fue de 36% cuando se cosechó a los 15 cm (Elizondo, 2011; Elizondo, 2017). Relaciones H:T de 0,42 y 0,29 para el maíz híbrido y criollo, respectivamente, cosechados a 10 cm del suelo, fueron obtenidas por Elizondo y Boschini (2002). Debido a lo anterior el objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento en forraje, área foliar, altura, perímetro de tallo y rendimiento de forraje en seco de diferentes genotipos de maíz criollo cultivados en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, unidad Tepatepec del 18 de abril al 25 de Julio del 2023. La preparación de terreno constó de un paso de rastra y surcado. La siembra se realizó de manera manual (un surco de 10 m por cada unidad experimental) y se colocaron dos semillas por golpe; la fecha de siembra fue el 18 de abril. Los maíces se colectaron en diversos sitios de México de acuerdo al cuadro 1. La separación entre plantas y surcos fue de 0.2 y 0.8 m, respectivamente; para obtener una densidad $\approx 20\ 000$ plantas ha⁻¹, después de la siembra se regó con agua potable mediante un sistema de riego por goteo hasta capacidad de campo. El control de malezas se realizó a 20 días después de la siembra (dds) de manera manual. Para control de plagas y enfermedades se realizaron aplicaciones de un consorcio

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

de microorganismos al suelo y de manera foliar en etapa V3, a los 8 y 15 días posteriores se aplicaron únicamente de forma foliar. El consorcio incluye *Trichodema harzianum*, *T. viridae*, *Bacillus subtilis*, *B. turingensis*, *B. megaterium*, *Azospirillum*, *Bauveria bausiana*, *Metharrizum*, micorrizas, *Pseudomonas putida*, *P. fluorecens*, *Klebsiella*, con una dosis de 7 L ha⁻¹. Se aplicaron cinco riegos con agua del lugar con riego por goteo. Se realizó una aplicación de aminoácidos (glicina, prolina, metionina, fenilalanina, glutamina, a una concentración de 5 g/L a los 40 dds. Se realizó una aplicación de macro y micronutrientes.

Cuadro 1. Origen de los maíces nativos utilizados para su caracterización en la Unidad Tepatepec de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Hidalgo.

Número Genotipo	Clave	Color	Altitud (m)	Sitio
1	Bajío	Blanco	1570	Bajío
2	Negro Tehuacán	Negro	1600	Tehuacán, Puebla
3	José Manuel Cruz	Rojo	1315	Puebla
4	Ing. Gámez	Negro	1105	San José Miahuatlán, Puebla
5	Huichila morado	Morado	1187	INIFAP Zacatepec, Zacatepec, Morelos
6	Calnalli	Blanco	960	Calnalli, Hidalgo
7	MVM1	Negro	1980	Pocitos, Charcas, San Luis Potosí
8	Sr. Julio Vega	Blanco	1049	La Palmita, Río Verde, San Luis Potosí
9	Palomero	Amarillo	2244	Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México
10	Sr. José	Blanco	1892	Rancho Gamboa, Atlixco, Puebla
11	Sr. Germán	Blanco	-	-
12	Chaltenco	Blanco	2244	Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México

El área foliar de la hoja se determinó al medir el largo y ancho de cada lámina foliar cada 8 días, para obtener al área se multiplicó (largo)(ancho)(factor 0.75) (Tinoco *et al.*, 2008; López-Ortega *et al.* 2018). El área foliar específica se obtuvo al dividir el área foliar entre el peso de los mismos (Hernández-Guzmán *et al.* 2020), pero únicamente se muestran los resultados durante la etapa de floración. En cada fecha se midió altura de planta desde la base del suelo y hasta el ápice máximo y perímetro de tallo; tomada en el segundo internudo.

Para determinar el rendimiento de forraje en verde se cortaron y pesaron 5 plantas por cada material evaluado, en una báscula tipo reloj modelo BAS -10Z marca Truper (México), posteriormente las plantas fueron separadas en hojas, tallos, espigas y gineceo (brácteas y elote) y fueron sometidas a 70°C por 72 h. en una estufa de marca Shell-labs de aire forzado hasta peso constante y se pesó en una balanza granataria marca Ohaus a los 102 ddt.

Para el estudio de las variables antes mencionadas, se empleó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS (2001) y las medias fueron separadas a 5% con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias en altura de planta en las diferentes fechas evaluadas ($P < 0.05$), al igual que el perímetro de tallo ($P < 0.05$; Cuadro 2). Al respecto, Salinas Vargas *et al.*, (2022) encontraron una altura promedio de 210 cm, al evaluar 6 genotipos de maíces nativos en Guasave, Sinaloa, donde se estudia un genotipo de Tlaxcala y otro de Puebla, resultado similar al estudio realizado alcanzando una altura promedio para el material de Tlaxcala de 191.8 cm, mientras que para los cuatro materiales de Puebla la altura fue muy variable desde 231 hasta 275 cm, muy superior a lo

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

reportado por este autor. Incluso uno de estos materiales es el que presentó mayor altura durante todo el estudio únicamente superado en la última fecha de evaluación por el material de Pocitos, SLP; quien inició con un crecimiento más lento. En relación al perímetro del tallo nuevamente sobresale el material de Pocitos, SLP durante las dos últimas fechas de medición, con un diámetro de 31.81 mm, muy por encima del reportado por Salinas Vargas *et al.*, (2022) de 21.7 mm, el promedio de los 4 materiales que pertenecen al estado de Puebla es de 25.43 mm, también por encima de lo reportado, únicamente el material de Atlixco es igual al promedio y en este estudio corresponde al de menor diámetro.

En cuanto al área foliar todos los materiales de Puebla evaluados están por debajo de lo reportado por Salinas Vargas *et al.*, (2022) y en general de los materiales evaluados sobresale el Chaltenco con un área foliar de 7321 cm². La disminución de área foliar se debió a marchitez por escasez de agua tanto de lluvia como de riego. Todos los materiales también muestran diferencia en la fecha de muestreo ($P < 0.05$).

Clave	Color	Sitio	Altura (cm)	Perímetro (cm)	Área foliar
Bajío	Blanco	Bajío	256.2 bac	9.18 ba	3738.6 de
Negro Tehuacán	Negro	Tehuacán, Puebla	264.8 bac	7.96 bac	4284.5 d
José Manuel Cruz	Rojo	Puebla	231 bdc	8.88 ba	3807 de
Ing. Gámez Huichila morado	Negro	San José Miahuatlán, Puebla	275.6 ba	8.4 bac	3770.5 de
Calnalli MVM1	Morado	INIFAP Zacatepec, Zacatepec, Morelos	228.2 bdc	6.6 c	2394.5 e
Sr. Julio Vega	Blanco	Calnalli, Hidalgo	230.2 bdc	7.6 bc	4543.6 dc
Palomero	Negro	Pocitos, Charcas, San Luis Potosí	285.4 a	10 a	5775 bc
Sr. José Germán	Blanco	La Palmita, Río Verde, San Luis Potosí	241.2 bdac	8.36 bac	2388.5 e
Chaltenco	Amarillo	Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México	266.8 bac	8.08 bac	3699.8 de
	Blanco	Rancho Gamboa, Atlixco, Puebla	191.8 d	6.74 c	6821.6 ba
	Blanco	-	217.6 dc	6.68 c	6989.7 ba
	Blanco	Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México	265.8 bac	7.46 bc	7321.3 a

Todos los materiales estudiados están dentro del intervalo reportado para los maíces nativos evaluados por Salinas Vargas *et al.*, (2022) desde 198 hasta 541 g/planta. Los cuatro materiales de Puebla evaluados en el estudio están por encima de la media reportada que es de 541 g/planta, mientras que el rastrojo de los materiales de 11.04 ton/ha. De acuerdo a Salinas Vargas *et al.*, (2022) quien obtuvo 14.8 ton/ha para el maíz blanco de origen poblano demuestra que es un material con excelentes características para la producción de biomasa en la alimentación de ganado. En muchas regiones de México el rastrojo de maíz es el alimento más abundante para los rumiantes durante todo el año, sin embargo, su aporte nutricional es insuficiente (Guerra-Liera *et al.*, 2017). Según Gasque (2008) estimó que un bovino consume una cantidad de rastrojo al día igual al 3.2% de su peso vivo, lo que equivale a 14.4 kg y se estima que en un año se consume 5256 kg de rastrojo.

CONCLUSIONES

Los maíces criollos resultan ser una buena opción para la producción de forrajes ya que los materiales son de mayor altura y presentan mayor área foliar que representa una característica ideal en la obtención de forraje (seco). Los resultados obtenidos al evaluar maíces nativos locales y de

otras regiones como Puebla, San Luis Potosí, Estado de México, Morelos servirán de referencia para estudios posteriores en la adaptación de los genotipos y su mejoramiento genético para la producción de forraje y grano.

LITERATURA CITADA

- Elizondo, J.; Boschini, C. (2002). Producción de forraje con maíz criollo y maíz híbrido. *Agron. Mesoam.* 13(1):13-17.
- Elizondo-Salazar, Jorge Alberto. (2011). Influencia de la variedad y altura de cosecha sobre el rendimiento y valor nutritivo de maíz para ensilaje. *Agron. Costarricense* [online]. 35(2):105-111.
- Elizondo-Salazar, Jorge Alberto. (2017). Producción de biomasa y calidad nutricional de tres forrajes cosechados a dos alturas. *Agron. Mesoam.* 28(2):329-340.
- Franco, M. J. R. P.; González, H. A.; Pérez, L. D. de L. y González, R. M. (2015). Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México. *Rev. Me.Cienc. Agric.* 6(8):1915-1927.
- Gasque, R. (2008). Alimentación de bovinos en enciclopedia bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM. México, DF. <https://issuu.com/wlocoguzman100/docs/enciclopedia-bovina-unam-110329084734-phpapp01>.
- Guerra, L. J. E.; Luna, L. M.; Castro, C. S. J. y López, J.L. A. (2017). Digestibilidad in situ de rastrojo de maíz tratado con enzimas fibrolíticas. *Ciencia y Agricultura.* 14(1):31-37.
- Hernández, G. N., Contreras, R. F., Gómez, M. D. R. T. & Gómez, A. Z. (2001). Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México*, 39, 77-88.
- Mera-Ovando L M, C Mapes-Sánchez (2009) El maíz. Aspectos biológicos. In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32.
- Paliwal, R. L. (2001). Morfología del maíz tropical. In: Paliwal, R. L.; Granados, G.; Lafitte, H. R.; Violic, A. D. y Marathée, J. P. (Eds.). *El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción.* Colección FAO: producción y protección vegetal 28. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 13-19 pp
- Tinoco Alfaro, Carlos Alberto, Ramírez Fonseca, Alfonso, Villarreal Farías, Everardo, & Ruiz Corral, Ariel. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 271-278. Recuperado en 11 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000300001&lng=es&tlng=es
- Turrent-Fernández A, J I Cortés-Flores, A Espinosa-Calderón, H Mejía-Andrade, J A Serratos-Hernández (2010) ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cien. Agric.* 1:631-646.
- Turrent-Fernández A, T A Wise, E Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36.
- Salinas-Vargas, Delfina; Maldonado-Peralta, María de los Ángeles; Rojas-García, Adelaido Rafael; Graciano-Obeso, Adalid; Ventura-Ríos, Joel; Maldonado-Peralta, Ramiro. 2022. Evaluación de rastrojo y de grano en maíces nativos en Guasave Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 13(8):1481-1488.
- Sánchez Hernández, Miguel Ángel; Cruz Vázquez, Manuela, Sánchez Hernández, César; Morales Terán, Gladis; Rivas Jacobo, Marco Antonio; Villanueva Verduzco, Clemente. (2019). Rendimiento forrajero de maíces adaptados al trópico húmedo de México *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 10(3). 699-712.
- SIAP. (2022). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por cultivo. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/

ANÁLISIS DE VEGETACIÓN Y SUELO EN PASTIZAL IMPLEMENTANDO DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN DURANGO MÉXICO
FORAGE AND SOIL ANALYSIS IN GRASSLAND MANAGED WITH TWO GRAZING SYSTEMS AT DURANGO MÉXICO

José Manuel Loera Sánchez¹, Francisco Oscar Carrete Carreón^{2*}, Ramón Gutiérrez Luna³, Pablito Marcelo López Serrano⁴, Adrián Raymundo Quero Carrillo⁵

^{1,2}UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³Universidad Autónoma de Zacatecas. Calz. Héroes de Chapultepec 1401, La Escondida, C.P. 98057, Zacatecas, Zac. Mex.

⁴UJED-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Blvd. Durango y Calle Rio Papaloapan. Durango, Dgo. Méx. C.P. 34108.

⁵Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, municipio de Texcoco, Km. 36.5, México 136 5, C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Mex.

*Autor por correspondencia: focc1928mx@yahoo.com

RESUMEN

El manejo de ganado bovino en pastizales es una herramienta importante para evitar la degradación del ecosistema; los sistemas de pastoreo, junto con el ajuste de la carga animal, permiten controlar la presión del pastoreo y hacer eficiente la producción ganadera. Con el objetivo de encontrar un sistema de pastoreo adecuado y replicable, se evaluaron dos sistemas de pastoreo con similitud de condiciones, un sistema rotacional (SR) y un sistema continuo (SC). Estos sistemas, se han implementado desde hace más de 20 años en dos predios del Rancho San Rafael en Canatlán, Durango, México. Por medio de un muestreo, se analizaron las variables: producción de forraje y los nutrientes en el suelo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en las variables de materia seca disponible, nitratos (NO_3), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K) como nutrientes en el suelo y conductividad eléctrica. Las variables altura de pastizal y aves, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$). Se concluye que la implementación de un SR es ventajosa en términos del aumento en el forraje disponible debido al descanso periódico del pastizal, además presenta una diferencia ventajosa en los nutrientes en el suelo, excepto en el calcio y en el pH.

Palabras clave: Sistemas de pastoreo, pastizal, materia seca, suelo.

ABSTRACT

Cattle management on rangeland is an important tool to avoid the ecosystem degradation; grazing systems, as well as the stocking rate, allow us to control grazing pressure and make livestock production more efficient. In order to find an adequate, replicable grazing system, two grazing systems with the same stocking rate were evaluated: a rotational system (RS) and a continuous system (CS). These systems have been implemented for 20 years in two properties of San Rafael Ranch in Canatlán, Durango, Mexico. Through a sampling, the variables forage production and

nutrients in soil, were analyzed. Statistically significant differences were found ($P < 0.05$) in variables of available dry matter, nitrates (NO_3), sodium (Na), calcium (Ca), potassium (K) as nutrients in the soil and electrical conductivity. The variables pasture height and bird presence did not show significant differences ($p > 0.05$). It is concluded that the implementation of a SR is advantageous in terms of the increase in available forage due to the periodic rest of the pasture, it also presents an advantageous difference in nutrients in the soil except for calcium and pH present in soil.

Keywords: Grazing systems, grassland, dry matter, soil.

INTRODUCCIÓN

Al considerar un sistema de pastoreo de ganado bovino es necesario tener en cuenta variables de la vegetación, así como del ganado. Existen diferentes épocas del año en donde se pueden realizar estudios de la implementación de sistemas de pastoreo; sin embargo, en época de lluvias es recomendable evaluar la respuesta del pastizal hacia un pastoreo y su recuperación. Este estudio parte del análisis del pastizal en época de sequía de un rancho localizado en el municipio de Canatlán en el Estado de Durango.

El sistema de pastoreo continuo implica permitir que el ganado bovino tenga acceso constante a un área de pastoreo sin restricciones. Se ha demostrado que este sistema puede ser simple de implementar y requiere menos mano de obra. Sin embargo, puede haber un uso ineficiente de los recursos y un desgaste desigual de la vegetación (Hodgson, 1990).

El sistema de pastoreo rotacional divide el área de pastoreo en varios potreros o parcelas más pequeñas. El ganado se mueve de un potrero a otro en intervalos regulares, permitiendo que los pastos se recuperen mientras el ganado se alimenta en otra área. Este sistema puede ayudar a controlar mejor la carga animal y promover un uso más eficiente de los recursos (Sollenberger et al., 2006).

Según Derner et al. (2021), un sistema de manejo colaborativo adaptativo es usual que se implemente de manera improvisada al utilizar un sistema de pastoreo como lo es el rotacional, es decir, el ganadero aplicará medidas para reconocer puntos débiles y buscar una mejora mediante un plan. Dependiendo del sistema o estrategia que se implemente para el pastoreo bovino, el suelo tiende a cambiar, así como las características de la vegetación. Por otro lado, la composición florística en un pastizal afecta las características nutritivas del suelo y viceversa, es decir, con cierto tipo de suelo tendremos cierto tipo de vegetación adaptada a ese suelo (Segura et al., 2023). Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los nutrientes en el suelo y vegetación y comparar los resultados de variables de producción de forraje en un pastizal mediano abierto con la implementación de un sistema de pastoreo continuo y otro rotacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio pertenece a un rancho privado en el municipio de Canatlán, Durango, México. Consta de dos predios cercanos en donde se utilizan dos sistemas de pastoreo diferentes (Figuras 1 y 2). Se utilizó un muestreo aleatorio para evaluar características de la vegetación y del suelo en dos predios; el primero se denomina “La Huerta” con una superficie de 200 hectáreas (Ha),

mientras que el otro se denomina “La Vía”, con un total de 150 Ha. En el predio “La Huerta” se ha practicado el sistema de pastoreo rotacional (SR) desde hace más de 30 años y se divide en 16 potreros. Por otro lado, en “La Vía”, se ha utilizado el sistema tradicional de pastoreo continuo (SC) desde el siglo pasado.

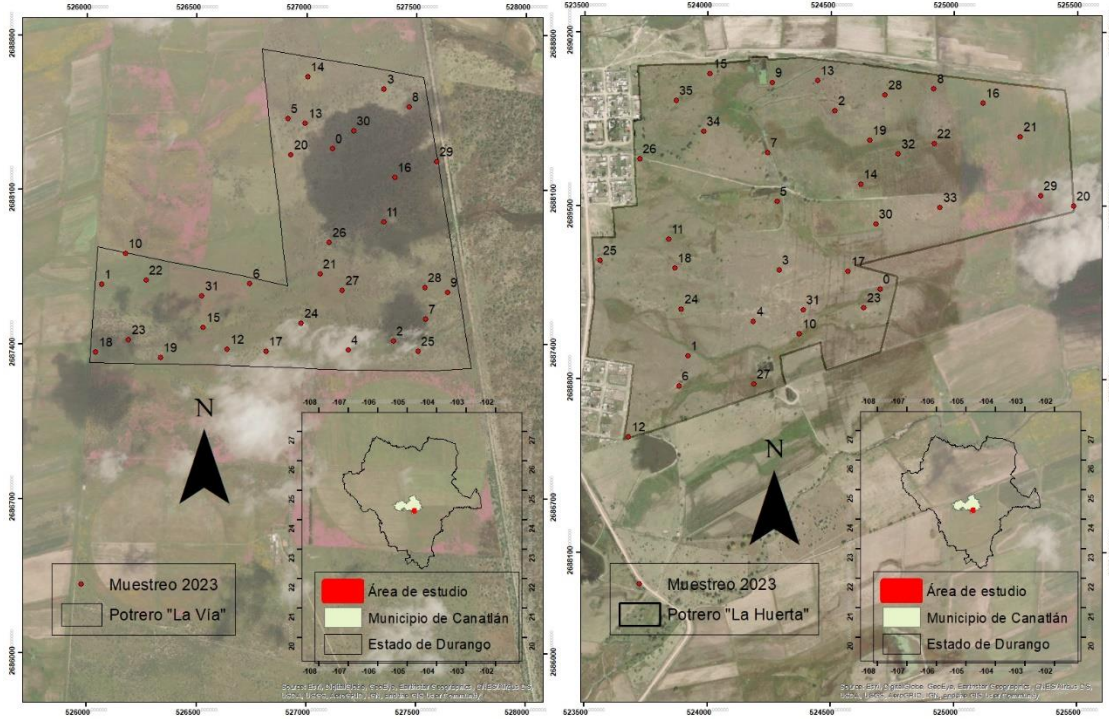


Figura 1. Predio “La Vía”.

Figura 2. Predio “La Huerta”.

En estos predios se maneja ganado en un período de 7 meses en promedio en donde los bovinos pastorean desde abril hasta octubre. Es un período anual de repasto, en donde los animales pastorean tres meses de sequía, seguidos de tres meses de precipitaciones, con el fin de ganar peso en el libre pastoreo. Las características de los animales en pastoreo refieren a becerras jóvenes con un peso promedio de 180 kg. Para el período del año 2023 se ingresaron 110 becerras a cada predio.

El muestreo se realizó en el mes de abril de 2023 (período de sequía), y constó de 30 puntos generados aleatoriamente con el Software ArcGis (Figura 1 y 2); las variables a considerar en el muestreo en campo fueron: altura de pasto, peso en húmedo del forraje, materia seca, número de aves presentes, nitratos (NO₃), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K), potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

Las muestras obtenidas de vegetación por medio el método del metro cuadrado, se secaron en laboratorio por medio de una estufa a 60°C durante 48 horas. Con la pérdida de humedad fue posible obtener la materia seca disponible por hectárea.

Se obtuvieron 8 repeticiones para el total de muestras de suelo en ambos predios. Se tomaron 10 gramos de cada muestra cribada y se agitaron con 10 ml de agua destilada; posteriormente, se agitaron las mezclas durante 10 minutos. De cada solución se analizaron dichos nutrientes con un

kit de campo Laquatwin (HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd., Japón)”. Los sensores de cada nutriente se calibraron previamente con una solución menor de 150 ppm y una mayor de 2000 ppm.

Las variables fueron analizadas mediante la prueba T de Student con el fin de comparar las medias y encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de producción de forraje arrojó una media de 182 g de materia seca por metro cuadrado en el sistema rotacional, mientras que en el sistema continuo de 75 g. La disponibilidad de forraje encontrada en época de sequía es mayor en el SR (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de las variables evaluadas en el sistema rotacional (SR) y sistema continuo (SC).

Variable	Sistema Continuo	Sistema Rotacional	Valor de p
Forraje (materia seca, g)	75.53	182.36	9.499e-06
Altura de pasto (cm)	16.37	18.77	0.3439
Conductividad eléctrica (ms/cm)	69.47	183.81	0.0042
NO ₃ (ppm)	375.50	460.64	0.0042
Na (ppm)	88.56	167.93	0.0004
Ca (ppm)	89.68	77.35	0.2909
K (ppm)	235.37	367.74	0.0002
pH	7.27	7.04	0.0328
Aves (# individuos)	4.12	4.36	0.8651

En el cuadro anterior se puede observar que las variables presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre sistemas de pastoreo, con excepción de la altura del pasto, el Ca, y el número de aves ($p > 0.05$). El pH analizado en cada muestra de suelo en el sistema de pastoreo rotacional y en el continuo arrojó un promedio de 7.04 y de 7.27, respectivamente, lo que indica un pH neutro en ambos predios.

Por otro lado, los nitratos en el suelo, representan la disponibilidad de nitrógeno para las plantas; considerando que este nutriente se encontró en grandes cantidades en ambos sistemas de pastoreo, se puede pensar que el ciclo de este nutriente está ocurriendo de manera favorable. Algunos investigadores afirman que, por lo general, el nitrógeno no representa deficiencias en lugares donde existe un pastoreo con baja frecuencia (Chen et al., 2021).

Según investigaciones, el estudio de nutrientes en el suelo se ve afectado por la duración del pastoreo en el sitio. Se reporta en la literatura, que existe una correlación negativa, entre mayor intensidad de pastoreo menor es la disponibilidad de nitrógeno total, fósforo total y carbono orgánico total en suelo; pero la densidad aparente aumenta conforme se intensifica el pastoreo (Liu et al., 2021). En este estudio el Nitrógeno disponible en el predio la Huerta (Cuadro 1) es mayor al de predio de La Vía y contrastando con la idea anterior, existiría una mayor intensidad de pastoreo en un predio rotacional. Los resultados coinciden con los presentado por Ferguson et al. (2013).

En otro estudio, Bork et al. (2021) compararon los sistemas de pastoreo rotacional y continuo en 32 ranchos de Canadá. El período de descanso marcó una ventaja al pastizal en ranchos con el

sistema rotacional; este período tenía una duración promedio de entre 30 y 40 días, mientras que en ranchos con pastoreo continuo fue mínimo o casi nulo. El período de descanso invernal en ambos sistemas fue de aproximadamente cuatro meses.

CONCLUSIONES

- Los resultados mostraron ventaja al SR en las variables de vegetación y de suelo estudiada.
- Se reconoce que el descanso en el pastizal, así como el control de la carga animal y la presión de pastoreo, son estrategias necesarias si queremos una buena salud del pastizal.
- Se considera necesario, y parte del plan, realizar la evaluación de estos sistemas en un período multianual.

LITERATURA CITADA

- Bork, E. W.; Döbert, T. F.; Grenke, J. S. J.; Carlyle, C. N.; Cahill, J. F.; Boyce, M. S. 2021. Comparative Pasture Management on Canadian Cattle Ranches With and Without Adaptive Multipaddock Grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 5–14. doi:10.1016/j.rama.2021.04.010
- Chen, L.; Wang, K.; Baoyin, T. 2021. Effects of grazing and mowing on vertical distribution of soil nutrients and their stoichiometry (C: N: P) in a semi-arid grassland of North China. *Catena*, 206, 105507.
- Derner, J. D.; Augustine, D. J.; Briske, D. D.; Wilmer, H.; Porensky, L. M.; Fernández-Giménez, M. E.; Ritten, J. P. 2021. Can collaborative adaptive management improve cattle production in multipaddock grazing systems?. *Rangeland Ecology & Management*, 75, 1-8.
- Ferguson, B. G.; Diemont S. A. W.; Alfaro-Arguello, R.; Martin, J. F.; Nahed-Toral, J.; Álvarez-Solís, D.; Pinto-Ruiz, R. 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, 38–48. doi:10.1016/j.agsy.2013.05.005
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow: Longman Scientific & Technical.
- Liu, C.; Li, W.; Xu, J.; Wei, W.; Xue, P.; Yan, H. 2021. Response of soil nutrients and stoichiometry to grazing management in alpine grassland on the Qinghai-Tibet Plateau. *Soil and Tillage Research*, 206, 104822. doi:10.1016/j.still.2020.104822
- Segura, C.; Cardenas, L.; McDowell, R.; Morgan, S.; Blackwell, M. S. 2023. Effects on soil of grassland management for pasture, hay and silage.
- Sollenberger, L. E.; Moore, J. E.; Staples, C. R. 2006. Rotational Grazing Systems. In *Forages: The Science of Grassland Agriculture* (6th ed., pp. 381-405). Ames, IA: Blackwell Publishing.

EVALUACIÓN DE IMAGENES SATELITALES LANDSAT 8 DENTRO DE UN PASTIZAL EN VILLA DE COS, ZACATECAS

EVALUATION OF LANDSAT 8 SATELLITE IMAGES WITHIN A RANGELAND IN VILLA DE COS, ZACATECAS

José Israel Casas Flores^{1*}, Alfonso Serna Pérez¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

¹INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Carretera., Zacatecas-Fresnillo km 24.5 Calera Zac. Méx. C.P.98500.

*Autor por correspondencia: casas.israel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El uso de imágenes multiespectrales para el análisis de los recursos del pastizal es útil para la planificación del manejo ganadero y su diagnóstico ambiental. Este trabajo se realizó usando imágenes obtenidas con dron en tres fechas (antes, durante y después de la estación lluviosa) en un pastizal de Zacatecas, e imágenes satelitales LANDSAT 8, con fechas próximas a las obtenidas con dron. La finalidad fue estimar que tan similares son los índices de vegetación obtenidas a partir de ambas fuentes de imagen. El coeficiente de determinación se usó como medida de similitud o igualdad. Los resultados indicaron que las imágenes satelitales LANDSAT 8 L1 podrían ser útiles para estimar índices NDVI en la etapa previa al inicio de lluvias como sustituto de imágenes de dron. Pero no una vez iniciada la estación de lluvias y posterior a ella no serían de utilidad pues estiman valores de NDVI muy diferentes a los obtenidos con imágenes de dron.

Palabras Clave: Multiespectral, Landsat, VANT, NDVI

ABSTRACT

The use of multispectral images for the analysis of pasture resources is useful for planning livestock management and its environmental diagnosis. This work was carried out using images obtained with a drone on three dates (before, during and after the rainy season) in a pasture in Zacatecas, and LANDSAT 8 satellite images, with dates close to those obtained with a drone. The purpose was to estimate how similar the vegetation indices obtained from both image sources are. The coefficient of determination was used as a measure of similarity or equality. The results indicated that LANDSAT 8 L1 satellite images could be useful to estimate NDVI indices in the stage prior to the onset of rains as a substitute for drone images. But not once the rainy season has started and after it, they would not be useful since they estimate NDVI values that are very different from those obtained with drone images.

Keywords: Multispectral, Landsat, UAV, NDVI

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de los pastizales de regiones áridas y semiáridas permite evaluar procesos complejos como la desertificación y el impacto del cambio climático (Gaitán *et al.*, 2013). Estas zonas se caracterizan por sus grandes extensiones en donde la variedad de los suelos y topografía propician una gran diversidad en la composición de la vegetación (Álvarez-Lopezello *et al.*, 2016). El desarrollo y modernización de los sensores remotos ha ayudado en el estudio de la cobertura del

suelo en grandes superficies como las áreas de pastoreo (Willington *et al.*, 2013). Uno de los problemas técnicos más importantes de la teledetección es la obtención de imágenes que permitan obtener la cobertura de grandes áreas y la posibilidad de la obtención de datos a través del tiempo (Foody, 2002). Los sensores remotos como los satélites y drones, permiten obtener estas imágenes siendo su principal ventaja o desventaja el tamaño de pixel, su precisión, o el área que pueden abarcar (González *et al.*, 2016). El objetivo de este trabajo fue comparar la similitud en la estimación del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), en una misma área de estudio, utilizando imágenes satelitales de la plataforma LANDSAT 8 e imágenes de Dron, Esto con la finalidad de comparar la precisión en la estimación del índice de vegetación usando imágenes con menor precisión de pixel como el LANDSAT 8.

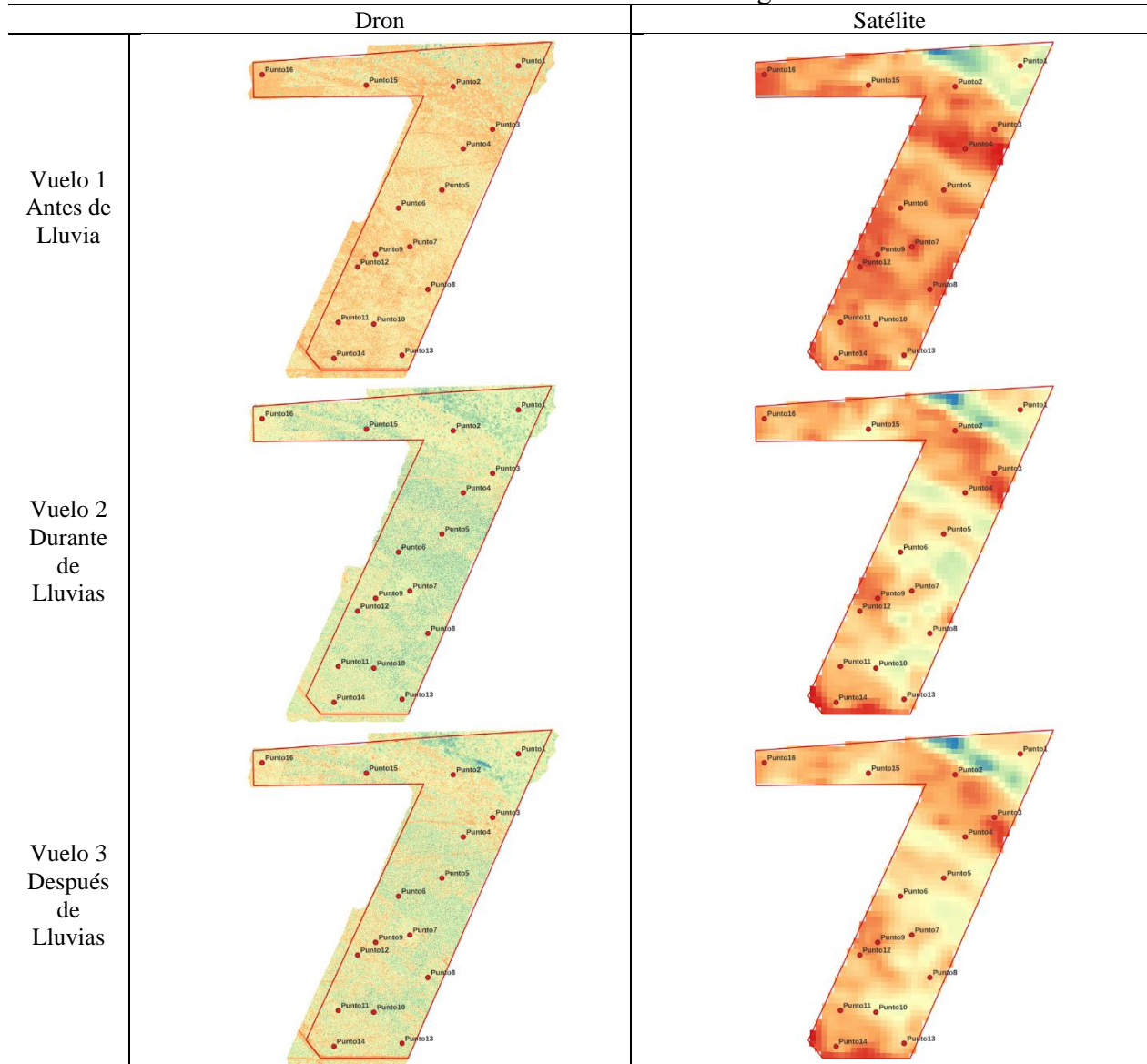
MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio de estudio es una zona de pastoreo en Villa de Cos, Zacatecas. Es un área de 30.9 has en un rancho ganadero ubicado en la localidad de Noria de Burros (23° 36' 6.76" Norte y 102° 10' 0.95" Oeste, y 2018 m) en donde se localizaron 16 sitios de muestreo. En este sitio se realizaron tres vuelos aéreos no tripulados, antes, durante y después del ciclo de lluvias (8 de agosto, 22 de septiembre y 11 de octubre del año 2022), utilizando un dron P4 Multiespectral DJI, con una cámara RGB y un conjunto de 5 cámaras espectrales, para las bandas Azul, Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo cercano. Los vuelos se realizaron a una altura de 95 m, obteniendo una resolución espacial de 5 cm² por pixel.

A partir de las fotos obtenidas y utilizando las propiedades del software DJI TERRA BASIC (SZ DJI Technology Co, 2023, Distrito de Nanshan, Shenzhen, China; <https://enterprise.dji.com/es/dji-terra>) se calculó el índice de vegetación NDVI, realizando una extracción de pixel mediante el programa estadístico R (R CORE TEAM 2020). Para la extracción por pixel se eligieron buffers de muestro de 20x20 m y 30x30 m, utilizado en otros trabajos (Casas-Flores, 2022) además de un buffer de 15x15 m, para igualar la resolución que se puede obtener con las imágenes satelitales, esto para cada uno de los 16 sitios de muestreo almacenados en un archivo shapefile. Con los puntos de muestreo sobre puestos en el raster obtenido del índice de vegetación, se calculó el promedio de los pixeles extraídos, obteniendo una matriz con los valores promedio para cada uno de los sitios de muestreo de los diferentes buffers.

El siguiente paso fue buscar y descargar imágenes satelitales LANDSAT 8 L1 desde la plataforma *Earth Explorer* (<https://earthexplorer.usgs.gov/>). El criterio de búsqueda fue elegir imágenes de 2 días antes o después de las fechas de vuelo con el dron, obteniéndose imágenes del 6 de agosto, 23 de septiembre y 1 de Octubre. La última fecha se seleccionó en lugar de la imagen del 10 de octubre debido a ésta presentaba nubosidad. LANDSAT 8 L1 contiene las bandas espectrales RED (Banda 4) y NIR (Banda 5) de resolución de 30x30 m y una banda pancromática de 15x15 m de resolución. A partir de esta última, mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG) y el proceso de *pansharpening* se redimensionaron las bandas espectrales RED y NIR a un pixel de 15x15 m. Posteriormente se procedió a calcular el NDVI utilizando QGIS para extraer el valor del pixel por sitio de muestreo del índice de vegetación obtenido mediante las imágenes satelitales (Cuadro 1).

Cuadro 1. NDVI obtenido mediante dron e imágenes Satelitales



La similitud en los valores estimados de NDVI a partir de las imágenes LANDSAT 8 L1 y del dron se calificó a partir de un análisis de correlación lineal para cada fecha (Programa estadístico R, R CORE TEAM 2020) entre los datos de NDVI del dron obtenidos por buffer (15, 20 y 30 m) y los de NDVI de LANDSAT 8. Los resultados se muestran como coeficiente de terminación (r^2) que es el cuadrado del coeficiente de correlación y su nivel de significancia observado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada vuelo y para cada sitio de muestreo, los valores del índice NDVI obtenidos del dron para bufer de 15, 20 y 30 m y los de NDVI obtenidos de las imágenes satelitales del agostadero en estudio, en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas, se presentan en la Figura 1. En el año de 2022

en la porción semiárida del estado las precipitaciones llegaron más tarde (mediados de agosto) que en el promedio histórico (inicio del mes de julio) y su duración fue más corta.



Figura 1. Por vuelo y para cada sitio de muestreo, valores del índice NDVI obtenidos del dron por bufer de 15, 20 y 30 m (p.ej., NDVI_V1_d_15 es vuelo 1, dron, bufer 15 m) y NDVI de imagen satelital (p.ej., NDVI_V1_s es vuelo 1, satelital). Villa de Cos, Zacatecas.

El vuelo 1 (Figura 1) se realizó al final del periodo seco y muestra a través de los sitios los valores más bajos de NDVI indicando de manera indirecta una reducida actividad fotosintética de la vegetación debido a la sequía, ya que el índice de vegetación está relacionado con variables biofísicas del dosel (Amiri & Tabatabaie, 2010). En este vuelo los valores de NDVI del dron y satelital son muy cercanos, incluso este último (línea azul) cruza consistentemente los valores del dron. A partir de la presencia de lluvia en el agostadero (Vuelos 2 y 3, Figura 1) los valores de NDVI crecen debido a una mayor actividad fotosintética de la vegetación del agostadero, pero los valores de NDVI obtenidos con imágenes satelitales tienden a ser menores que los obtenidos con dron, y solo hay cierta consistencia entre ambos para los sitios 8 y 10, que coincidió con sitios de alta cobertura de arbustos (dato no mostrado).

Los coeficientes de determinación (r^2) entre los valores de NDVI estimados con imágenes de dron y satelital (LANDSAT 8 L1), usados como criterio de similaridad entre ambos tipos de imagen, se muestran en el Cuadro 2. Es importante hacer notar que los drones, por su autonomía de vuelo y mayor precisión al reducir el tamaño del pixel se han vuelto una herramienta muy precisa para el análisis de los elementos de un sitio, como por ejemplo la cobertura vegetal (Pérez-Luque et al., 2022) e índices de vegetación. Razón por la que usamos las imágenes de dron como punto de comparación. A partir de la información presentada en el Cuadro 2, solo los coeficientes de determinación entre los índices de vegetación estimados con imagen satelital (NDVI_V1_s) y los índices estimados con dron para los tres bufer (15, 20 y 30 m) fueron estadísticamente aceptables

o mostraron similaridad. Para el bufer 15 m con al menos al 8.2 % de probabilidad, y para bufer de 20 y 30 m con buen nivel de probabilidad ($P \leq 0.05$). Para el resto de los vuelos (2 y 3), los coeficientes de determinación bajos indican una muy pobre correlación entre los índices NDVI estimados con imagen satelital y dron. Por lo que los índices obtenidos en la etapa de sequía a partir de imágenes Landsat 8 L1 podrían ser usados como sustituto de aquellos estimados con imágenes de dron. Pero una vez iniciada la temporada de lluvias dejarían de ser útiles para un área de agostadero similar a la estudiada.

Cuadro 2. Coeficientes de determinación (r^2) obtenidos del análisis de correlacion de índices NDVI estimados a partir de imágenes de dron e imágenes satelitales por vuelo y bufer (15, 20 y 30 m). Villa de Cos, Zacatecas.

	NDVI_V1_s		NDVI_V2_s		NDVI_V3_s	
	r^2	p-value	r^2	p-value	r^2	p-value
NDVI_V_d_15	0.44827	0.08160	-0.07608	0.77940	-0.03997	0.88320
NDVI_V_d_20	0.54338	0.02960	-0.02795	0.91820	0.01376	0.95970
NDVI_V_d_30	0.52907	0.03509	-0.05014	0.85370	0.00875	0.97440

CONCLUSIONES

Para el área de agostadero de Villa de Cos, Zacatecas, las imágenes satelitales LANDSAT 8 L1 podrían ser útiles para estimar índices NDVI en la etapa de sequía como sustituto de imágenes de dron. Pero no una vez iniciada la estación de lluvias y posterior a ella no serían de utilidad pues estiman valores de NDVI muy diferentes a los obtenidos con imágenes de dron.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Lopezello, J., Rivas-Manzano, I. V., Aguilera-Gómez, L. I., González-Ledesma, M., Álvarez-Lopezello, J., Rivas-Manzano, I. V., Aguilera-Gómez, L. I., & González-Ledesma, M. (2016). Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 980–989. <https://doi.org/10.1016/J.RMB.2016.06.006>
- Amiri, F., & Tabatabaie, T. (2010). Using Remote Sensing data for Vegetation Cover Assessment in Semi-arid rangeland of center province of Iran. *GI4DM 2010 Conference - Geomatics for Crisis Management*, 18–30. <https://www.researchgate.net/publication/228414339>
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, 80(1), 185–201. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(01\)00295-4](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(01)00295-4)
- Gaitán, J. J., Bran, D., Oliva, G., Ciari, G., Nakamatsu, V., Salomone, J., Ferrante, D., Buono, G., Massara, V., Humano, G., Celdrán, D., Opazo, W., & Maestre, F. T. (2013). Evaluating the performance of multiple remote sensing indices to predict the spatial variability of ecosystem structure and functioning in Patagonian steppes. *Ecological Indicators*, 34, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.05.007>
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2016). Drones Aplicados a la Agricultura de Precisión. *Publicaciones e Investigación*, 10, 23–37. <https://doi.org/10.22490/25394088.1585>
- Pérez-Luque, A. J., Ramos-Font, M. E., Tognetti Barbieri, M. J., Tarragona Pérez, C., Calvo Renta, G., & Robles Cruz, A. B. (2022). Vegetation Cover Estimation in Semi-Arid Shrublands after Prescribed Burning: Field-Ground and Drone Image Comparison. *Drones 2022, Vol. 6, Page 370*, 6(11), 370. <https://doi.org/10.3390/DRONES6110370>
- Willington, E., Nolasco, M., & Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. *Congreso Argentino de AgroInformatica, CAI 2013*, 207–216.

ESTABLECIMIENTO DE SITIOS PERMANENTES PARA LA EVALUACIÓN DE LA SALUD DEL PASTIZAL EN COLONIAS DE PERRITO LLANERO EN EL SURESTE DE COAHUILA

ESTABLISHMENT OF PERMANENT SITES FOR RANGELAND HEALTH EVALUATION IN PRAIRIE DOG (*Cynomys mexicanus*) COLONIES IN SOUTHEASTERN COAHUILA

Luz María Carbajal Flores¹, J. Javier Ochoa-Espinoza^{1*}, José Antonio Hernández-Herrera¹, Sait Juanes-Márquez¹, Luis Lauro de León-González¹ y Perpetuo Álvarez-Vázquez¹

¹UAAAN-Departamento de Recursos Naturales Renovables. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, C.P. 25315.

* Autor por correspondencia: jjchoae@gmail.com

RESUMEN

En México no se ha establecido de manera oficial un método de aplicación standard que permita evaluar la salud de los pastizales y otros terrenos de pastoreo, al menos para las zonas áridas y semiáridas. La evaluación de la salud del pastizal, implementada por el buró de manejo de tierras de los Estados Unidos, ofrece una opción técnica, de utilidad para los manejadores, mediante el establecimiento de sitios referenciales de largo plazo. En verano de 2023, se establecieron sitios referenciales para el zacatal mediano abierto, que domina la estructura del paisaje en el Rancho Experimental Los Ángeles. La línea base de referencia describe uno de los escenarios más críticos de esta comunidad vegetal, al enfrentar, además de un escenario de sequía, algunos retos en el manejo del ganado y un historial de uso con oportunidades de mejora, con la interacción permanente del perrito llanero mexicano. La producción forrajera anual y la capa de compactación fueron los dos indicadores más diferentes entre el escenario con y sin perrito de la pradera 545.6 contra 1,603.7 kg MS/Ha, respectivamente ($P \leq 0.05$). El suelo desnudo estuvo en el rango de “ligero a moderado” en ambos escenarios ($6.0 \pm 1.6\%$ dentro vs 7.5 ± 5.9 fuera de colonias; $P \geq 0.05$); la mortandad de plantas fluctuó de “ligera a moderada” en áreas con perrito (17.7% de la superficie muestreada) y de “moderada a extrema” fuera de estas (25.6%). La ausencia de lluvias resultó un reto para identificar indicadores de FH, sin embargo, el monitoreo a largo plazo permitirá definir tendencias en el desempeño de estos indicadores. La evaluación de los sitios de referencia debe ser a largo plazo y más sitios deben ser establecidos y evaluados a lo largo del año, para detectar tendencias en los atributos de salud del pastizal, en escenarios de manejo adversos.

Palabras clave: funcionalidad, hidrología, integridad biótica, estabilidad de suelos.

ABSTRACT

In Mexico never has been established an official and standard method, allowing to survey rangeland health, for arid or semiarid lands. Rangeland health evaluation has been implemented for the Bureau of Land Management in the United States and provides a technical and useful option for managers to the establishment of long-term monitoring sites. In summer 2023, a set of referential sites for short grass where established, such vegetation type is the dominant one across Los Angeles Experimental Ranch. Referential base line showed one of the most critical scenarios in this

particular vegetation community, because a severe draught scenario, the same as other management challenges, and an historical background with improvement opportunities, including permanent prairie dog interactions. Annual forage productivity, and soil compaction where the ones with more statistical differences the same inside than outside prairie dog colonies (545.6 vs. 1,603.7 kg DM/Ha, respectively ($P \leq 0.05$). Bare ground rated “slight to moderate” for both scenarios ($6.0 \pm 1.6\%$ inside vs 7.5 ± 5.9 outside colonies; $P \geq 0.05$); plant mortality moved from “slight to moderate” inside colines (17.7% surveyed areas), and from “moderate to extreme” outside colonies (25.6%). Absence of precipitation results a challenge to identify indicators related with hydrological functionality, however long-term monitoring allows to define trends for such indicators. Referential sites evaluation must to be long term based, and more sites must to be established and surveyed along the year, to detect trends in rangeland health indicators in more challenging scenarios.

Keywords: functionality, hydrology, biotic integrity, soil stability.

INTRODUCCIÓN

Históricamente los pastizales han sido considerados ecosistemas frágiles de los cuales se obtienen productos y servicios que sustentan la vida de las personas, y de la flora y fauna que vive en ellos de manera temporal o permanente (Jurado *et al.* 2021). También es ampliamente conocido que los pastizales han cambiado, tanto en estructura como en composición debido al sobrepastoreo, cambio de uso de suelo y prolongados períodos de sequía, cuando nos referimos al norte de México (Ceballos *et al.*, 2010; Scholtz y Twidwell, 2022). En términos de evaluación resulta importante cuantificar los cambios ocurridos y más aún conocer en qué medida las acciones de manejo o rehabilitación con las que se pretende reactivarlos son efectivas o no, para facilitar dicha tarea, resulta clave tener referencias del estado actual.

Por lo tanto, para poder realizar acciones positivas que mejoren el estado actual de los pastizales, es necesario conocer conceptos como el de condición de pastizal, el cual mide la alteración de la composición de especies de plantas debido al pastoreo u otras perturbaciones, en relación con la comunidad de plantas clímax en ese lugar, en contraste, la salud del pastizal se basa en el enfoque tradicional de la condición del pastizal que considera el tipo de comunidad vegetal en relación con el potencial del sitio, pero también agrega indicadores de los procesos y funciones naturales (Pellant *et al.* 2020). La salud de los pastizales entonces, se mide comparando el funcionamiento de los procesos ecológicos en un área de pastizales y tiempo determinados, con un sitio referencial (Adams *et al.*, 2003; Pellant *et al.*, 2020; Lepak *et al.*, 2022).

Si bien, la metodología propuesta por Pellant *et al.* (2020), no es nueva y ha experimentado adecuaciones a lo largo del tiempo (lo que la ha convertido en una metodología dinámica) actualizada y de aplicación técnica cada vez más accesible para manejadores y usuarios de los recursos (Lepak *et al.*, 2022). La realidad es que, para el estado de Coahuila, no existe una línea base estandarizada o de consulta disponible, que permita al ganadero, investigador o asesor en el manejo de los pastizales cuantificar adecuadamente los cambios en la salud del pastizal de manera integral. Por lo anterior, el objetivo fue reconocer y evaluar sitios ecológicos afines al zacatal mediano abierto en colonias de perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*) con diferentes historiales de manejo en el Rancho Demostrativo “Los Ángeles” (RLA) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, y establecer la línea base de referencia que fortalezca la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales del rancho y de la región a largo plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El RLA se localiza al sureste del estado de Coahuila a 48 kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, entre las coordenadas 25° 04' y 25° 08' latitud Norte y 100° 58' y 101° 03' longitud Oeste. La altitud varía desde 2,100 msnm en los valles hasta 2,400 msnm en la parte alta de la Sierra Los Ángeles. El rancho cuenta con una superficie de 6,704 ha, con aproximadamente 55% de valles, 35% de sierra y 10% de lomeríos (Vásquez, 1973). El clima es árido, desértico y caliente (BWh; Peel *et al.*, 2007), con una precipitación pluvial media anual entre 350 y 450 milímetros y temperatura media anual entre los 12 y 18° C. La sequía es uno de los factores que determinan el uso de los terrenos de pastoreo y en gran medida su capacidad productiva y tiene influencia en los componentes y procesos de los sitios donde esta ocurre. Para contar con una referencia del impacto de la sequía en la salud del pastizal se revisaron los datos del monitor de sequía (CONAGUA, 2023) de enero de 2021 y hasta marzo de 2023, para el área donde se ubica el RLA, el periodo que presentó el más alto valor (sequía extrema) ocurrió de marzo a mayo del 2021, aunque el comportamiento más frecuente es el de sequía moderada, al momento de la evaluación se registraba una sequía severa.

El tipo de vegetación dominante es el zacatal mediano abierto, con presencia de especies de gramíneas como *Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *B. dactyloides*, *Muhlenbergia torreyi*, *Aristida ternipes*, *A. pansa* y *A. arizonica*, de hierbas como *Dyschoriste linearis*, *Asclepias brachystephana*, *Dyssodia papposa* y *Gaura coccinea* y de arbustos como *Buddleja scordioides* y *Tiquilia canescens*, entre las más representativas (Vásquez, 1973; Arévalo *et al.*, 2021).

Las evaluaciones se llevaron a cabo durante el inicio del verano de 2023, con escasa presencia de lluvias (fin de la temporada seca). Se ubicaron dos sitios de evaluación, el primero el potrero 6 (P6) con un historial de uso por ganado bovino relativamente alto, donde el pastoreo ha sido mayormente continuo debido a su accesibilidad y facilidad para el manejo de ganado y en el que existe presencia de perrito llanero mexicano; la comparación se llevó a cabo con una sección del potrero 19 (P19) sin presencia de perrito llanero y donde el uso por ganado es menor, principalmente por causas de ubicación en relación a las áreas de mayor manejo en el rancho y menor disponibilidad de agua.

En cada potrero se establecieron cuatro sitios referenciales (repeticiones), los cuales partían de una coordenada de referencia, desde la cual se tendió en dirección norte una línea de puntos de 50 metros y a cada lado de esta línea se amplió un margen de dos metros para establecer un transecto en banda de 200 metros cuadrados (50 x 4m), donde se evaluaron los indicadores relacionados a la función hidrológica (FH), la integridad biótica (IB) y la estabilidad del suelo (ES; cuadro 1).

Cuadro 1. Indicadores de la salud del pastizal y atributo al que están relacionado

Número	Indicador	Atributo	Número	Indicador	Atributo
1	Canalillos	ES, FH	10	Efecto de la comunidad de FH plantas en la infiltración	
2	Patrones de flujo del agua	ES, FH	11	Capa de compactación	ES, FH, IB
3	Pedestales o terracetas	ES, FH	12	Grupos funcionales/estructurales	IB
4	Suelo desnudo	ES, FH	13	Plantas muertas o sus partes	IB
5	Arroyuelos	ES, FH	14	Cobertura y profundidad de FH, IB mantillo	
6	Áreas de deposición por viento	ES	15	Producción forrajera anual	IB

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

7	Movimiento de mantillo	ES	16	Plantas invasoras	IB
8	Superficie del suelo resistente a la erosión	ES, FH, IB	17	Vigor con énfasis en la capacidad reproductiva	IB
9	Perdida y degradación de la superficie del suelo	ES, FH, IB			

Adaptado de Pellant *et al.*, 2020

Dadas las erráticas precipitaciones en la región durante el tiempo del estudio, no fue posible evaluar algunos indicadores relacionados a la FH. Las evaluaciones de cada indicador se llevaron a cabo de acuerdo con las recomendaciones de la versión 5, del manual técnico para la interpretación de los indicadores de la salud del pastizal (Pellant *et al.* 2020) y los métodos básicos recomendados por Herrick *et al.*, (2017), es este segundo caso en particular para determinar la resistencia del suelo a la erosión (indicador 8); en el caso de la evaluación de la pérdida y degradación de la superficie del suelo (indicador 9), se realizaron pruebas de efervescencia del suelo mediante la aplicación de agua oxigenada para estimar la presencia de materia orgánica, donde a mayor efervescencia, mayor contenido de materia orgánica en el suelo. Se llevaron a cabo comparaciones de medias, por medio de prueba de t-student para los indicadores comparables en escenarios, con y sin perrito, se llevó a cabo una ANOVA y posterior prueba de Tukey para el indicador de resistencia a la erosión (indicador 8) de acuerdo a la comparación por clase de disolución del terrón colectado, y para los indicadores 12 y 17 se llevó a cabo un análisis comparativo de proporción porcentual de entre grupos funcionales y grados de vigor.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los indicadores 1, 5 y 6 no se presentaron de manera activa principalmente por la sequía predominante en la región, en combinación con el hecho de que el sitio presenta una pendiente muy ligera que también atenúa el comportamiento de estos indicadores, la calificación asignada de acuerdo al valor cualitativo recomendado por Pellant y colaboradores (2020), fue en todos los casos de “escaso a nulo”. Otros indicadores se comportaron de manera discreta de acuerdo a las condiciones climáticas existentes, como lo fueron los patrones de flujo (i2), los pedestales (i3) y el movimiento de mantillo (i7; cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación entre tres atributos de la salud del pastizal de comportamiento discreto para los atributos de ES y FH dentro y fuera de colonias de perrito llanero Mexicano en el rancho experimental Los Ángeles.

	Indicador	Unidad de medida	P6		P19	
			Media	D.S	Media	D.S
2	Patrones de flujo	%	30.5	16.5	20.9	14.7
3	Pedestales	%	35.0	14.0	26.0	4.0
7	Movimiento de mantillo	%	9.0	12.9	1.0	1.1

El indicador de capa de compactación (i11) el cual se relaciona con los tres atributos de la salud del pastizal y el de producción forrajera anual (i15) relacionado con la IB, fueron los únicos diferentes ante la comparación del escenario dentro y fuera de colonias de perrito llanero. La profundidad promedio de la raíz (i11) en el P6 fue de 12.52 ± 5.9 cm, mientras que en P19 fue de 16.45 ± 3.7 cm ($P \leq 0.05$). Mientras que para el indicador 15, las diferencias fueron considerables al registrar un promedio de 545.6 contra 1,603.7 kg/MS/Ha ($P \leq 0.05$), dentro y fuera de colonias, respectivamente.

Fueron tres los indicadores que, a pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas, mostraron diferencias cualitativas, el primero fue el suelo desnudo (i4), el cual estuvo en el rango

de “ligero a moderado” en ambos escenarios ($6.0 \pm 1.6\%$ en P6 vs 7.5 ± 5.9 en P19; $P \geq 0.05$). Otro indicador sobresaliente fue el de mortandad (i13) el cual resulto de “ligero a moderado” en áreas con perrito (17.7% de la superficie muestreada) y de “moderado a extremo” fuera de colonias (25.6%). Finalmente, es importante mencionar que en vigor con énfasis en la reproducción (i17) indico que para la temporada evaluada el grupo funcional más abundante en ambos escenarios fue el de la hierbas, siendo la riqueza es especies más alta fuera de colonias en comparación de las áreas con perrito llanero (25 vs. 43 especies, respectivamente), sin embargo se notó que el 57.7% de las especies en P6 tuvieron un alto vigor reproductivo, mientras que en P19, si bien el grupo funcional más vigoroso también fueron las hierbas (18 de 23 especies, 78% de estas), el 53.5% de todas las especies mostraron también un alto vigor para la parte inicial del verano, previo a las lluvias.

Al respecto de la evaluación de la condición o salud de pastizales Scholtz y Twidwell (2021) evaluaron a nivel especial el grado de impacto en varios tipos de pastizales al rededor del mundo, encontrando que menos del 20% están intactos y el resto tiene altos niveles de disturbio o impacto. En otra escala de evaluación Henderson y Davis (2014) evaluaron la salud en interrelación con el hábitat de aves de pastizal, donde evaluaron atributos como volumen de materia orgánica (relacionada al i7), volumen de vegetación (i15), suelo desnudo (i4) y riqueza de especies (i17), y encontraron correlaciones positivas entre la abundancia de aves y el mejor desempeño de estos indicadores. En concordancia con este estudio Ochoa-Espinoza (2006) estudio en colonias de perrito llanero cola negra el desempeño de los indicadores de la salud del pastizal, encontrando valores similares de producción forrajera dentro de colonias (alrededor de 580 kg MS/Ha), en este trabajo la ES fue el atributo común de mayor variabilidad dentro y fuera de colonias, mientras que en este estudio fue la IB.

CONCLUSIONES

Se registraron diferencias claras entre la producción forrajera anual dentro y fuera de colonias, luego la capa de compactación fue otro atributo que indicó el crecimiento de las raíces en el primer horizonte del suelo siendo más elongado fuera de colonias; otros indicadores como suelo desnudo, mortandad de plantas y vigor con énfasis en la reproducción, reflejaron los estragos de la sequía, pero también un zacatal resiliente. La ausencia de lluvias resultó un reto para identificar indicadores de FH, sin embargo, el monitoreo a largo plazo permitirá definir tendencias en el desempeño de estos indicadores. El establecimiento de más sitios en tierras de pastoreo en el estado de Coahuila, permitirá detectar cambios sensibles en atributos dinámicos como los que se proponen en la metodología de la salud del pastizal, el reto es el seguimiento en el monitoreo y su incorporación en la toma de decisiones.

LITERATURA CITADA

- Adams, B.W.; G. Ehlert; C. Stone; M. Alexander; D. Lawrence; M. Willoughby; D. Moisey; C. Hincz; A. Burkinshaw; J. Richman; K. France; C. DeMaere; T. Kupsch; T. France; T. Broadbent; L. Blonski; A. J. Miller. 2016. Rangeland Health Assessment for Grassland, Forest and Tame Pasture. 5 Ed. AEP, Rangeland Resource Stewardship Section. ISBN: 978-1-4601-2785-8.
- Arévalo, J.R., J.A. Encina-Domínguez; S. Juanes-Márquez; P. Álvarez-Vázquez; J. A. Nuñez-Colima; M. Mellado. 2021. Restoration of Rangelands Invaded by *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth after 12 Years of Agriculture Abandonment (Coahuila, Mexico). *Agriculture* 11:886. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090886>
- Ceballos G.; A. Davidson; R. List; J. Pacheco; P. Manzano-Fisher; G. Santos-Barrera; J. Cruzado. 2010. Rapid Decline of a Grassland System and its Ecological and Conservation Implications. *PLoS ONE* 5(1): e8562. doi:10.1371/journal.pone.0008562.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2023. Monitor de Sequía en México. Consultado en línea 05/08/2023 <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Henderson, A. E.; S. K. Davis. 2014. Rangeland Health Assessment: A useful tool for linking range management and grassland bird conservation? *Rangeland Ecol. Manage* 67: 88-98.
- Herrick, J.E.; J. W. Van Zee; S. E. McCord; E. M. Courtright; J. W. Karl; L. M. Burkett. 2017. *Monitoring Manual for grassland, shrubland, and savanna ecosystems. Second Edition. Volume I: Core Methods.* U.S. Department of Agriculture Research Service, Jornada Experimental Range, Las Cruces, NM.
- Jurado-Guerra, P.; M. Velázquez-Martínez; R. A. Sánchez-Gutiérrez; A. Álvarez-Holguín; P. A. Domínguez-Martínez; R. Gutiérrez-Luna; R. D. Garza-Castillo; M. Luna-Luna; M. G. Chávez-Ruiz. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Rev Mex Cienc Pecu* 12(3): 261-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>.
- Ochoa-Espinoza, J. J. 2006. Dinámica de la salud del pastizal en colonias de perrito de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) en Janos, Chihuahua. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México. 185 p.
- Peel, M. C.; B. L. Finlayson; T. A. McMahon. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences*, 11(5): 1633-1644.
- Pellant, M.; P. L. Shaver; D. A. Pyke; J. E. Herrick; N. Lepak; G. Riegel; E. Kachergis; B. A. Newingham; D. Toledo; F. E. Busby. 2020. *Interpreting Indicators of Rangeland Health, Version 5.* Tech Ref 1734. Department of the Interior, Bureau of Land Management, National Operation Center, Denver, CO.
- Scholtz, R.; D. Twidwell. 2022. The last continuous grasslands on Earth: identification and conservation importance.
- Vásquez A. R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el rancho demostrativo "Los Ángeles". Tesis de Licenciatura Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

RESULTADOS PRELIMINARES DE CRECIMIENTO VEGETATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE DE MAÍZ CON DIFERENTE FERTILIZACIÓN BAJO RIEGO POR GOTEO

PRELIMINARY RESULTS OF VEGETATIVE GROWTH FOR THE PRODUCTION OF MAIZE GREEN FORAGE WITH DIFFERENT FERTILIZATION UNDER DRIP IRRIGATION

Daniel Lozano Torres¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas^{1*}, José Ángel Cid Ríos², Alejandro Espinoza Canales¹, Alberto Muro Reyes¹, Francisco J. Gutiérrez Piña¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V. R. Zacatecas México.

*Autor por correspondencia: cuauhtemocms@uaz.edu.mx

RESUMEN

El maíz (*Zea mays L.*) es uno de los cultivos con mayor distribución en el mundo y del cual se tienen los primeros registros de domesticación como plantas cultivadas. Esta especie puede ser consumida en cualquier etapa de desarrollo del maíz durante su ciclo de cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar la altura, diámetro de tallo y número de hojas de maíz híbrido con diferentes dosis de fertilización química y orgánica bajo condiciones de riego por goteo. Bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones, se evaluaron tres dosificaciones de fertilizante: a) 280-100-50, b) 320-150-100, c) 300-125-75 y d) 250-75-50 + 8 toneladas de bocashi. En la comparación de medias con $\alpha=0.05$ para altura de planta, se encontraron diferencias altamente significativas entre los tratamientos, donde, los de mayor fertilización + mezcla de orgánico presentaron mayor altura de planta, y siendo estos los de mayor número de hojas por planta. La mezcla de fertilizantes químicos y orgánicos puede ser una alternativa para reducir los costos de producción y eficientizar la producción de forraje verde de maíz bajo riego por goteo.

Palabras clave: Altura, fertilización orgánica, forraje de maíz.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays L.*) is one of the most widely distributed crops in the world and for which there are the first records of domestication as cultivated plants. This species can be consumed at any stage of maize development during its crop cycle. The objective of this work was to evaluate the height, stem diameter and number of leaves of hybrid maize with different doses of chemical and organic fertilization under drip irrigation conditions. Under a completely randomized block experimental design with three repetitions, three fertilizer dosages were evaluated: a) 280-100-50, b) 320-150-100, c) 300-125-75 and d) 250-75-50 + 8 tons of bocashi. In the comparison of means with $\alpha=0.05$ for plant height, highly significant differences were found between the treatments, where the ones with the highest fertilization + organic mixture presented the highest plant height, and these being the ones with the highest number of leaves per plant. The mixture of chemical and organic fertilizers can be an alternative to reduce production costs and make the production of green corn forage more efficient under drip irrigation.

Keywords: Height, organic fertilization, corn forage.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays*) es uno de los cultivos más importantes y enormemente cultivados en todo el mundo. Desde su domesticación hace miles de años en Mesoamérica, el maíz ha desempeñado un papel crucial en la alimentación, la economía y la cultura de numerosas sociedades (Sánchez, 2014). El cultivo de maíz es una fuente rica en nutrientes esenciales para el ser humano. Según un estudio realizado por Ortas (2012), el maíz contiene carbohidratos, fibra dietética, vitaminas: A, B, y C, además de hierro y zinc. Estos nutrientes desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de una dieta equilibrada y en la prevención de enfermedades relacionadas con la malnutrición en los humanos.

El silo de maíz se ha utilizado tradicionalmente como una forma efectiva de almacenes y suministro de alimentos para el ganado durante períodos de escasez de pasto o forraje fresco. Este alimento fermentado es producido mediante el proceso de ensilaje, donde el maíz es cosechado y almacenado en condiciones anaeróbicas, lo que permite la fermentación de los azúcares presentes en el maíz y la producción de ácido láctico. El ácido láctico actúa como conservante natural, evitando la destrucción de bacterias y hongos dañinos y preservando así los nutrientes del maíz (Aragadvay-Yungán *et al.*, 2022).

El proceso de producción del silo de maíz comienza con la cosecha del cultivo en su etapa de madurez. Es importante tener en cuenta el momento adecuado de la cosecha, ya que un maíz demasiado maduro puede tener un contenido de azúcar insuficiente para una fermentación adecuada, mientras que un maíz demasiado maduro puede tener menor digestibilidad y menor contenido de nutrientes (Molina *et al.*, 2004). Después de la cosecha, el maíz se pica y se almacena en un silo, compactándolo para eliminar el aire y asegurar condiciones anaeróbicas.

El silo de maíz es altamente valorado por su contenido nutricional, que incluye carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas. Según Smith (2022), el contenido energético del silo de maíz es significativamente mayor que el de otros forrajes comunes, lo que lo convierte en una fuente eficiente de energía para el ganado. Además, estudios recientes han demostrado que el silo de maíz es rico en fibra, lo que contribuye a la salud gastrointestinal del ganado (Jones *et al.*, 2021).

El uso de silo de maíz en la alimentación del ganado ha demostrado tener un impacto positivo en la productividad y el rendimiento animal, la inclusión de silo de maíz en la dieta de vacas lecheras mejora la producción de leche y la eficiencia alimentaria en comparación con dietas que no presentaron este alimento (García *et al.*, 2023). Además, el silo de maíz también ha demostrado ser una alternativa rentable en términos de costos de alimentación animal (Smith y Johnson, 2022). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo, fue evaluar la altura, diámetro de tallo y número de hojas de maíz producido con diferentes fertilizaciones químicas y orgánicas en condiciones de riego por goteo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La investigación se realizó dentro de los terrenos del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el kilómetro 24.5 de la Carretera Zacatecas-Fresnillo, en el Municipio de Calera de Víctor Rosales, con coordenadas 22°54' 31" de latitud norte y -102 ° 39' 34" de longitud oeste y 2198 metros sobre el nivel del mar. La siembra se llevó a cabo el día 23 de mayo del 2023, mediante un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, donde las unidades experimentales fueron cuatro surcos de 0.76 m de ancho y 16 m de longitud. El distanciamiento entre plantas fue de 18

cm, estableciendo 73,888 mil plantas por hectárea. El genotipo utilizado en el establecimiento del experimento fue un maíz híbrido de grano blanco comercial (Ocelote, ASGROW®). Los tratamientos establecidos fueron: T1 (testigo, 280-100-50), T2 (320-150-100 + 8 t de bocashi), T3 (300-125-75 + 8 t de bocashi), y T4 (250-75-50 + 8 t de bocashi), expresados en kilogramos por hectárea de nitrógeno, fósforo y potasio, respectivamente. La siembra fue en suelo seco por lo que fue necesario aplicar un riego inmediatamente después de la siembra, para lo que se utilizó cintilla de riego por goteo calibre 6000 de flujo medio, con distancia entre gotero de 20 cm. Para lograr la nacencia del cultivo se aplicaron 12 h de riego para obtener uniformidad del bulbo de mojado que garantizara un índice de nacencia del 100%.

La aplicación de nitrógeno se fraccionó en tres partes, la primera aplicación se realizó en la primera escarda a los veinte días después de la siembra. El resto de la fertilización de nitrógeno se aplicó de forma manual a los 35 días después de la primera aplicación; en el caso del bocashi, se aplicó durante la primera fertilización.

A los 45 días después de la siembra (dds), se cuantificó la altura de planta; la cual se tomó en metros comenzando desde la superficie del suelo hasta llegar al cogollo de la planta. Para esta medición se usó un estadal graduado en centímetros. El diámetro de tallo; esta variable fue registrada midiendo en el cuello de la planta, entre el suelo y el tallo de planta. La medición se realizó en mm auxiliados por un calibrador Vernier o Pie de Rey y número de hojas se cuantificó el total de hojas que contenía la planta. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSION

Al realizar el análisis de varianza a los 45 días, para la variable altura de planta mostró diferencias significativas ($P=0.027$) entre tratamientos, en la comparación de medias por el método de Duncan con $\alpha=0.05$, se puede apreciar que el T2 fue el de mayor altura de planta y el T4, fue el que obtuvo menor altura de la planta (Cuadro 1).

Para las variables de diámetro de tallo y número de hojas no se encontraron diferencias significativas en crecimiento por efecto de la fertilización química y orgánica. Sin embargo, se aprecia que el tratamiento 1 (cantidad de fertilización química recomendada) es el de mayor diámetro, al igual el tratamiento 4 (menor cantidad de fertilización química con mezcla) es el de menor número de hojas por planta.

Cuadro 1. Comparación de medias para las variables de crecimiento: altura, diámetro de tallo y número de hojas a los 45 dds en maíz para ensilaje.

Tratamiento	Altura (m)	Diámetro de tallo (mm)	Número de hojas
280-100-50	1.750 ^a	31.43 ^a	13.66 ^a
320-150-100+8B	1.790 ^a	29.14 ^a	14.41 ^a
300-125-75+8B	1.770 ^a	28.35 ^a	14.56 ^a
250-75-50+8B	1.496 ^b	27.30 ^a	12.75 ^a
C.V.	5.41	10.3	9.47

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales

Para el resto de las variables de crecimiento no se encontraron diferencias significativas entre las fertilizaciones aplicadas. García et al. (2021), señalan que la fertilización orgánica no sustituye el fertilizante químico, sin embargo, es importante que se realice una mezcla de ambos, ya que en maíz se requieren de 250 a 300 unidades de nitrógeno, mismas que el fertilizante orgánico por sí solo no puede aportar, por lo que se recomienda la utilización de mezclas de orgánico y químico, dado que se ha encontrado que con la combinación se desarrolla mejor el diámetro de tallo de maíz, mayor tamaño de las hojas y la eficiencia fotosintética de la planta. Los resultados concuerdan con lo reportado por Fortis-Hernández *et al.* (2009), donde la aplicación de abonos orgánicos, y mezcla de la fertilización química y orgánica puede ser una alternativa para ser eficiente en la producción de forraje verde de maíz, al obtener la misma producción aplicando una combinación de fertilizante químico y orgánico que con la sola aplicación de fertilizante químico.

CONCLUSIONES

La mezcla de fertilizantes químicos y orgánicos puede ser una alternativa para reducir los costos de producción y eficientizar la producción de forraje verde de maíz bajo condiciones de riego por goteo en el estado de Zacatecas.

LITERATURA CITADA

- Aragadvay-Yungán, R., Rodríguez, M. B., Basantes-Basantes, E., & Cando, Á. C. (2022). Valor nutricional, producción de gas *in vitro* y degradación ruminal *in situ* de ensilaje de maíz enriquecido con *Saccharomyces cerevisiae*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(1).
- Fortis-Hernández M., Leos-Rodríguez J. A., Preciado-Rangel P., Orona-Castillo I., García-Salazar J. A., José Luis García-Hernández J. L. y Orozco-Vidal J. A. 2009. Application of Organic Fertilizers in the Production of Forage Corn with Drip Irrigation. *TERRA LATINOAMERICANA*. 27:329-326
- García, C. J. M., Castro P. C. A. y Moreno M. C. M. 2021. Study of Chemical and Organic fertilization and its effect on the cultivation of Corn (*Zea mays*.), in the commun. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA*. 5: 2664-0902
- García, E., Martínez, R. y Pérez, JF (2023). Inclusión de ensilaje de maíz en la dieta de vacas lecheras: efectos en la producción de leche y eficiencia alimentaria. *Revista de Ciencias Lácteas*, 106(1), 500-508.
- Jones, ML, Smith, CM y Johnson, AB (2021). Características nutricionales del ensilaje de maíz para vacas lecheras. *Revista de ciencia animal*, 99(1), skab003.
- Molina, A. M. G., Roa, L. B., Alzate, S. R., León, J. G. S. D., & Arango, A. F. B. (2004). Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista lasallista de investigación*, 1(1), 66-71.
- Ortas, I. (2012). ¿Do maize and pepper plants depend on mycorrhizae in terms of phosphorus and zinc uptake? *Journal of Plant Nutrition*. 35: 1639-1656.
- Smith, JK y Johnson, RD (2022). Costo-efectividad de la inclusión de ensilaje de maíz en las raciones de vacas lecheras. *Revista de Investigación Lechera*, 89(4), 505-511.
- Smith, RL y col. (2022). Evaluación nutricional del ensilaje de maíz para bovinos de carne. *Revista de ciencia animal*, 100(3), skab156.
- Sánchez O. I. 2014. Maíz I (*Zea mays*). *Reduca (Biología)*. Serie Botánica. 7: 151-171

RUMBO A UN MANEJO INTEGRADO DEL TERRITORIO DEL EJIDO SANTA ROSA, MAZAPIL, ZACATECAS

TOWARDS AN INTEGRATED MANAGEMENT OF THE TERRITORY OF THE EJIDO SANTA ROSA, MAZAPIL, ZACATECAS

Ariel Armando Delgadillo Escobar^{1*}, Alejandro Espinoza Canizales¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez², Héctor Gutiérrez Bañuelos¹, Adriana Lucía Perea Lugo¹

¹Unidad Académica de Medicina, Veterinaria y Zootecnia. Carretera Panamericana Zacatecas – Fresnillo km 31.5, General Enrique Estrada, Zacatecas. CP 98500.

²INIFAP - Campo Experimental Zacatecas. Carretera Panamericana Zacatecas - Fresnillo km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. CP 98500.

*Autor por correspondencia: ariel.delgadillo@outlook.com

RESUMEN

En el presente estudio de caso se utiliza como unidad de análisis al Ejido Santa Rosa, Mazapil, Zacatecas y se reflexiona en torno al potencial que tiene la especie *Agave lechuguilla* como herramienta de desarrollo social y económico, dentro de un contexto de Manejo Integral del Territorio. Esto supone que, para poder presentar una propuesta de administración y planificación territorial, se requiere la obtención de datos sólidos y objetivos del entorno, entre ellos, los que cobran más relevancia son los aspectos ambientales, económicos y sociales del ejido, el conocimiento de los usos actuales del suelo y la determinación de sus usos potenciales. Es importante, además, obtener la localización georreferenciada de las superficies por uso propuesto, considerando a la vez datos fenomenológicos como las necesidades y preferencias de los habitantes del ejido. Para iniciar este análisis, se plantea la obtención de datos dasométricos de la lechuguilla, datos de biodiversidad, de capacidad de carga, así como los aspectos socioeconómicos y culturales del ejido, tales como, edad, vocación económica, escolaridad, sexo, población económicamente activa, entre otras. Esto último se realizó mediante un ejercicio de participación comunitaria; se obtuvieron datos de biodiversidad y capacidad de carga de manera inicial, permitiendo inferir cuáles actividades son sostenible y cuáles no. Para nuestro trabajo, se realizó el análisis y comparación de los rastros ecológicos provocados por la ganadería y la silvicultura. Así, en materia Ganadera, encontramos que el ejido soporta 218 Unidades Animales por año, cifra que es regularmente rebasada, ya que los habitantes introducen en el territorio para pastoreo, 450 cabezas de ganado bovino y más de 500 cabezas de ganado caprino anuales. De igual forma, se obtuvieron datos socioeconómicos actualizados del ejido, al realizar el levantamiento de información en la totalidad de los hogares, actualizando los datos del censo 2020 del INEGI. Finalmente, se aplicó una encuesta que permite reconocer y evaluar el capital social del ejido. Dicha encuesta tiene como objetivo describir las condiciones de la oferta laboral del ejido, así como el mercado de bienes y servicios.

Palabras clave: ordenamiento territorial, aprovechamiento forestal, ganadería, diversificación productiva

ABSTRACT

In the present case study, the Ejido Santa Rosa, Mazapil, Zacatecas is used as the unit of analysis for the potential of the *Agave lechuguilla* species as an element of change is analyzed, within a context of Comprehensive Territory Management. This means that in order to present a planning proposal, it is necessary to obtain solid data on the territory, including environmental, economic and social aspects, as well as knowledge of the current uses of the land and the determination of its potential uses, considering the needs and preferences of the inhabitants of the ejido. To start this analysis, it is proposed to obtain dasometric data from the lechuguilla, biodiversity data, carrying capacity, as well as socioeconomic and cultural aspects. This is done through a community engagement exercise. Biodiversity and carrying capacity data were initially obtained, allowing us to infer which activity is sustainable: cattle raising vs. forestry. The ejido supports 218 Animal Units per year, a figure that is exceeded (450 head of cattle and more than 500 head of goats). Updated socioeconomic data of the ejido was obtained, by collecting information in all households, updating the data from the INEGI 2020 census. Finally, a survey was applied that allows recognizing and evaluating the social capital of the ejido. This survey aims to describe the conditions in which the community is in different areas and measure the situation in which they currently develop as a society.

Keywords: Territorial planning, forest use, livestock, productive diversification

INTRODUCCIÓN

El manejo integrado del territorio constituye un enfoque de gestión que busca el manejo ordenado, planificado, sostenible y eficiente de un territorio, considerando los componentes: técnico, social, cultural, ambiental, económico y político (Pautrat, 2015) promoviendo la gobernanza democrática y facilitando la protección de la funcionalidad y estructura de los ecosistemas, así como la mitigación de efectos del cambio climático (REDD+, 2019). Idealmente, una planificación integrada del uso del territorio requiere de una base sólida de datos sobre los usos actuales y potenciales del suelo, una consideración de las necesidades y preferencias de quienes están instalados en las tierras en cuestión y, finalmente, se requiere de mecanismos eficientes de diálogo y de negociación y/o de arbitraje, para equilibrar las prioridades locales (MMSD, 2002).

En este sentido, y atendiendo a la concepción del Ejido como “la porción de tierras, bosques o aguas que el gobierno entregó a un núcleo de población campesina para su explotación (Observatorio del Sector Social de la Economía, s/f), se busca facilitar un cambio, a partir de un ejercicio de participación comunitaria y del impulso de una diversificación productiva mediante el análisis de datos ambientales, económicos y sociales, influyendo directamente en el proceso de integración territorial, dotando para ello a los diferentes actores de la información básica técnica que pueda influir tanto en la toma de decisiones como en las relaciones de producción y consumo al interior de este territorio, privilegiando el valor de uso, en contraposición al valor de cambio (Marañón-Pimentel & López-Córdova, 2014).

Para esto, se toma como materia prima para la transición productiva, con la finalidad de generar un aprovechamiento racional y sustentable de la misma, una planta forestal que se aprovecha con fines comerciales conocida como Lechuguilla (*Agave lechuguilla*) (Bañuelos-Revilla, 2017), y que cuenta con un amplio potencial productivo en la región debido a su amplia distribución (Marroquín

et al., 1981), ya que además se cuenta con el tipo de suelo ideal para su crecimiento. Debido a esto, se trata de aprovechar una gran cantidad de biomasa que cuenta con una relativa facilidad para su aprovechamiento (D. Castillo-Quiroz, Berlanga-reyes, et al., 2005; D. Castillo-Quiroz et al., 2011; Integradora de Ixtleros de Zacatecas S. A. de C. V., 2009; López-Díaz et al., 2022; Nobel & Quero, 1986).

De igual forma, la recolección de esta planta y su eventual transformación y comercialización es perfectamente asociable con las demás actividades económicas ya llevadas a cabo en el ejido: la agricultura de temporal y la ganadería (D. Castillo-Quiroz, Berlanga-Reyes, et al., 2005; Pando-Moreno et al., 2004; Vidal-Arias, 2003), por lo que esta actividad económica, no desconocida pero hasta ahora no profundizada al grado propuesto en este trabajo, no traería aparejado un cambio tan profundo de las inercias, costumbres y cultura del núcleo, sobre todo si se toman en cuenta, ADEMÁS DE los beneficios ECONÓMICOS, la cual vendría aparejada a la disminución de la carga del suelo para uso ganadero, mismos que por lo menos serían:

1. Beneficios.

Esta planta es utilizada para extraer su material al que comúnmente se le denomina “ixtle” (D. Castillo-Quiroz, Berlanga-reyes, et al., 2005). Por otro lado, también es importante subrayar que el aprovechamiento de esta planta forestal representa una de las pocas fuentes de supervivencia para numerosas comunidades de regiones que sufren escasez de lluvia y suelos poco fértiles en los estados de Nuevo León, Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí, Zacatecas e Hidalgo (Ramírez, 1995). En decir que la población del ejido que nos ocupa, efectivamente tiene una limitada gama de posibilidades de trabajo, las cuales se reducen a pastoreo y migración.

De la investigación y del análisis de datos pudo inferirse que la mayor dificultad que enfrenta el desarrollo de esta actividad, es la falta de recursos y elementos mercadotécnicos para dar a conocer sus productos derivados y para encontrar los canales de comercialización de los mismos. Los estados que aprovechan la lechuguilla en el ámbito industrial son Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas, donde se fabrican costales para maíz, café y otros productos agrícolas; los desperdicios se aprovechan como abrasivos en la industria del vidrio, y en la elaboración de filtros para automóviles, tapetes y alfombras (Ramírez, 1995), por lo que la industria podría ampliarse a estos rubros.

Otro elemento benéfico para esta iniciativa es el hecho de que La industria de fibras duras ha sido revalorada después de haber sido desplazada por los elementos plásticos, (Mayorga-Hernández et al., 2004). Así, las perspectivas actuales de comercialización de la fibra de lechuguilla son alentadoras, ya que existe un mercado nacional e internacional bien establecido y con una marcada tendencia al incremento de la demanda de fibras naturales. de igual forma, la explotación sostenible de la lechuguilla se refleja como un área de oportunidad, dado el hecho de que el 93 % de la producción nacional se destina a la exportación, por lo que existe un mercado interno por explotar y conquistar. además, México es el único país proveedor de esta materia prima (D. Castillo-Quiroz et al., 2011), por lo que se podrían generar certificados de autenticidad, de producción sostenible, de denominación de origen y hasta explorar la incorporación de patentes referentes a esta industria y a las relacionadas.

Actualmente, la demanda del Ixtle ha tenido un impacto en los precios de extracción de la materia prima, pasando de 22 pesos / kg en 2020 a 33-38 pesos / kg en 2022 y, considerando las características del aprovechamiento, el cual requiere de poca especialización en el trabajo, una tecnología media para su transformación, así como, prácticamente, insumos mínimos; es posible vislumbrar una ganancia superior a la generada por la ganadería y la agricultura (Vidal-Arias, 2003), mismas que podrían pasar a ser meramente de autoconsumo, generando posibilidad real de bienestar social. Las características, reflexiones y hechos concretos descritos anteriormente, sitúan a la lechuguilla como un elemento natural de diversificación de las actividades productivas en la región, de crecimiento económico con bienestar, de desarrollo de las fuerzas productivas y de profundización de conocimientos tradicionales, todo lo anterior en torno a la búsqueda de la sostenibilidad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de los datos mediante trabajo de campo, se realizó en el ejido Santa Rosa, municipio de Mazapil, Zacatecas. El área se encuentra inmersa en la subprovincia fisiográfica (SPF) Sierras Transversales (ST) (Cervantes-Zamora et al., 1990). En el territorio predominan los climas árido y semiárido, con temperatura media anual de 18 a 22°C, precipitación de 125 a 400 mm y, con extensiones reducidas tanto de clima muy árido y templado (SNIARN, 2005). La vegetación muestra adaptaciones a la aridez (Rzedowski, 1978) y los tipos, de acuerdo con su abundancia, son: 1) seca, compuesta por matorrales xerófilos (micrófilo, rosetófilo, crasicaule, chaparral, mezquite) en su mayor extensión, así como pastizal natural, vegetación halófila y pastizal gipsófilo y halófilo, 2) templada, compuesta por bosques de pino y, 3) antrópica, presente en áreas agrícolas, que en esta región es básicamente agricultura de temporal y pastizal inducido (INEGI, 2005a). La altitud fluctúa entre 1,239 a 3,166 msnm, en terrenos que van desde planos a escarpados (INEGI, 2008).

Levantamiento de datos dasométricos y monitoreo de biodiversidad. Para estimar la cantidad de plantas de lechuguilla con potencial aprovechable, se determinó la superficie en donde las especies son abundantes; para esto se llevó a cabo un inventario con el levantamiento de sitios circulares con un radio de 12.62 m y una superficie de 500 m². Estos fueron trazados y determinados mediante el uso del software QGIS 3.16.0. Para su ubicación en campo se utilizaron geoposicionadores (GPS) marca Garmin, modelos Etrex 10 y Etrex 20. El método de muestreo fue aleatorio simple.

Para obtener datos de biodiversidad se realizó un muestreo distribuyendo puntos en la totalidad de la superficie ejidal y se utilizó el monitoreo comunitario de la biodiversidad (BIOCOMUNI), el cual, de acuerdo con CONAFOR (2018), es una herramienta de participación social que contribuye a la construcción colectiva del inventario de los recursos naturales y al conocimiento de su estado de conservación. Esta herramienta ha sido capaz de proveer de conocimientos técnicos útiles a diversos territorios del país, y ha logrado materializar la intención de impulsar a las poblaciones para que, a través del acceso a información de calidad, puedan tomar decisiones sobre el manejo y conservación de su territorio. El monitoreo comunitario contribuye además a generar información útil para evaluar el alcance de los programas de incentivos para la conservación y el buen manejo del territorio y también puede potenciar la recopilación de información periódica, sistemática y de calidad para los sistemas nacionales de monitoreo (CONAFOR, 2018).

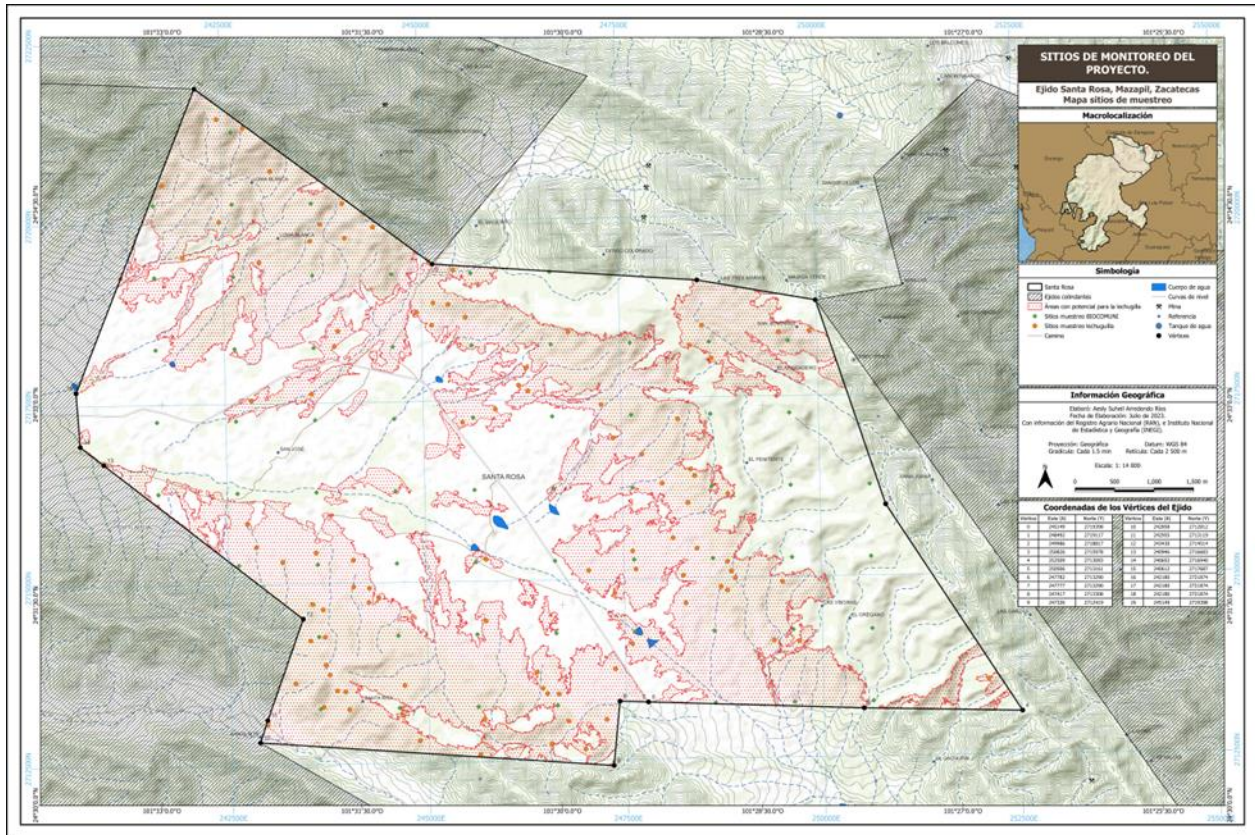


Figura 1. Sitios de monitoreo de la biodiversidad y sitios de muestreo para la obtención de datos volumétricos de *Agave lechuguilla*

Encuesta de Capital Social.- Para establecer la conexión entre el capital social, sus dimensiones y estrategias de potenciamiento con la pobreza, es indispensable abordar el tema de la distribución social del capital social. La literatura especializada sustenta, en general, la hipótesis de que esta forma de capital tiene, al igual que otras formas de capital como es el caso del capital económico o del capital humano, una determinada distribución en la sociedad, de modo tal que no todos los grupos en una sociedad dada tienen la misma dotación de capital social (Atria et al., 2003). Esta encuesta es una herramienta que permite reconocer y evaluar el capital social de los ejidos en donde es aplicada. La encuesta tiene como objetivo describir las condiciones en las que se encuentra la comunidad en diferentes rubros y medir la situación en la que se desarrollan actualmente como sociedad.

Encuesta socioeconómica.- La encuesta socioeconómica se realizó con base en el manual de Ordenamiento Territorial Comunitario de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2015). Se utiliza dicho manual por que considera una serie de variables estudiadas y analizadas y utilizadas para la formulación de los diferentes programas sociales que oferta.

Encuesta específica de lechuguilla.- La estructuración de la encuesta de lechuguilla se realizó con base en la Encuesta Nacional Agropecuaria.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado del monitoreo de biodiversidad, se observaron 92 especies agrupadas en 33 familias y 71 géneros, de las cuales siete especies se encuentran bajo algún estatus de protección de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010; 33 especies se encuentran en la Lista Roja de la

Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y 20 especies en alguno de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. Se realizó el análisis de capacidad de carga, resultando en una capacidad de soportar 218 Unidades Animales por año, cifra que es rebasada sin lugar a duda por los ejidatarios, ya que cuentan con cerca de 500 cabezas de ganado bovino y 500 de ganado caprino. Se obtuvieron datos socioeconómicos precisos del ejido, al realizar el levantamiento de información en la totalidad de las casas, actualizando los datos del censo 2020. La encuesta de capital social plantea un índice de capital humano de 68.

Las principales actividades productivas del ejido son la agricultura de temporal, la ganadería, y el aprovechamiento de los recursos forestales no maderables como la lechuguilla, la palma samandoca, el cortadillo y ocasionalmente la gobernadora y el piñón. La agricultura que se desarrolla dentro del ejido es principalmente para el autoconsumo de las familias de la localidad, producen maíz, frijol y trigo. También producen avena y sorgo para utilizarse como pastura para el ganado, por lo que no se deriva derrama monetaria de esta actividad. La mayor parte de los ejidatarios se dedican a la ganadería, desarrollándola de manera desordenada y sin planes de desarrollo sustentable. Así, es posible apreciar los efectos que genera el sobrepastoreo en los terrenos que se utilizan para agostadero dentro del ejido. Este cuenta con aproximadamente 500 cabezas de ganado bovino y 500 cabezas de ganado caprino, sobrepasando la capacidad de carga del terreno.

Debido a que el ganado tiene condiciones fisionómicas deficientes, el costo/beneficio que produce la ganadería es básicamente incipiente. La crianza para venta de estos animales, genera, como ya se ha mencionado, un desgaste del suelo difícil de reparar en ocasiones irreversible, así como un amplio uso del agua, de por sí de un difícil acceso, en la hidratación de ganado que, por otra parte no genera un desarrollo óptimo debido a las condiciones adversas a su nutrición, por lo que su venta no necesariamente es redituable para el productor. La actividad ganadera, por otro lado, se desarrolla en una superficie de 4,000 ha., ocupando y degradando una amplia superficie del ejido. Cerca de 5 familias desarrollan actividades de aprovechamiento de recursos forestales no maderables. Durante todo el año se realiza el tallado de lechuguilla.

Cuentan con una Unidad de Manejo Ambiental, para el aprovechamiento cinegético de jabalí, venado y que no se había operado desde su registro, por lo que se apoyó en el cambio de técnico y a la regularización de los informes anuales ante SEMARNAT con el fin de incentivar el funcionamiento de la UMA. Estas líneas económicas, proyectadas racionalmente y en consonancia con las necesidades e inquietudes de la población, ampliarían la visión y la capacidad de desarrollar actividades productivas relacionadas con el aprovechamiento sostenible de los recursos biológicos con los que cuenta el ejido.

CONCLUSIONES

El sobrepastoreo, originado por la ganadería extensiva, es un factor de presión que acelera la degradación del suelo. Lo afecta de manera directa debido al pisoteo continuo, y de manera indirecta a través de la pérdida o degradación de la cubierta vegetal que lo deja expuesto a los agentes erosivos (agua y viento). La degradación del suelo tiene efectos negativos en los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos de los ecosistemas. En un terreno donde la capacidad de carga es rebasada, el ganado será de baja calidad y el terreno sufrirá daños irreversibles. Es necesario implementar distintas herramientas de manejo sustentables, que permiten mejorar la producción ganadera sin afectar la biodiversidad ni los suelos y generando bienestar social. El aprovechamiento de la lechuguilla, entonces, puede incentivar estos deseables procesos.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA TOTAL Y POR COMPONENTE MORFOLÓGICO EN TRIGO VARIEDAD VALLES YIELD OF TOTAL DRY MATTER AND OF MORPHOLOGICAL COMPONENTS IN WHEAT CULTIVAR VALLES

Pablo Alfredo Domínguez-Martínez^{1,2*}, Sergio Iban Mendoza-Pedroza¹, Humberto Vaquera-Huerta³, José Isidro Alejos-de la Fuente⁴, Glafiro Torres-Hernández¹ y Arturo Pro-Martínez¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad - Ganadería. Carretera México - Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, México. C.P. 56264.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5, Durango Dgo. México. C.P. 34170.

³Colegio de Postgraduados - Campus Montecillo. Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática - Estadística. Carretera México - Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

⁴Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Carretera México - Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230.

*Autor por correspondencia: dominguez.pablo@inifap.gob.mx

RESUMEN

El rendimiento de materia seca total y por componente morfológico son claves para comprender la forma en que las plantas crecen. El objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento de materia seca total y por componente morfológico en trigo variedad Valles. El trigo variedad Valles y otros cuatro cereales de grano pequeño se sembraron (120 kg de semilla pura germinable ha⁻¹), con un arreglo de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las variables registradas fueron altura de planta, altura comprimida, rendimiento de materia seca (MS), composición morfológica de la materia seca y radiación interceptada. Los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de los 35 días después de la siembra (DDS) y concluyeron cuando el cultivo interceptó 95 % de la radiación (75 DDS). La dinámica de acumulación de MS Total en función de los DDS se puede representar a través de un modelo lineal, al igual que MS Total vs altura comprimida de la planta. La relación entre la altura de la planta y MS Total se ajusta a un modelo sigmoide. Además, el acopio de MS en los distintos componentes morfológicos también obedece a un modelo sigmoide. Los tallos aportan 60 % de la MS al rendimiento total 75 DDS; mientras que las hojas contribuyen con 24 % y el material senescente con 4 %.

Palabras clave: dinámica de crecimiento, forraje, radiación interceptada

ABSTRACT

Total dry matter yield and morphological composition are key to understand the way plants grow. The objective of this study was to determine the yield of total dry matter and by morphological component in wheat variety Valles. The Valles wheat variety and four other small-grain cereals were sown (120 kg of pure germinable seed ha⁻¹), in a complete randomized block arrangement

with three replicates. The recorded variables were plant height, compressed height, dry matter (DM) yield, morphological composition of dry matter and intercepted radiation. Samplings were carried out every 15 days starting 35 days after sowing (DAS) and concluded when the crop intercepted 95 % of the radiation (75 DAS). The dynamics of accumulation of Total DM as a function of the DAS can be represented through a linear model, like Total DM vs. compressed height of the plant. The relationship between plant height and Total DM fits a sigmoid model. In addition, the collection of DM in different morphological components also obeys a sigmoid model. The stems contribute 60 % of the DM to the total yield 75 DAS, while the leaves contribute with 24 % and the senescent material with 4 %.

Keywords: forage, growth dynamics, intercepted radiation

INTRODUCCIÓN

El rendimiento de materia seca total y por componente morfológico son claves para comprender la forma en que las plantas crecen. Esta información permite identificar el papel de cada componente (hoja, tallo, inflorescencia y material senescente) y su aporte al rendimiento y calidad del forraje (Wilson-García et al., 2020). La dinámica de acumulación de biomasa en cada especie obedece a un patrón único y habrá modelos matemáticos capaces de describir este fenómeno. Esto es de utilidad en el proceso de selección de especies y variedades forrajeras con adaptación al lugar de interés (Sevilla et al., 2001). El momento óptimo para cosechar gramíneas forrajeras, es cuando las plantas interceptan 95 % de la radiación del sol (Hodgson, 1990; Da Silva y Do Nascimento, 2007; Da Silva y Hernández, 2010). En ese momento la planta posee la mayor proporción de hojas activas fotosintéticamente menor cantidad de hojas muertas o en senescencia. La altura y altura comprimida de las plantas se puede relacionar con el rendimiento de materia seca y el porcentaje de radiación interceptada, de tal forma que este último parámetro tenga utilidad en campo. El objetivo del presente estudio fue determinar el rendimiento de materia seca del trigo variedad Valles cuando la planta intercepta 95 % de la radiación, conocer el aporte que cada componente morfológico hace al rendimiento total y encontrar modelos de regresión lineal y no lineal que describan la dinámica de acumulación de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El 23 de septiembre de 2022 se estableció un lote experimental en Montecillo, Texcoco, Estado de México. El trigo variedad Valles y otros cuatro cereales de grano pequeño se sembraron (120 kg de semilla pura germinable ha⁻¹), con un arreglo de bloques completos al azar con tres repeticiones. En postemergencia se aplicó 1 L ha⁻¹ de ácido 2,4-diclorofenoxiacético para el control de malezas de hoja ancha. La fertilización aplicada fue 120-80-00 distribuida en dos eventos. Se suministraron cuatro riegos durante el periodo de estudio, con una lámina aproximada de 15 cm en cada uno.

Las variables registradas fueron altura de planta, altura comprimida, rendimiento de materia seca (MS), composición morfológica de la materia seca y radiación interceptada. Los muestreos se realizaron cada 15 días a partir de los 35 días después de la siembra (DDS) y concluyeron cuando el cultivo interceptó 95 % de la radiación (75 DDS). Se verificó que los datos cumplieran con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. Después, se probaron distintos modelos de regresión (lineal y no lineal) para encontrar el de mejor ajuste a las distintas relaciones que se estudiaron. Para elegir el modelo de mejor ajuste se consideró el coeficiente de determinación (R²),

error estándar de estimación (EEE) y criterio de información de Akaike (CIA) en los modelos no lineales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de MS Total se ajusta a un modelo lineal (Figura 1A). El coeficiente de determinación de dicha función indica que 99 % de la varianza observada en el rendimiento de MS Total es explicada por el número de DDS transcurridos. Se incrementa en 15 g el rendimiento de MS total por cada DDS que pasa. Con frecuencia se asume que el rendimiento de MS en función del tiempo obedece a una función sigmoide (Archontoulis y Miguez, 2015); sin embargo, en el presente estudio se encontró que se comporta de manera lineal. Por otra parte, el rendimiento de MS en función de la altura de la planta se comporta como una función sigmoide de tres parámetros (Figura 1B). La función sigmoide indica que el rendimiento estimado máximo de MS Total es de 746 g m^{-2} y que la tasa de acumulación de MS Total llega a su valor más alto 42 DDS. El rendimiento de MS Total con relación a la altura comprimida de la planta se comporta de manera lineal en el caso del trigo variedad Valles (Figura 1C). La función lineal indica que hay un aumento de 12.7 g por cada cm de altura comprimida adicional; mientras que, el coeficiente de determinación señala que la altura comprimida explica 99 % de la varianza en los datos de rendimiento de MS Total.

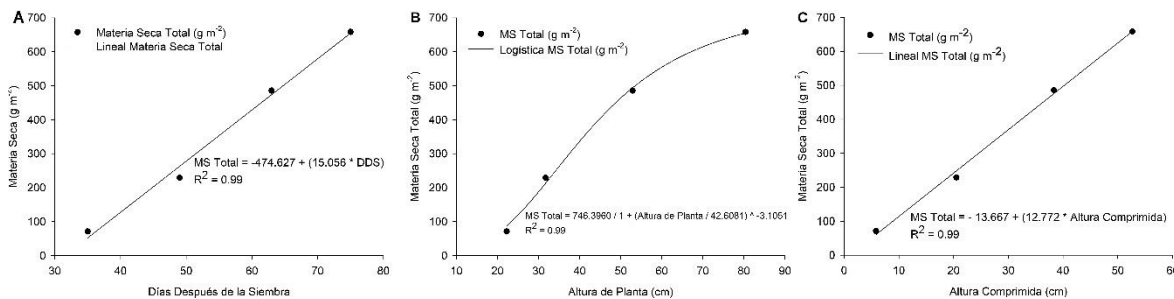


Figura 1. Dinámica de acumulación de materia seca total, en trigo variedad Valles, en función del número de días transcurridos después de la siembra (A), altura de la planta (B) y altura comprimida de la planta (C)

La MS en hoja, tallo y material senescente siguen la distribución de una función sigmoide (Figura 2A). Se observa que 75 DDS las plantas de trigo interceptan 95 % de la radiación. Los tallos hacen el mayor aporte (397 g m^{-2}) al rendimiento total de MS; mientras que, las hojas (155 g m^{-2}) y el material senescente (29 g m^{-2}) contribuyen en menor medida (Figura 2B). La proporción alta de tallos encontrada en este estudio coincide con los resultados obtenidos en la evaluación de 25 variedades de trigo en Colombia (Mancipe-Muñoz et al., 2021). El aporte de nutrientes y digestibilidad es mayor en hojas que en tallos y la proporción hoja:tallo tiende a disminuir con la madurez de la planta (Ball et al., 2001).

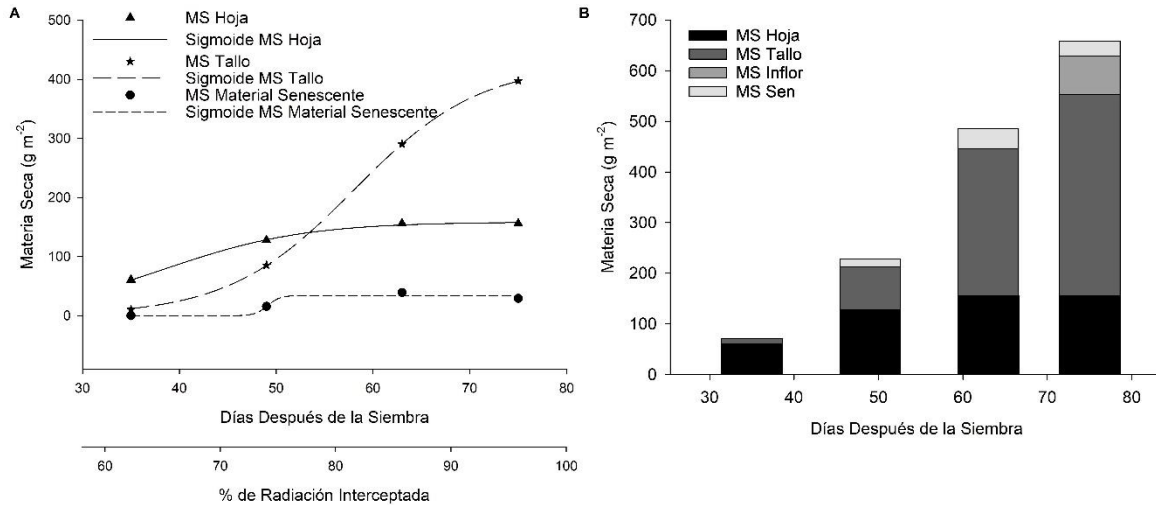


Figura 2. Dinámica de acumulación de materia seca en hoja, tallo y material senescente (A) y cambios en la composición morfológica de la materia seca (B) de trigo variedad Valles.

CONCLUSIONES

La dinámica de acumulación de MS Total en función de los DDS se puede representar a través de un modelo lineal, al igual que MS Total vs altura comprimida de la planta. La relación entre la altura de la planta y MS Total se ajusta a un modelo sigmoide. Además, el acopio de MS en los distintos componentes morfológicos también obedece a un modelo sigmoide. Los tallos aportan 60 % de la MS al rendimiento total 75 DDS; mientras que las hojas contribuyen con 24 % y el material senescente con 4 %.

LITERATURA CITADA

- Archontoulis, S. V., and Miguez, F. E. 2015. Nonlinear regression models and applications in agricultural research. *Agronomy J.* 107(2):786-798.
- Ball, D. M., Collins, M., Lacefield, G. D., Martin, N. P., Mertens, D. A., Olson, K. E., Putnam, D. H., Undersander, D. J., and Wolf, M.W. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL. p. 17.
- Da Silva, S. C., Do Nascimento, J. D. 2007. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zootec.* 36: 122-138.
- Da Silva, S. C., Hernández, G. A. 2010. Manejo del pastoreo en praderas tropicales. En Velasco-Zebadúa ME (Ed.) *Los Forrajes y su Impacto en el Trópico*. UNACH. Chiapas, México. pp. 63-95.
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management. Science into Practice*. Longman. Harlow, RU. 204 pp.
- Mancipe-Muñoz, E. A., Vásquez-Vanegas, J. E., Castillo-Sierra, J., Ortiz-Cuadros, R. E., Avellaneda-Avellaneda, Y., Vargas-Martínez, J. de J. 2021. Productividad y valor nutricional de forraje de cebada y trigo del trópico alto colombiano. *Agronomía Mesoamericana* 32(1):271-291.
- Sevilla, G. A., Pasinato, A., García, J. M. 2001. Curvas de crecimiento de forrajeras templadas irrigadas. *Arch. Latinoam. Anim. Prod.* 9: 91-98.
- Wilson-García, C. Y., López Zerón, N. E., Álvarez Vázquez, P., Ventura Ríos, J., Ortega Cerrilla, M. E., Venegas Ayala, M. I. 2020. Acumulación de forraje, composición morfológica e intercepción luminosa en Triticale 118 (X *Triticosecale* Wittmack). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas pub. esp. núm 24*:221-229.

DETERMINACIÓN DE LA RESPUESTA ELECTROFISIOLÓGICA DE LENTEJA EN PASTIZALES UTILIZANDO ARDUINO

Luis Fuentes Martínez¹, Viktor Rodríguez Abdala¹, Diana Ortiz Esquivel¹, José Ortega Sigala¹, Claudia Sifuentes Gallardo¹, Mario Cleva², Oscar Cruz Dominguez³ y Héctor Durán Muñoz^{1*}

¹Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Centro, 98000.

²Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Facultad Regional Resistencia. Chaco.

³Universidad Politécnica de Zacatecas. Parque Industrial, Fresnillo, México.

Autor por correspondencia: hectordura3@gmail.com

RESUMEN

La importancia de la señal eléctrica en las plantas radica en que a través de ella se puede analizar el estrés hídrico que se genera en las plantas por la sequedad del suelo. Por lo tanto, los cambios en las variables ambientales generan modificaciones en la señal eléctrica que se genera en el sitio de estimulación. Entonces, la señal eléctrica que genera una planta puede ser útil como sensor robusto para traducir información compleja del medio ambiente, es decir, una planta puede ser considerada como biosensor. Incluso la señal eléctrica generada por las plantas puede proporcionar información valiosa para monitorear las condiciones ambientales, como la contaminación del aire. Además, en comparación con los sistemas de monitoreo tradicionales, el uso de biosensores tiene la ventaja de mostrar el impacto real de contaminantes en organismos, proporcionando así datos adicionales. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue implementar un sistema electrónico basado en Arduino para determinar la respuesta electrofisiológica de la lenteja en pastizales. Entre los principales resultados de este trabajo se encuentra el cambio de respuesta eléctrica de la planta con estimulación de luz ambiental.

Palabras clave: Arduino, crecimiento de plantas, electrofisiología vegetal y Lenteja.

ABSTRACT

The importance of the electrical signal in plants lies in the fact that through it the water stress that is generated in plants by dry soil can be analyzed. Therefore, changes in environmental variables generate modifications in the electrical signal that is generated at the stimulation site. Then, the electrical signal generated by a plant can be useful as a robust sensor to translate complex information from the environment, that is, a plant can be considered as a biosensor. Even the electrical signal generated by plants can provide valuable information for monitoring environmental conditions, such as air pollution. Furthermore, compared to traditional monitoring systems, the use of biosensors has the advantage of showing the real impact of contaminants on organisms, thus providing additional data. Therefore, the objective of this work was to implement an electronic system based on Arduino to determine the electrophysiological response of lentil in grasslands. Among the main results of this work is the change in the electrical response of the plant to the stimulation of ambient light.

Keywords: Arduino, plant growth, plant electrophysiology and Lentil.

INTRODUCCIÓN

En todos los seres vivos (animales, plantas, bacterias) existe presencia de actividad eléctrica. En las plantas existe una respuesta eléctrica de baja intensidad que se propaga desde la raíz hasta las hojas. La ciencia encargada de estudiar la presencia eléctrica de la actividad vegetal es la electrofisiología (Ndung'u et al., 2021). La técnica de electrofisiología vegetal puede resultar útil para determinar el estrés en plantas, para las cuales es necesario realizar mediciones sobre la planta, además de colocar pequeños electrodos, los cuales se insertan en diferentes tejidos a lo largo de toda la planta, desde la raíz hasta los frutos y son conectados a un sistema de medición de voltaje (Vetcha, 2021). Por ejemplo, a un multímetro, con la finalidad de medir las diferencias de potencial que se van generando a lo largo de la planta y poder determinar cómo viaja la señal eléctrica hacia la base o ápice de la planta, donde se generará una respuesta fisiológica característica para la condición a la cual está siendo expuesta. La respuesta fisiológica genera también un nuevo impulso eléctrico que viaja a otros órganos de la planta y puede ser detectado por los mismos electrodos (Ríos-Rojas et al., 2015). Es necesario que las mediciones se realicen en una jaula Faraday, esto es para evitar la interferencia de cualquier otro tipo de señal eléctrica y/o electromagnética cercana a las plantas en observación (Figura 1). Esto debido a que los impulsos eléctricos detectados en la planta son de baja intensidad y duración.

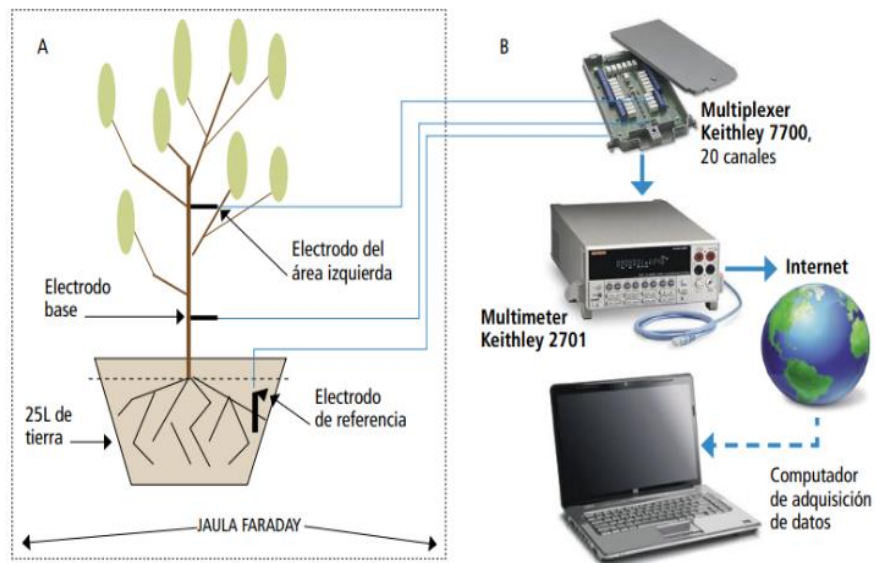


Figura 1. Esquema de conexión

Por ejemplo, estudios recientes han relacionado cuantitativamente cambios de voltaje (mV) entre la raíz y la hoja de una planta y se han asociado estos cambios en el contenido hídrico del suelo. Así como modificaciones de la intensidad luminosa y modificaciones en la disponibilidad de nutrientes. Permitiendo detectar condiciones de estrés y así incrementar la productividad de los

cultivos en forma significativa. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la respuesta electrofisiológica de lenteja (*lens culinares*), con la finalidad de caracterizar su señal eléctrica. Para posteriormente identificar causas de estrés en dicha planta mediante su respuesta electrofisiológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

La primera etapa de este trabajo consistió en analizar la lenteja (*Lens culinaris*), siendo una planta herbácea, es decir, que tiene las características de la hierba. Pertenecce a la familia de las *fabaceae* o *papilionaceae*, es una legumbre que crece en una envoltura conocida como vaina que contiene una o dos semillas. Son fijadoras de nitrógeno, este es un proceso de transformación del N₂ atmosférico relativamente no reactivo, a través de la simbiosis de unas bacterias del género *Rhizobium leguminosarum*. Su proceso de germinación se distingue por las siguientes tres etapas. La primera consiste en la hidratación, donde se produce una absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Este incremento es acompañado por un aumento proporcional en la actividad respiratoria. La segunda etapa de este trabajo consistió en la germinación, que produce las transformaciones metabólicas para el desarrollo de la plántula (planta en sus primeras fases de desarrollo). Aquí la absorción del agua se reduce. La tercera etapa es la de crecimiento, en la cual se ven cambios morfológicos.

Además, la absorción de agua vuelve a aumentar, al igual que la actividad respiratoria. Respecto a sus requerimientos edafoclimáticos, esta se adapta de manera adecuada a condiciones agroclimáticas. Requiere una temperatura que oscila entre los 6°C a 28°C y precipitaciones anuales de 260 a 850 mm. Le desfavorecen las nevadas y rocíos. En las exigencias del suelo el cultivo de la lenteja requiere un suelo con un pH entre 5.5 a 8. Es un cultivo sensible a la salinidad, así pues, los suelos con presencia de sal se presentan como un obstáculo para la productividad del cultivo de lentejas. Requiere suelos profundos, frescos, ricos en materia orgánica y sueltos. No tolera los suelos encharcados y mal drenados.

Del proceso de germinado se obtuvo la lenteja, para lo cual fue necesario lavarla y enjuagarla en 3 ocasiones. Después se humedecieron los algodones y se colocaron en los contenedores. Finalmente se agregaron las lentejas y se taparon los contenedores dejando las ventilaciones abiertas. El proceso de germinación se muestra en la Figura 2, en donde se presenta desde el día 1 hasta el día 15.

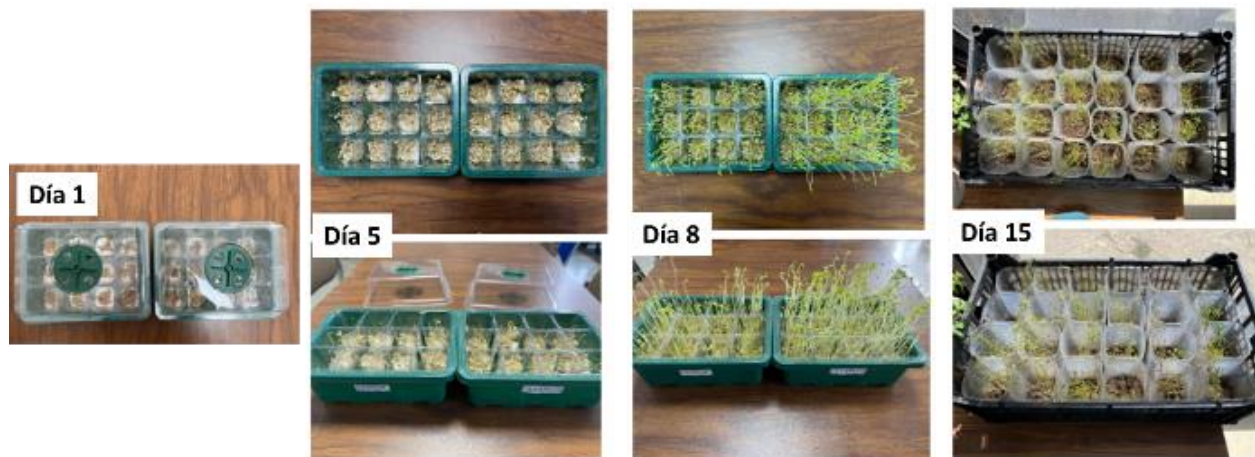


Figura 2. Proceso de germinación de lenteja (*Lens Culinaris*)

La longitud de las plantas fue medidas en el día 27 (Figura 3), teniendo una longitud de 15 cm.



Figura 3. Proceso de germinación de lenteja (*Lens Culinaris*).

Por otro lado, para poder realizar las mediciones de electrofisiología se implementó un arreglo electrónico sencillo (Figura 4). Dicho arreglo es sumamente económico y fácil de armar.

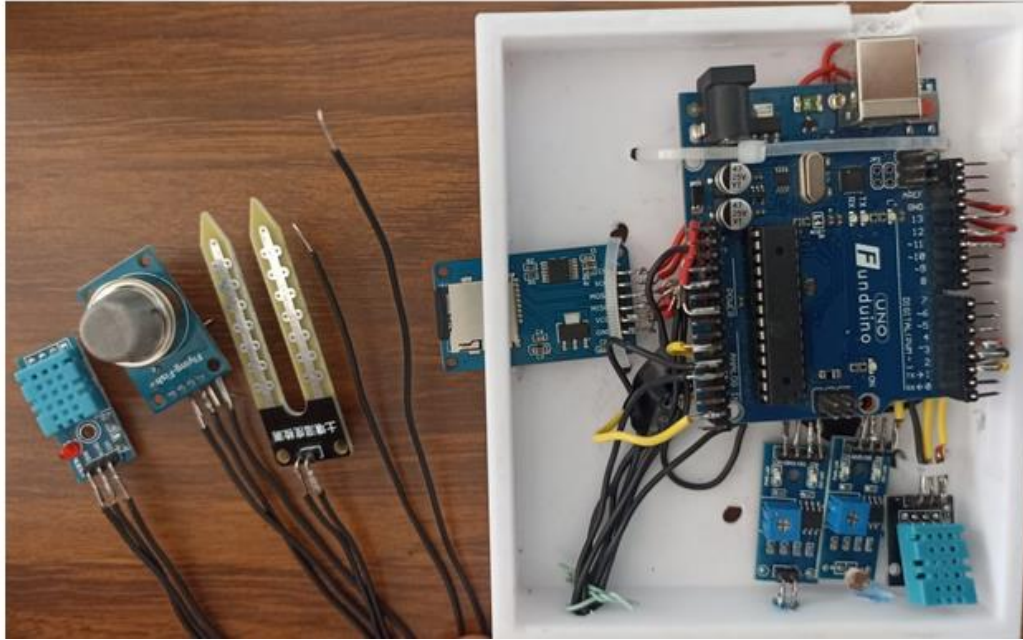


Figura 4. Arreglo electrónico utilizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el uso del arreglo experimental utilizado (Figura 4), se obtuvieron los primeros resultados preliminares, los cuales muestran una actividad electrofisiológica parecida entre cada planta de lenteja. En la Figura 5-i) se muestra la respuesta electrofisiológica de tres distintas plantas, las cuales son parecidas. Para estas plantas las condiciones de iluminación ambiental fueron normales. Mientras que las plantas de la Figura 5-ii) fueron expuestas a una menor cantidad de luz solar, muestran una menor respuesta electrofisiológica.

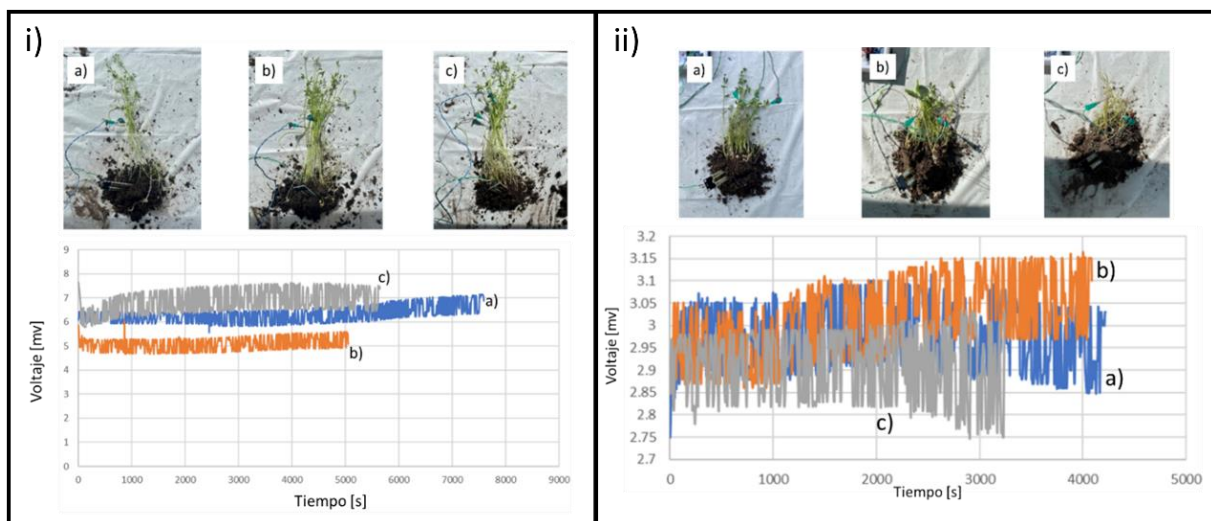


Figura 5. i) Respuesta electrofisiológica con luz. ii) Respuesta electrofisiológica sin luz

CONCLUSIONES

La técnica de electrofisiología puede llegar a ser una útil herramienta para determinar el estado de estrés que puede llegar a tener una planta bajo condiciones ambientales adversas. Además de ser una técnica sencilla de implementar. Finalmente, el costo del arreglo electrónico es bajo comparado con equipos comerciales, por lo que resulta idóneo para determinar si alguna planta se encuentra bajo estrés hídrico.

LITERATURA CITADA

- Ndung'u Ruth Wairimu, Kamweru Paul Kuria, Kirwa Abraham Tuwe. 2021. Action and variation potential electrical signals in higher plants. African Journal of Biological Sciences. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.3.1.2021.1-18>
- Ríos-Rojas Liliana, Morales-Moraga David, alcalde Jose and Luis A Gurovich. 2015. Use of plant woody species electrical potential for irrigation scheduling. Plant Signaling & Behavior 10:2, e976487; <http://dx.doi.org/10.4161/15592324.2014.976487>
- Vetcha Satya Lalitha Samhita. 2021. A Review on Plant Signal Processing. 7th International Conference on Advanced Computing & Communication Systems (ICACCS). 978-1-6654-0521-8 ©2021 IEEE

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE VEGETACIÓN Y SUELO ASOCIADO A ÍNDICES GENERADOS POR SENSORES REMOTOS

J. Judith Esquivel-Marín¹, Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez^{2*}, Rómulo Bañuelos-Valenzuela¹, Israel Casas-Flores², Luis Roberto Reveles-Torres²

¹Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAZ), Kilómetro 31.5 Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, 98500 General Enrique Estrada, Zac.

²INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas, Apartado Postal Núm. 18, Víctor Rosales, Calera, Zacatecas.

*Autor por correspondencia: echavarria.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El presente trabajo evaluó el uso de sensores remotos para la observación de manejo de suelo y cobertura vegetal en el análisis de la conservación y medio ambiente por medio de imágenes en investigaciones ambientales. Para obtener la información, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado equipado con una cámara multiespectral. Se evaluaron seis diferentes alternativas de manejo de vegetación nativa y prácticas de conservación de suelos y su asociación con los índices NDVI (Índice Normalizado de Vegetación) y el OSAVI (Índice de Vegetación Ajustado al Suelo), con la intención de valorar los tratamientos de acuerdo con los índices mencionados. Se encontró que tanto el NDVI como el OSAVI presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). El NDVI mostró al tratamiento 2 con valores medios mayores, el cual es una condición con los pastos nativos navajita (*Bouteloua gracilis*) y banderilla (*Bouteloua curtipendula*), mientras que el OSAVI favoreció al tratamiento 3, que es la condición de suelo sin laboreo por más de 15 años, lo que indica que el uso de vehículos no tripulados con cámara multiespectral, pueden contribuir al monitoreo del estado y condición del suelo. Esto es útil para la conservación de áreas afectadas por elementos naturales, de la actividad humana o en sitios de pastoreo.

Palabras Clave: Dron, conservación de suelo, NDVI, OSAVI.

ABSTRACT

The present work evaluated the use of unmanned aerial vehicles for the observation of soil management and vegetation cover in conservation and environmental analysis through images in environmental research. A multispectral camera placed in an unmanned aerial vehicle was used, in order to obtain the information. Six different native vegetation management alternatives and soil conservation practices were evaluated and their association with the NDVI (Normalized Vegetation Index) and OSAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) indices, with the intention of evaluating the treatments according to the mentioned indices. Both, the NDVI and the OSAVI showed significant differences ($P < 0.05$). The treatment 2, using the NDVI index, produced the higher average values, such treatment is a condition with the native grasses navajita (*Bouteloua gracilis*) and banderilla (*Bouteloua curtipendula*). At the other hand, the OSAVI favored treatment 3, which correspond to the soil condition without tillage by more than 15 years. The results indicates that the use of unmanned vehicles and multispectral camera, can contribute to monitoring the state and condition of the soil. This may be useful for the monitoring of areas affected by natural elements, human activity or grazing sites.

Keywords: Drone, soil conservation, NDVI, OSAVI.

INTRODUCCIÓN

Al día nacen alrededor de 200 mil personas a nivel mundial, así que la expectativa para el año 2050 se estima que la población mundial conseguirá los 9600 millones de humanos. Esto dará como resultado una gran demanda de alimentos, que sólo puede satisfacerse mediante un mayor rendimiento de los cultivos (Raj et al., 2021). Por lo tanto, el progreso y la modernización del sector agrícola se convierte en la necesidad imperante. Por esa razón, la tecnología ha progresado a un ritmo exponencial, entre otros adelantos, han traído consigo múltiples progresos, donde los vehículos aéreos no tripulados son un claro ejemplo de ello (Hafeez et al., 2022). Los vuelos aéreos no tripulados, también comúnmente llamados drones, tienen la característica de no utilizar un piloto en el interior, por lo que ésta es guiada por un individuo o sistema electrónico externo, que resuelve en cada momento los pasos a seguir (Putra et al., 2021). Los índices espectrales para el estudio de la vegetación tienen una larga historia en el uso de la agricultura de precisión, es por ello que el uso de vehículos aéreos no tripulados para el monitoreo de cubiertas vegetales son una herramienta cada vez más popular utilizada por agrónomos y ecologistas de pastizales y se han convertido en un componente importante de la agricultura moderna. Un gran número de índices se han generado en los últimos años para monitorear la vegetación por sensores remotos, la mayoría de ellos basados en combinaciones algebraicas de reflectancia en el espectro visible y las bandas de cercano infrarrojo (Steven, 2019). Un índice de vegetación es una combinación matemática de dos o más de esas bandas espectrales que aumenta el contraste entre la vegetación (que tiene una alta reflectancia) y el suelo desnudo o suelo laboreado u otras características como la biomasa, el vigor, la densidad etc. Las labores de supervisión de la biomasa y las condiciones de la cobertura vegetal de los pastizales en estudios de campo pueden llevar mucho tiempo y ser costosas, especialmente en regiones grandes y semiáridas donde la productividad por unidad de superficie suele ser baja y muy variable de un año a otro. Los usos de imágenes espectrales derivadas mediante los índices espectrales obtenidos de los vehículos aéreos no tripulados, son de interés para los monitoreo de pastizales como un medio más rentable de medir las características, la biomasa y la extensión de vegetación. Finalmente, este tipo de estudios no requieren de tanto mano de obra, son económicos, rápidos y confiables.

Las imágenes obtenidas de los vuelos aéreos no tripulados sobre la vegetación, se obtiene a partir de la información colectada en las imágenes en el rango de infrarrojos y espectrales visuales, cuyas relaciones algebraicas producen los índices. Las características de las imágenes expresadas por los índices, proporcionan información sobre la salud de las plantas y vegetación de una manera que no se ve a simple vista (Faiçal et al., 2014; Hafeez et al., 2022). Dos de esos índices son, el índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) o el índice de vegetación ajustado al suelo optimizado (OSAVI), así como otros índices más (van der Merwe et al., 2020). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permite identificar el nivel de estrés del cultivo y la posible presencia de enfermedades y/o problemas de desarrollo en el cultivo (Berrio *et al.*, 2018). El índice de vegetación OSAVI es un SAVI (índice de vegetación ajustado por suelo) modificado que también utiliza la reflectancia del infrarrojo cercano y el rojo, y se diferencian entre sí porque el OSAVI tiene en cuenta el factor de ajuste del fondo del Dosel (0.16). Dicho ajuste permite al OSAVI una mayor sensibilidad cuando la cobertura del dosel supera el 50%, como en el caso de un pastizal denso. (Eos data analytics, 2022).

El presente estudio tiene como objetivo analizar el uso de los índices NDVI y OSAVI para valorar su correlación con las diferentes condiciones de suelo. Para ello se compararon cinco diferentes alternativas de manejo de vegetación nativa y prácticas de conservación de suelos con la finalidad de valorar la asociación de los dos índices generados con vuelos no tripulados con las características sobresalientes que cada índice puede explicar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio y metodología.- El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatecas (INIFAP), ubicado en los 22° 54' de latitud norte y 102° 39' de longitud oeste y altitud de 2,197 m, con una temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación media anual de 416 mm, la cual se presenta en mayor proporción en verano (junio a septiembre). Se utilizaron diez hectáreas de suelo con diferentes grados de laboreo y manejo. Se dividió en franjas de 6 surcos de 76 cm y en los bordes de cada franja, se establecieron especies de arbustos (*Atriplex canescens*), sotol (*Dasylirium cedrosanum*), nopales (nopal forrajero), con la finalidad de servir de guía para mantener el surco y a su vez, el de proteger el suelo de la erosión eólica. Dentro de las franjas se establecieron pastos navajita (*Bouteloua gracilis*) y banderilla (*Bouteloua curtipendula*), otras franjas se usaron para establecer cultivos anuales como frijol, maíz o cereales. El sitio fue establecido en el año 2007 con fines de evaluar opciones tecnológicas para la reconversión, programa que consistía en regresar tierras que no eran aptas a su vocación, es decir, regresar las tierras a su uso original de pastizal para el pastoreo. Los tratamientos son los siguientes:

Tratamiento 1. Consta de 9 franjas de 6 surcos y en los bordes se establecieron plantas de costilla de vaca (*Atriplex Canescens*), fue pastoreado durante cuatro años.

Tratamiento 2. Posee 6 franjas, en los bordes de cada franja se establecieron plantas de sotol. Dentro de cada franja se establecieron pastos nativos (navajita y banderilla).

Tratamiento 3. Posee 4 franjas, en los bordes de cada franja se establecieron plantas de costilla de vaca (*Atriplex canescens*) No ha sido laboreado y presenta vegetación nativa.

Tratamiento 4. Posee 11 franjas, y en los bordes de cada franja se establecieron plantas de sotol. Se ha laboreado anualmente con diversos cultivos anuales. Se han agregado al suelo abonos orgánicos, como son la composta, abonos verdes e incorporación de residuos de cosecha.

Tratamiento 5. Posee 11 franjas, y en los bordes de cada franja se estableció plantas de nopal forrajero de 16 diferentes variedades. Se ha laboreado anualmente con diversos cultivos como lo son (frijol maíz, avena, cebada, etc.) y se realiza laboreo continuo.

Tratamiento 6. Es una superficie sin curvas, con laboreo esporádico y establecimiento de cultivos anuales. Se utilizó como testigo.

Descripción de índices.- Índice Normalizado de Vegetación (NDVI). Este índice es la relación de la diferencia entre la reflectancia de una banda de infrarrojo cercano y una banda roja dividido entre la suma de ellas. Es el indicador más utilizado para valorar el contenido de clorofila en la vegetación y refleja la salud de la misma. Este índice se utiliza para monitorizar el crecimiento y la cobertura de vegetación. Su fórmula es la siguiente: $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$. La escala va de -1 a 1 con el valor cero representando el valor aproximado donde empieza la ausencia de vegetación. Los valores negativos representan superficies sin vegetación. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (OSAVI): Este índice está basado en NDVI, el cual elimina el impacto de las condiciones del suelo en los índices de vegetación, su fórmula es la siguiente: $OSAVI = (NIR - RED) / (NIR + RED + 0.16)$.

Muestreo.- Se usó una cuadrícula virtual de 20 m de separación lo que generó 898 puntos y sus coordenadas. En cada punto se generó un área buffer de 10 cm de diámetro y se estimó el valor del centroide. Se eligieron los puntos donde se detectaba suelo desnudo, para no elevar los valores de los índices y solo hacer referencia al suelo. Una vez elegidos los puntos de muestreo, estos sirvieron para alimentar un programa de obtención de valores de cada uno de los índices, utilizando el programa "R studio" (R CORE TEAM 2020).

Análisis estadístico.- Los valores obtenidos de cada índice fueron analizados mediante un análisis de varianza, para lo que utilizó un diseño jerárquico o anidado y la prueba de comparación de medias de tukey, usando el programa SAS (SAS, 2013).

RESULTADOS

De acuerdo con los análisis de varianza realizado, se encontró que, en el caso de ambos índices, (NDVI y OSAVI) se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$). Al revisar los valores medios del NDVI, éste, favorece al tratamiento 2, seguido del 3, 1, 6, 5 y 4. (Figura 1). También se puede apreciar que los tratamientos 2 y 3 son iguales, seguido del tratamiento 1, y a su vez son iguales el tratamiento 6, 5 y 4. En este caso, la imagen fue obtenida en junio de 2022 y posterior a un periodo de 8 meses sin lluvia, lo que reduce la cobertura y mejora la evaluación del estado del suelo. Se asocian los valores altos de NDVI a la condición de rebrote del pasto, que, a pesar de seleccionar puntos de suelo desnudo, pudiera encontrarse alrededor, ya que se utilizó una estimación del centroide de un área buffer de 10 cm de diámetro, lo cual pudiera incluir algunos vestigios de vegetación, lo que hace este indicador, menos apto para evaluar el suelo (Meneses et al., 2016; Sinde et al., 2020). En relación al OSAVI, éste favorece al tratamiento 3, seguido de tratamiento 2 y 6. Como se observa en la Figura 1 derecha. Dado que este índice fue diseñado para detectar características del suelo, al seleccionar el tratamiento 3, el cual se refiere al tratamiento de suelo inalterado, permite identificar a este índice como una herramienta capaz de identificar condiciones de suelo no perturbado, tal como se ha venido haciendo en el tratamiento 3, durante más de quince años sin laboreo (Fern et al., 2018).

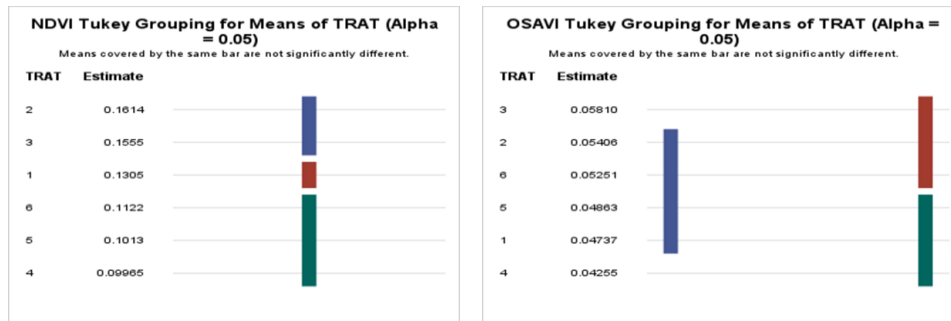


Figura 1. Comparación de medias del NDVI y del OSAVI

CONCLUSIONES

La información obtenida a partir de las imágenes con vuelos no tripulados es de utilidad para identificar características del suelo, las cuales pudieran estar asociadas al manejo y conservación del mismo, tal como es el caso del OSAVI. Respecto al índice NDVI, este va dirigido hacia la identificación del estado de salud y condición de la vegetación y al compararse con el OSAVI, no coincidieron en la selección del tratamiento de manejo de suelo, identificando condiciones diferentes. El uso de vehículos no tripulados, pueden contribuir al monitoreo del estado y condición del suelo. Esto es útil para el monitoreo de áreas, que apoyen la conservación por elementos naturales y de la actividad humana.

LITERATURA CITADA

Berrio, V., Alzate, D. A., Ramón, J. A., Ramón, J. L. 2018. Sistema de optimización de las técnicas de planificación en agricultura de precisión por medio de drones. *Revista Espacios*, 39(45). <https://www.revistaespacios.com/a18y39n45/18394518.html>.
 EOS DATA ANALYTICS. 15 -11-2022. Índices de vegetación y su aplicación en la agricultura digital. <https://eos.com/es/industries/agriculture/msavi/>

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Faiçal, B. S., F.G. Costa, G. Pessin, J. Ueyama, H. Freitas, A. Colombo, P.H.Fini, , L. Villas, F.S. Osório, P. A. Vargas, T. Braun, T. 2014. The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks for spraying pesticides. *Journal of Systems Architecture*, 60(4), 393–404. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.sysarc.2014.01.004>
- Fern, R. R., E.A. Foxley, A. Bruno, M.L. Morrison, 2018. Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland. *Ecological Indicators*, 94, 16–21. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.029>
- Hafeez, A., M.A. Husain, S.P. Singh, A. Chauhan, M. Tauseef K, N. Kumar, A. Chauhan, S.K.Soni. 2022. Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.02.002>
- Putra, A. N., W. Kristiawati, D.C. Mumtazydah, T. Anggarwati, R. Annisa, D.H. Sholikah, D. Okiyanto, Sudarto. 2021. Pineapple biomass estimation using unmanned aerial vehicle in various forcing stage: Vegetation index approach from ultra-high-resolution image. *Smart Agricultural Technology*, 1, 100025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100025>
- Raj, M., S. Gupta, V. Chamola, A. Elhence, T. Garg, M. Atiquzzaman, M., D. Niyato. 2021. A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0. *Journal of Network and Computer Applications*, 187, 103107. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnca.2021.103107>
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SAS INSTITUTE. SAS system for Windows. Version 9.3 (TS1M2) Cary: SAS Institute. 2013.
- Sinde, I., M. Gil, J. Grefa, D. Yáñez, M. Arza-García. 2020. Estimación del rendimiento del pasto mediante ndvi calculado a partir de imágenes multiespectrales de vehículos aéreos no tripulados (uav). *Revista Geoespacial*, 17, 25–38. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v17i1.1640>
- Steven, M. D. 1998. The sensitivity of the OSAVI vegetation Index to observational parameters. *Remote Sens Environ* 63: 49-60
- van der Merwe, D., D.R. Burchfield, T.D. Witt, K.P. Price, A. Sharda. 2020. *Chapter One - Drones in agriculture* (D. L. B. T.-A. in A. Sparks, Ed.; Vol. 162, pp. 1–30). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/bs.agron.2020.03.001>

REVISIÓN DE ARREGLOS ELECTRÓNICOS PARA LA DETECCIÓN DE LA RESPUESTA ELÉCTRICA EN PASTIZALES

Luis Fuentes Martínez¹, Sodel Vazquez-Reyes¹, Ramiro Esquivel Félix², Juan Badillo-De Loera¹, Ernesto Sandoval¹, Ismael de la Rosa¹, Gamaliel Moreno Chávez¹ y Héctor Durán Muñoz^{1*}

¹Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma de Zacatecas, Centro, 98000

²Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas. Carr. Zacatecas - Cd Cuauhtémoc Km 5.

Autor por correspondencia: hectordura3@gmail.com

RESUMEN

Durante décadas, se ha investigado acerca de la señal eléctrica que generan las plantas, dichas señales son importantes para varias actividades fisiológicas de las plantas, como la fotosíntesis. Las señales eléctricas en plantas son generadas por un desequilibrio en las concentraciones de iones. Las señales eléctricas en las plantas se pueden dividir en tres tipos: potencial eléctrico local, potencial de acción y potencial de variación. La respuesta eléctrica de las plantas a los estímulos ambientales puede medirse y relacionarse cuantitativamente con la intensidad de la fuente estimulante, como la radiación solar, el contenido de agua del suelo, etc. Mediante la señal eléctrica en plantas es posible analizar el estrés hídrico que se genera en plantas a razón de sequedad en el suelo. Por tanto, los cambios de las variables ambientales generan modificaciones en la señal eléctrica, la cual se genera en el sitio de estimulación. Es decir, la señal eléctrica que genera una planta puede ser útil como biosensor y actuar como un sistema de monitoreo, por ejemplo, para monitorear la calidad del aire. Finalmente, para adquirir la señal eléctrica en plantas se han desarrollado distintos arreglos electrónicos, en este trabajo se realiza una breve revisión de algunos arreglos electrónicos reportados para determinar la señal eléctrica en plantas.

Palabras clave: Arduino, crecimiento de plantas, electrofisiología vegetal.

ABSTRACT

For decades, the electrical signal generated by plants has been investigated, such signals are important for various physiological activities of plants, such as photosynthesis. Electrical signals in plants are generated by an imbalance in ion concentrations. Electrical signals in plants can be divided into three types: local electrical potential, action potential, and variation potential. The electrical response of plants to environmental stimuli can be measured and quantitatively related to the intensity of the stimulating source, such as solar radiation, soil water content, etc. Through the electrical signal in plants, it is possible to analyze the water stress that is generated in plants due to dryness in the soil. Therefore, changes in environmental variables generate modifications in the electrical signal, which is generated at the stimulation site. That is, the electrical signal generated by a plant can be useful as a biosensor and act as a monitoring system, for example, to monitor air quality. Finally, to acquire the electrical signal in plants, different electronic arrangements have been developed. In this paper, a brief review of some electronic arrangements reported to determine the electrical signal in plants is carried out.

Keywords: Arduino, plant growth, plant electrophysiology.

INTRODUCCIÓN

Durante décadas, se ha investigado acerca de la señal eléctrica que generan las plantas, dichas señales son importantes para varias actividades fisiológicas de las plantas, como lo es la fotosíntesis. Las señales eléctricas en plantas son generadas por un desequilibrio en las concentraciones de iones, es decir, el movimiento de los iones genera una diferencia de potencial. Las señales eléctricas pueden transmitirse entre los órganos y tejidos de las plantas debido a los cambios inducidos por un estímulo específico y que se propaga a través de las membranas de las células adyacentes (Volkov y Ranatunga, 2006). Las señales eléctricas en las plantas se pueden dividir en tres tipos: potencial eléctrico local (LEP), potencial de acción (AP) y potencial de variación (VP). LEP es una respuesta por debajo del umbral, y es inducida por un cambio en factores ambientales (por ejemplo, suelo, agua, fertilidad, luz, temperatura y humedad del aire). Aunque LEP solo se genera localmente y no es transferido a otras partes de la planta. A diferencia de AP como VP, se pueden transmitir desde el sitio estimulado a otras partes de la planta (Ren, 1993). La principal diferencia entre el potencial de acción (AP) y potencial de variación (VP) es que el potencial de acción se desencadena por estímulos no invasivos, mientras que el potencial de variación se desencadena por estímulos invasivos y depende de la posición e intensidad de la lesión (Vodeneev, et al 2015).

La respuesta eléctrica de las plantas a los estímulos ambientales puede medirse y relacionarse cuantitativamente con la intensidad de la fuente estimulante, como la radiación solar, el contenido de agua del suelo, las tasas de evapotranspiración, flujo de savia, etc. (Ríos-Rojas et al., 2015). Mediante la señal eléctrica en plantas es posible analizar el estrés hídrico que se genera en plantas a razón de sequedad en el suelo (Ríos-Rojas et al., 2015). Por tanto, los cambios de las variables ambientales generan modificaciones en la señal eléctrica, la cual se genera en el sitio de estimulación (Volkov, 2000; Volkov et al., 2004). Es decir, la señal eléctrica que genera una planta puede ser útil como sensor robusto y actuar como un sistema de monitoreo. También, el monitoreo de varios parámetros relacionados con el crecimiento de las plantas de cultivo (fitomonitoreo) a gran escala es de gran interés para la agricultura (Cadosch, 2011). Además, la señal eléctrica puede proporcionar información valiosa para el monitoreo de las condiciones del medio ambiente, tal como contaminación atmosférica. Es decir, una planta puede ser utilizada como biosensor para monitorear la calidad del aire (Dolfi, 2015). Finalmente, para adquirir la señal eléctrica en plantas se han desarrollado distintos equipos, en este trabajo se presenta un breve resumen de los dispositivos reportados en la literatura.

Revisión de arreglos electrónicos. Las técnicas de medición para determinar la señal eléctrica en plantas pueden ser de manera extracelular, intracelular, medición del canal iónico basada en la técnica patch-clamp y la técnica no invasiva de sonda vibratoria de microelectrodo (Xiaofei, 2009). Para obtener la señal eléctrica de una planta normalmente se realiza la siguiente metodología: Primero, se configuran las conexiones de la planta. Segundo, se registra la señal eléctrica obtenida. Tercero, se amplifica la señal. Cuarto, se convierte la señal en forma de onda. Alternativamente, la señal eléctrica puede clasificarse utilizando técnicas de “machine learning”. Sin embargo, el método tradicional para medir el potencial es mediante el uso de electrodos en la superficie de las plantas (Vodeneev, et al 2015). El electrodo de vidrio se insertó en el vástago utilizando un micro

manipulador bajo un microscopio de disección. El electrodo se introdujo de 1 a 2 mm en el tallo justo a través de la primera capa celular. Las señales eléctricas se obtuvieron con un Neuroprobe amplifier, y se conectaron a un ordenador mediante un convertidor AD (Figura 1-a). Mientras que el diagrama esquemático del montaje para la adquisición digital de la diferencia de voltaje extracelular entre el pecíolo de la hoja y la base del tallo se presenta en la Figura 1-b).

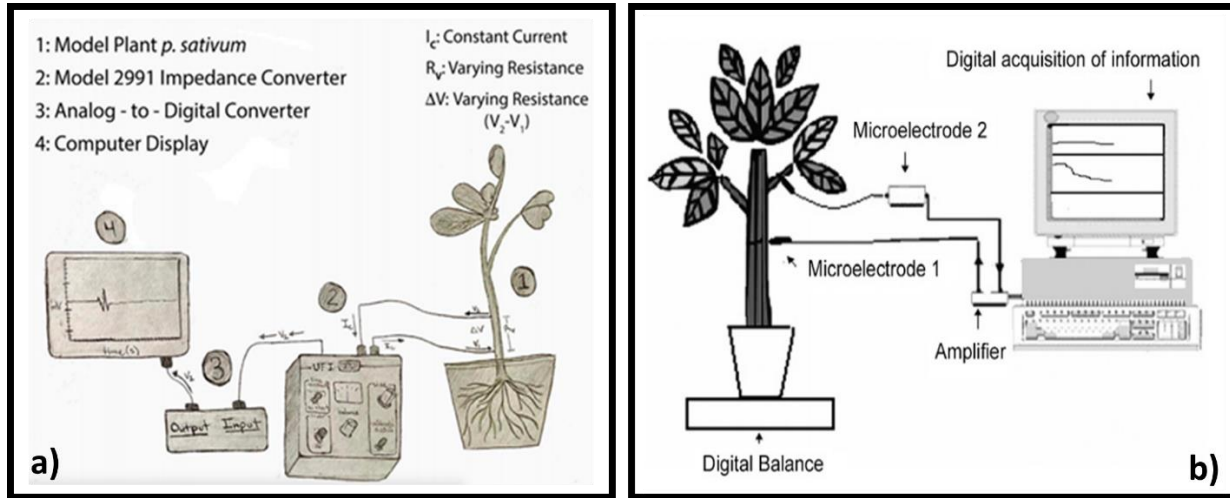


Figura 1. a) Arreglo electrónico propuesto por Robin Lewis Cooper para determinar la respuesta eléctrica en relación al daño mecánico (Cooper et al., 2022). b) Diagrama esquemático del montaje para la adquisición digital de la diferencia de voltaje extracelular registrada entre el pecíolo de la hoja y la base del tallo (DVL-S) (Gil et al., 2008).

Existen reportes de arreglos experimentales a partir de electrodos de contacto. Por ejemplo, se ha determinado los potenciales superficiales extracelulares en plantas de aguacate. En donde se colocaron electrodos de contacto superficial en el tallo, a 20 cm por encima de la superficie del suelo, y en el pétalo de la hoja, situado en el tercio inferior de la copa de la planta. La configuración del sistema es relativamente sencilla y se presenta como una configuración de medición entre la hoja y el tallo. Los resultados obtenidos demuestran que un cambio repentino en el contenido de agua del suelo inducido por el secado de la raíz y el rehidratado fue acompañado por un cambio lento y significativo en la señal registrada. Por otro lado, se ha propuesto el diseño de un sistema para la adquisición de la señal eléctrica (Mirella et al., 2021), en donde se diseña una etapa de acondicionamiento de la señal mediante la propuesta de un amplificador y filtrado de la señal. Este arreglo electrónico considera un sensor de calidad del aire MQ-135 que se emplea para medir el CO_2 en el ambiente en partes por millón ppm. Todos ellos fueron conectados a un microcontrolador ATmega2560. Según el autor la frecuencia de muestreo es importante para adquirir la señal eléctrica. Una frecuencia de entre 40 y 100 Hz que es lo que comúnmente se suele implementar en plantas. Además, el uso de una celda de Faraday también es indispensable para la medición de la señal eléctrica (Figura 2-a). Para medir la señal eléctrica en plantas también se ha reportado el uso del voltímetro Keithley (Figura 2-b) con una precisión y ganancia de amplificador similar, y se transmite información cada 15 minutos vía WiFi a un servidor de Internet (Ríos-Rojas et al., 2015).

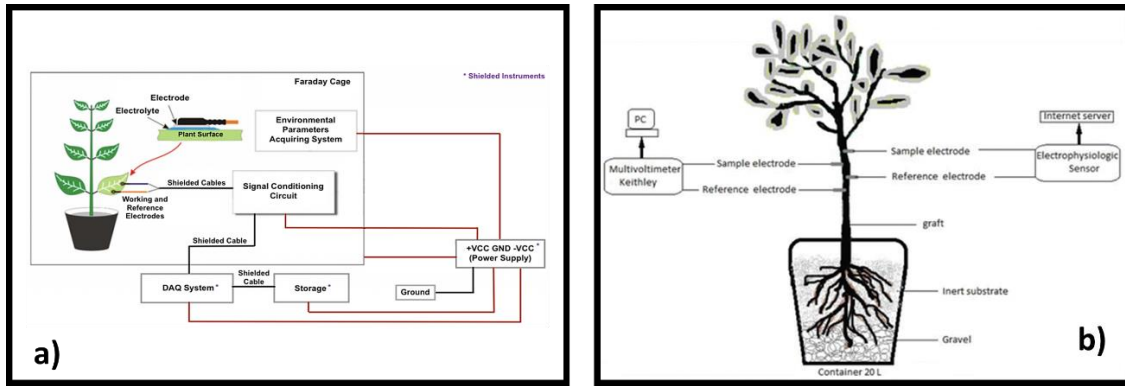


Figura 2. Diagrama esquemático para la adquisición de la señal eléctrica en plantas.

Por otro lado, existen sistemas de adquisición de biopotenciales portables. Este tipo de arreglos experimentales, permite realizar mediciones de forma rápida y ágil. Son arreglos electrónicos que surgen a partir de la necesidad de estudiar la relación entre los factores ambientales y las señales eléctricas en las plantas, además de ser relevante para la investigación de la fisiología vegetal (Liz et al., 2015). Adicionalmente se han propuesto arreglos electrónicos en árboles, consistiendo en insertar dos electrodos en cada tronco lignificado a 20 cm (electrodo de referencia) y 30 cm (electrodo de medición) por encima del injerto. Cada electrodo consta de una varilla sólida de acero inoxidable, conectada a un conductor de cobre de 0,5 mm, protegida de las fluctuaciones de la humedad relativa del aire por una cinta plástica autoadhesiva flexible. Cada circuito eléctrico está conectado a un amplificador-multi voltímetro (Keithley, modelo 2701), provisto de dos placas multiplexoras de 20 canales modelo 7700, con el terminal positivo para el electrodo de medida y el terminal negativo para el electrodo de referencia, en sus puntos de inserción ‘alto’ (H) y ‘bajo’ (L), Figura 3-a.

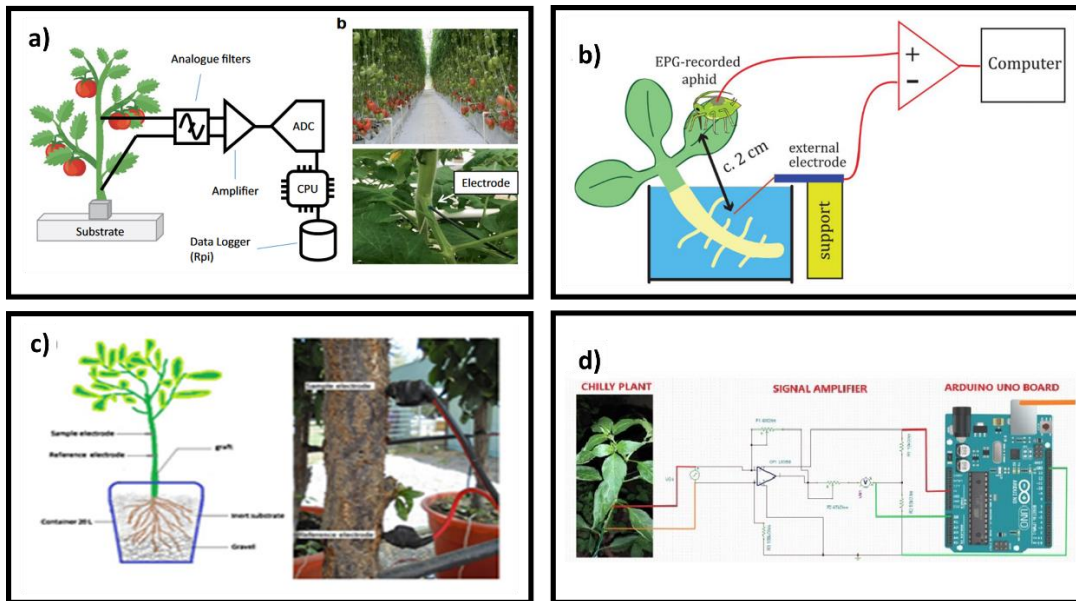


Figura 3. a) Inserción de electrodos en el tronco de un árbol (Tran et al., 2019). b) Arreglo experimental para detección de plagas (Salvador-Recatal et al., 2016). c) Inserción de electrodos en el tronco de un árbol. d) Arreglo experimental utilizando Arduino (Pranav & Ganesan, 2020).

También existen arreglos electrónicos para medir el potencial eléctrico en plantas de aloe vera. Y que permiten realizar la medición de la señal eléctrica de forma relativamente sencilla. Por ejemplo, Peng Lean Chong y Col., en 2019, muestran un arreglo electrónico bastante simple para adquirir la señal eléctrica del aloe vera (Figura 4), en donde se utiliza un multímetro.

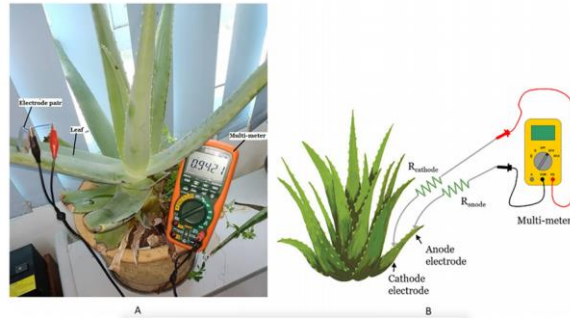


Figura 4. Arreglo electrónico para la adquisición de la señal eléctrica en aloe vera (Chong et al., 2019).

El arreglo muestra el uso de un multímetro de alta precisión conectado en serie con un par de electrodos hechos de manera manual. Los electrodos constan de cobre como cátodo y zinc como electrodo anódico.

CONCLUSIONES

La técnica de electrofisiología es una herramienta que puede ser implementada con electrónica de bajo costo, y que resulta de gran ayuda para monitoreo de plantas en invernaderos, así como para el monitoreo de condiciones atmosféricas o de contaminación en pastizales. Esta técnica es sencilla de implementar. Finalmente, el costo del arreglo electrónico es bajo comparado con equipos comerciales, por lo que resulta idóneo para determinar si alguna planta se encuentra bajo estrés de condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

- Bala Naga Pranav S, Ganesan M. 2020. Plant Signal Extraction and Analysis with the influence of Sound Waves. 5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES). <https://doi.org/10.1109/ICCES48766.2020.9138033>
- Cooper, R. L., M. A. Thomas, and D. N. McLetchie. 2022. Impedance Measures for Detecting Electrical Responses during Acute Injury and Exposure of Compounds to Roots of Plants. *Methods Protoc.*, vol. 5, no. 4, p. 56, doi: <https://doi.org/10.3390/mps5040056>
- Gil, P. M. L. Gurovich, B. Schaffer, J. Alcayaga, S. Rey, and R. Iturriaga. 2008. Root to leaf electrical signaling in avocado in response to light and soil water content. *J. Plant Physiol.*, vol. 165, no. 10, pp. 1070–1078. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.07.014>
- Ndung'u Ruth Wairimu, Kamweru Paul Kuria, Kirwa Abraham Tuwe. 2021. Action and variation potential electrical signals in higher plants. *African Journal of Biological Sciences*. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.3.1.2021.1-18>
- Mirella M. de O. Carneiro, Milena F. Pinto, Aline G. Manhaes and Mauro S. dos Reis. Development of a Low Complexity System to Measure Electrical Signals in Plants. 2021. Sociedade Brasileira de Automática (SBA). XV Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente - SBAI. <https://doi.org/10.20906/sbai.v1i1.2559>

- Li, T. Z. Y. Wang, D. J. Zhao, L. Huang, and Z. Y. Wang. 2016. Development of a portable multi-channel system for plant physiological signal recording,” *Inf. Process. Agric.*, vol. 3, no. 2, pp. 124–132. doi: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2016.05.001>
- Peng Lean Chong, Ajay Kumar Singh & Swee Leong Kok. 2019. Characterization of Aloe Barbadensis Miller leaves as a potential electrical energy source with optimum experimental setup conditions. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218758>
- Ríos-Rojas, Liliana, David Morales-Moraga, José A. Alcalde & Luis A Gurovich. 2015. Use of plant woody species electrical potential for irrigation scheduling. *Plant Signaling & Behavior*. Volume 10. <https://doi.org/10.4161/15592324.2014.976487>
- Ríos-Rojas Liliana, Morales-Moraga David, alcalde José and Luis A Gurovich. 2015. Use of plant woody species electrical potential for irrigation scheduling. *Plant Signaling & Behavior* 10:2, e976487; <http://dx.doi.org/10.4161/15592324.2014.976487>
- Salvador-Recatal, Vicenta. 2016. The AKT2 potassium channel mediates NaCl induced depolarization in the root of *Arabidopsis thaliana*. *Plant Signaling & Behavior*, 11:4. <http://dx.doi.org/10.1080/15592324.2016.1165381>
- Tran, D., & Fabien Dutoi. 2019. Electrophysiological assessment of plant status outside a faraday cage using supervised machine learning. *1Scientific RepoRtS*. 9:17073. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53675-4>

EFECTOS DEL PASTOREO SOBRE EL PASTIZAL EN SIERRA RICA, APFF CAÑÓN DE SANTA ELENA, CHIHUAHUA
EFFECTS OF GRAZING ON GRASSLAND IN SIERRA RICA, APFF SANTA ELENA CANYON, CHIHUAHUA

Alondra Jazmín Galindo Rocha¹, Christian Jatzareth Simental Fisher¹, Carlos Enrique Aguirre Calderón^{1*}, Francisco Javier Hernández¹, Benedicto Vargas Larreta¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto. Calle Tecnológico # 101, Col. La Forestal, C.P. 34942, El Salto, Dgo.

*Autor por correspondencia: caguirre@itelsalto.edu.mx

RESUMEN

La actividad más importante que se practica de forma tradicional en el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena es la ganadería extensiva. Para conocer los efectos del pastoreo sobre la vegetación del pastizal se establecieron 30 sitios de muestreo (sitios sin pastoreo, n=15; sitios con pastoreo, n=15), utilizando la metodología planteada en el BIOCUMUNI. Se obtuvieron indicadores de abundancia, densidad, riqueza, diversidad y valor de importancia ecológica a partir del número de especies, número de individuos y frecuencia, así como la diversidad alfa y beta. Los índices de similitud, diversidad y equidad se consiguieron a partir de la comparación de los sitios con presencia y sin presencia de pastoreo. Se registraron 54 especies herbáceas, de las cuales 45 se presentaron en sitios con pastoreo y 42 en sitios sin pastoreo. Los sitios sin pastoreo presentaron una diversidad y cobertura mayor a los sitios con pastoreo. La familia más representativa fue la *Poaceae* con 22 especies; el género con mayor número de especies fue *Eragrostis*, seguido de *Bouteloua* y *Notholaena*. De acuerdo al coeficiente de Jaccard, los sitios evaluados presentan un 28 % de similitud. En sitios con pastoreo la especie con mayor VIE fue *Machaerantera linearis* con 34.25% y en sitios sin pastoreo fue *Notholaena standleyi* con 25.38%.

Palabras clave: Abundancia, frecuencia, valor de importancia ecológica, diversidad alfa y beta.

ABSTRACT

The most important activity traditionally practiced in the Santa Elena Canyon Flora and Fauna Protection Area is extensive livestock farming. In order to know the effects of grazing on the grassland vegetation, 30 sampling sites were established (sites without grazing, n=15; sites with grazing, n=15), using the methodology proposed in the BIOCUMUNI. Indicators of abundance, density, richness, diversity and value of ecological importance were obtained from the number of species, number of individuals and frequency, as well as alpha and beta diversity. The similarity, diversity and equity indices were obtained from the comparison of the sites with and without the presence of grazing. 54 herbaceous species were recorded, of which 45 occurred in grazing sites and 42 in non-grazing sites. The sites without grazing presented a greater diversity and coverage than the sites with grazing. The most representative family was *Poaceae* with 22 species; the genus with the largest number of species was *Eragrostis*, followed by *Bouteloua* and *Notholaena*. According to the Jaccard coefficient, the evaluated sites present a 28% similarity. In sites with grazing, the species with the highest VIE was *Machaerantera linearis* with 34.25% and in sites without grazing it was *Notholaena standleyi* with 25.38%.

Keywords: Abundance, frequency, value of ecological importance, alpha and beta diversity.

INTRODUCCIÓN

La fragmentación de los ecosistemas representa una de las causas principales de pérdida de diversidad biológica a nivel global (Fahrig, 2003; Santos y Tellería, 2006). Uno de los factores que junto con el clima han sido señalados como determinantes primarios de la estructura, el funcionamiento y la susceptibilidad a la degradación de los ecosistemas es el pastoreo (Gaitán *et al.*, 2014). De acuerdo al Millenium Ecosystem Assessment (2005), más del 65% de las tierras áridas y semiáridas son utilizadas como fuentes de forraje para el ganado. La influencia de los grandes herbívoros sobre la estructura de la vegetación es compleja, ya que no sólo remueven una gran proporción de la biomasa aérea, sino que producen efectos directos e indirectos sobre la dispersión, el establecimiento, el crecimiento y la reproducción de las plantas (Belsky, 1986). El manejo tradicional del ganado ha provocado cambios en la estructura y la composición florística de la vegetación (León y Aguiar 1985; Peter *et al.*, 2012; Bar *et al.*, 2013), además ocasiona la pérdida de especies forrajeras nativas y disminuye la capa vegetal que cubre y protege el suelo. Sin embargo, los efectos del pastoreo son variables entre los ecosistemas, y dependen de factores tales como la identidad y densidad de los herbívoros, el régimen del pastoreo y el atributo o proceso del ecosistema considerado, y la interacción con el clima (Milchunas y Lauenroth, 1993). A pesar de que la interacción planta-animal es tan compleja, se tienen que diferenciar los principales efectos de la defoliación, el pisoteo y la deyección, a fin de comprender mejor los principios de manejo del pastoreo (Gaitán *et al.*, 2014). La actividad más importante que se practica de forma tradicional en el Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena es la ganadería extensiva, el uso del suelo en su mayor parte es como tierras de pastoreo y los recursos más utilizados son las especies de arbustivas y pastos forrajeros (SEMARNAT, 2013). Por lo anterior, esta investigación estuvo dirigida a estimar variables relevantes de la vegetación que permitan evaluar los efectos que el pastoreo tiene en la vegetación del pastizal. La información generada permitirá la toma de decisiones para la conservación y el uso sustentable de las especies vegetales del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en Sierra Rica, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena, en el municipio de Manuel Benavides, al noreste del estado de Chihuahua, ocupando una superficie de 4,464 ha (Figura 1). De acuerdo a Rzedowski (1983), la vegetación que cubre el área está formada por cuatro comunidades vegetales: vegetación ribereña, matorral desértico (micrófilo y rosetófilo), pastizal y bosque. Su composición y fisonomía varía con la topografía y tipo de suelo (SEMARNAT, 2013).

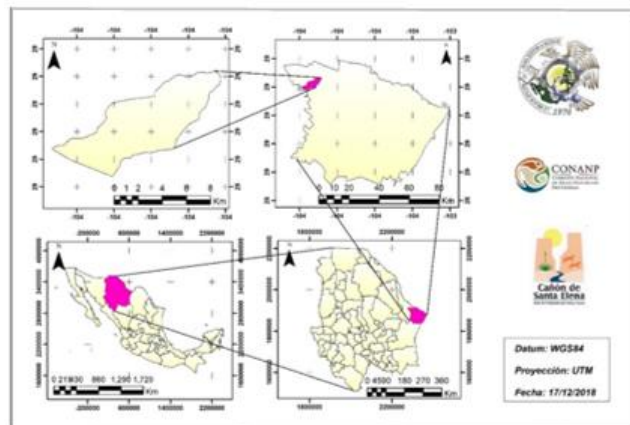


Figura 1. Localización del área de estudio

Este estudio se realizó de acuerdo a la metodología planteada en el Manual para trazar la unidad de muestreo en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018a), y en el Manual para muestrear la vegetación de bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas (FMCN, CONAFOR, USAID y USFS, 2018b); dichos manuales corresponden al Protocolo de Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad (BIOCOMUNI). Se establecieron 30 sitios distribuidos al azar en una superficie de 1500 ha en Sierra Rica. En cada sitio se estableció una unidad de 1000 m² y cuatro subunidades de 12.56 m² ubicadas al noreste, al noroeste, al sureste y al suroeste dentro de la unidad. Se identificó el tipo de vegetación herbácea y se estimaron los indicadores ecológicos relativos de abundancia (Ar), frecuencia (Fr) e Índice de Valor de Importancia Ecológica (VIE). Para la estimación de la diversidad alfa (α) se utilizó el índice de diversidad de Shannon y para la riqueza de especies se utilizó el índice de riqueza de Margalef. La diversidad beta (β) se calculó mediante el coeficiente de similitud de Jaccard. Para comparar abundancia, densidad y cobertura vegetal en sitios con y sin pastoreo, se utilizó un modelo completamente al azar y se realizaron pruebas de comparación de medias mediante pruebas de t para muestras independientes con el paquete estadístico Statistica^R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia de especies

En los sitios con pastoreo se registraron 2,183 individuos pertenecientes a 21 familias, 41 géneros y 55 especies. Siendo las tres especies herbáceas más abundantes *Machaeranthera linearis* con 442 individuos, *Bouteloua curtipendula* con 206 y *Aristida adscencionis* con 171 individuos. *Aloysia gratissima*, *Arbutus xalapensis*, *Berberis trifoliolata*, *Brickellia spinulosa*, *Castilleja lanata*, *Echinocactus sp*, *Echinocereus pectinatus*, *Hoffmannseggia drepanocarpa*, *Hylocereus undatus*, *Mammillaria heyderi* y *Taraxacum officinale* fueron las especies menos abundantes con un individuo cada una.

En los sitios sin pastoreo se registraron 2,662 individuos, los cuales representaron a 16 familias, 37 géneros y 49 especies. Las cuatro especies herbáceas más abundantes fueron *Notholaena standleyi* con 452 individuos, *Machaeranthera linearis* con 343, *Notholaena aurea* con 210 y *Bouteloua curtipendula* con 194 individuos. *Agave neomexicana*, *Aloysia gratissima*, *Brickellia spinulosa*, *Chrysactinia mexicana*, *Echinocereus reichenbachii*, *Hylocereus megalanthus*, *Hylocereus undatus* y *Pallaea antroporporea* fueron las menos abundantes con un individuo cada una.

Densidad de plantas.- En sitios con pastoreo la mayor densidad de plantas correspondió a *Machaeranthera linearis* con 3.68 ind m⁻², seguida de *Bouteloua curtipendula* con 1.72 ind m⁻² y *Aristida adscencionis* con 1.43 ind m⁻². *Aloysia gratissima*, *Arbutus xalapensis*, *Berberis trifoliolata*, *Brickellia spinulosa*, *Castilleja lanata*, *Echinocactus sp*, *Echinocereus pectinatus*, *Hoffmannseggia drepanocarpa*, *Hylocereus undatus*, *Mammillaria heyderi* y *Taraxacum officinale* fueron las menos abundantes con 0.01 ind m⁻² cada una. Para los sitios sin pastoreo las especies con mayor densidad fueron *Notholaena standleyi* con 3.77 ind m⁻², *Machaeranthera linearis* con 2.86 ind m⁻² y *Notholaena aurea* con 1.75 ind m⁻². *Agave neomexicana*, *Aloysia gratissima*, *Brickellia spinulosa*, *Chrysactinia mexicana*, *Echinocereus reichenbachii*, *Hylocereus megalanthus*, *Hylocereus undatus* y *Paellaea antroporporea* son las de menor densidad con 0.01 ind m⁻².

Cobertura vegetal.- Se obtuvo una cobertura de 60.15% en sitios sin pastoreo (con rangos de 34.2 a 95.7%) y 43.65% en sitios con pastoreo (con rangos de 27.5 a 80.2%).

Los resultados de la prueba de t de Student mostraron que no existe diferencia significativa en cuanto a abundancia y densidad de especies en sitios con y sin pastoreo. En cuanto a cobertura si hubo diferencia significativa en sitios con y sin pastoreo.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Estadísticos de la densidad de especies en sitios con y sin pastoreo

Parámetro	Sitios	N	Media	Desviación estándar	t	p
Abundancia	Con pastoreo	15	54.32	92.320	0.890	0.391
	Sin pastoreo	15	39.69	75.151		
Densidad	Con pastoreo	15	28.62	10.829	1.303	0.203
	Sin pastoreo	15	36.55	20.953		
Cobertura	Con pastoreo	15	43.65	16.880	2.795	0.010
	Sin pastoreo	15	60.15	15.413		

Diversidad alfa.- En sitios con pastoreo el índice de Margalef tuvo un valor de 7.69, lo que indica una riqueza alta de especies y una diversidad normal con un valor de 2.99 para el índice de Shannon. En sitios sin pastoreo el índice de Margalef obtuvo un valor de 6.08 y el índice de Shannon 2.97.

Diversidad beta.- De las 54 especies registradas 45 se presentaron en sitios con pastoreo y 42 en sitios sin pastoreo. Los sitios muestreados presentan una baja similitud (28%); en sitios con pastoreo la vegetación se encuentra conformada en su mayoría por *Machaeranthra linearis* seguida de *Bouteloua curtipendula* y *Aristida adscencionis*, las cuales representan las especies de mayor valor de importancia ecológica. Por otra parte, los sitios sin pastoreo están conformados por *Notholaena standleyi*, *Machaeranthra linearis* y *Bouteloua curtipendula*, cuyas especies representan mayor abundancia y alto valor de importancia ecológica. *Bouteloua curtipendula* es una especie muy apetecible por el ganado.

A pesar de que en los sitios de muestreo la vegetación natural se encuentra afectada por el pastoreo, algunas de las especies más palatables por el ganado se encuentran presentes en ambos sitios, tal es el caso de los géneros *Bouteloua* y *Aristida* que se encontraron mayor representadas en sitios con pastoreo. Las especies que presentaron aumento en sitios sin pastoreo fueron *Mulhenbergia emerleyi*, *Notholaena standleyi*, *Notholaena aurea* y *Viguiera stenoloba*. *Bouteloua gracilis*, *Machaeranthra linearis* y *Aristida adscencionis* presentaron mayor incremento en sitios con pastoreo. Las áreas evaluadas demostraron ser similares en cuanto a su abundancia y densidad, sin embargo, difirieron en cuanto a cobertura y composición florística (IJ=0.28).

CONCLUSIONES

Debido a que la ganadería es la actividad más importante que se realiza dentro del área, el pastoreo representa una amenaza para la vegetación de pastizal, ya que por tener al ganado solo en determinados sitios la regeneración de las plantas suele ser muy baja, consecuencia de la compactación del suelo que es provocado por el pisoteo del ganado. Se recomienda implementar mejoras en el manejo del pastoreo y realizar actividades de rehabilitación de áreas degradadas, esto con la rotación de ganado, teniendo en cuenta la topografía, así como también la evolución de los agostaderos.

LITERATURA CITADA

- Bar, L.M., C. Larreguy; A. L. Carrera; M. B. Bertiller. 2013. Changes in plant cover and function traits induced by grazing disturbance in and rangelands. *Acta Ecológica* 51:66-73.
- Belsky, A.J. 1986. Does herbivory benefit plants? A review of the evidence, *American Naturalist* 127:870-892.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Ann Rev Ecol Evol Syst.* 34:487-515.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Gaitán, J. J.; D. Bran; G. Oliva; F. Maestre; M. R. Aguiar; E. G. Jobbàgy. 2014. Vegetation structure is as important as climate for explaining ecosystems function across Patagonian rangelands. *Journal of Ecology* 102:1419-1428.
- León, R.; M. Aguiar. 1985. El deterioro por uso pastoril en estepas herbáceas patagónicas. *Phytocoenologia* 13(2): 181-196.
- Milchunas, D.G.; W. K. Lauenroth. 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs* 63(4): 327-66.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Wellbeing: Desertification Synthesis*. World Resources Institute. Washington, D.C.
- Molina, V. M.; M. Pando; E. Alanís; P. A. Canizales; H. González; J. Jiménez. 2013. Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(2): 361-371.
- Peter, G.; F. A. Funk; A. Loydi; A. I. Casalini; C. V. Leder. 2012. Variación de la composición y cobertura específicas del pastizal bajo diferentes presiones de pastoreo en el Monte Rionegrino. *Phyton* 81: 233-237.
- Santos, T.; J. L. Tellería. 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15(2); 3-12.
- SEMARNAT. 2013. Programa de Manejo del Área de Protección de Flora y Fauna Cañón de Santa Elena. 1ra edición. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México.

**GERMINACIÓN DE SEMILLA DE MARIOLA (*Parthenium incanum*) BAJO
CONDICIONES CONTROLADAS EN TRES REGIONES DEL DESIERTO
CHIHUAHUENSE**

**GERMINATION OF MARIOLA SEED (*Parthenium incanum*) UNDER CONTROLLED
CONDITIONS IN THREE REGIONS OF THE CHIHUAHUAN DESERT**

Juan Carlos Ávila Román¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹,
Francisco J. Gutiérrez-Piña¹, Alberto Muro-Reyes¹, Alejandro Espinoza-Canales¹, Daniel García-
Cervantes^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.

*Autor de correspondencia: daniel.garciac@uaz.edu.mx

RESUMEN

La germinación de semillas de arbustivas forrajeras de zonas áridas y semiáridas ha sido poco estudiada. El objetivo de esta investigación fue determinar el porcentaje de germinación de Mariola (*Partenium incanum*) con diferentes métodos físicos, químicos y biológicos de escarificación. La recolección de semillas se llevó a cabo en tres diferentes zonas del desierto chihuahuense: Cañitas de Felipe Pescador y Villa de Cos, Zac.; y Ojinaga, Chihuahua. La toma de semilla se realizó directamente de la planta extrayendo sólo la semilla madura con la mano. Se procedió a contar 100 semillas para utilizarlas por repetición en cada tratamiento, bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron I) testigo (control), II) agua a 80 °C durante 10 minutos, III) incubación con líquido ruminal por 24 h, IV) incubación con líquido ruminal por 48 h, y V) escarificado físico con lija y escofina. Las semillas fueron sometidas a los tratamientos, se procedió a colocarlas en charolas de plástico con sustrato comercial, de allí se pusieron a germinar durante 35 días, regándolas diario, y se realizó el conteo de plantas germinadas mediante observación directa. El tratamiento que obtuvo mejor resultado fue el escarificado físico con lija y escofina. Con esto se puede concluir que la escarificación manual (lijado) es mejor que cualquier otra forma evaluada en el presente experimento, lo que ayuda a comprender las bajas tasas de germinación natural para arbustivas y la protección física natural de las semillas.

Palabras clave: Arbustiva, escarificación, vegetación, sequía.

ABSTRACT

Seed germination of forage shrubs in arid and semi-arid areas has been little studied. The objective of this research was to determine the germination percentage of Mariola (*Partenium incanum*) with different physical, chemical and biological methods of scarification. Seed collection was carried out in three different areas of the Chihuahuan desert: Cañitas de Felipe Pescador and Villa de Cos, Zac.; and Ojinaga, Chihuahua. Seed collection was carried out directly from the plant, extracting only the ripe seed by hand. 100 seeds were counted to be used per repetition in each treatment, under a completely randomized design. The treatments were I) witness (control), II) water at 80 °C for 10 minutes, III) incubation with rumen fluid for 24 h, IV) incubation with rumen fluid for 48 h, and V) physical scarification with sandpaper and rasp. The seeds were subjected to the treatments, they were placed in plastic trays with commercial substrate, from there they were germinated for 35 days, watering them daily, and the germinated plants were counted by direct observation. The treatment that obtained the best result was the physical scarification with sandpaper and rasp. With this it can be concluded that manual scarification (sanding) is better than any other form evaluated

in the present experiment, which helps to understand the low natural germination rates for shrubs and the natural physical protection of the seeds.

Keywords: Shrub, scarification, vegetation, drought.

INTRODUCCIÓN

La vegetación del norte de México presenta un gran número de especies nativas de importancia económica. Por lo cual, es deseable el uso de estas especies autóctonas para recuperar la cubierta vegetal y aprovechar su aporte a la sustentabilidad (Melgoza-Castillo *et al.*, 2007; Jurado *et al.*, 2009). Además de estar adaptadas a las condiciones ambientales de la zona, lo cual hace posible aprovechar los procesos naturales que llevan al restablecimiento de la vegetación original (Sosa *et al.*, 2014). La mariola (*Partenium incanum*) es un arbusto perenne nativo de México tolerante a sequía y temperaturas extremas, generalmente crece en lugares rocosos, pastizales, orillas de camino, matorrales xerófilos, especialmente en áreas perturbadas y suelos calichosos; con buen valor forrajero durante el rebrote y floración, puede alcanzar hasta un 16 % de proteína cruda. Es un forraje de emergencia durante los periodos de seca cuando no hay pasto, al igual que es de uso medicinal e industrial, así como también para la recuperación de suelos degradados.

Se utiliza en varios estados de México para tratar enfermedades gástricas, entre ellas; constipación, diarrea, mala digestión y dolor de estómago, incluso se usa para tratar afecciones hepáticas (Kane *et al.*, 2006). La germinación es un proceso crucial en el ciclo de las plantas; conociendo y manejando este proceso, tenemos la posibilidad de reproducir y quizás rescatar las especies vegetales de interés sobre todo aquellas que se encuentren amenazadas o vulnerables (Salazar *et al.*, 2019). Actualmente, los esfuerzos de restauración de ecosistemas deteriorados cobran cada día mayor importancia en México, lo que ha propiciado la necesidad de estudiar el comportamiento de la germinación de las semillas y favorecer su producción para lograr la regeneración y protección de estas áreas. Por lo anterior, es importante la realización de investigación y el desarrollo de proyectos productivos, tendientes a encontrar métodos para aprovechar, conservar, proteger y fomentar el aprovechamiento inteligente de esa enorme diversidad que existe en el país, lo que a su vez repercute en el mejoramiento de las oportunidades y calidad de vida de los pobladores de estas regiones. El objetivo del presente trabajo fue identificar el método de escarificación más efectivo para la germinación de semilla de mariola (*P. incanum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron semillas de planta de Mariola (*P. incanum*) mediante un muestreo aleatorio al azar, en donde solo se obtuvieron las semillas que se desprendían con la mano sin realizar esfuerzo, para después colocarlas en bolsas de papel de estraza; dicha colecta se llevó a cabo en tres diferentes zonas del desierto chihuahuense: Cañitas de Felipe Pescador, Zac. (23.59897688°, -102.706061159°), Villa de Cos, Zac. (23.3087388°, -102.3529274°) y Ojinaga, Chihuahua (28.94826137°, -105.71800225°).

El experimento se llevó a cabo en el Laboratorio de Metabolismo Animal y Fisiología Ruminal de la Unidad Académica de Medicina Animal y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

Se aplicaron los siguientes tratamientos.

Cuadro 1. Tratamientos para escarificación de la semilla

Tratamiento		Tiempo
T1	Testigo	-----
T2	Agua a 80°C	20 min
T3	Líquido Ruminant	24 horas
T4	Líquido Ruminant	48 horas
T5	Lijado	-----

Se procedió a contar 500 semillas de cada zona para utilizar 100 en cada tratamiento. Estas se separaron en bolsas ziploc 5x7; para los tratamientos a base de líquido ruminal, se introdujeron 48 y 24 horas antes de la siembra en frascos Ankom en un horno a 39 °C.

Las semillas fueron tratadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio comercial; se procedió a colocarlas en charolas de plástico con sustrato comercial a base de pino, posteriormente se introdujeron en una cámara de germinación a una temperatura promedio de 29 °C durante 35 días, donde se estuvo realizando un conteo y riego con agua purificada diario mediante observación directa. Las plantas germinadas fueron retiradas para evitar un recuento.

RESULTADOS

En el presente trabajo se puede observar que la semilla de mariola presenta dureza para germinar, esto debido a que la semilla debe llevar un tiempo de maduración. Se marca como día cero cuando se establecieron los tratamientos. Desde el día tres se ve germinación en el caso de semilla donde se sometió a él lijado, este tratamiento se mantuvo germinando durante todo el experimento siendo el más alto, se puede decir que al quitar la capa que cubre la semilla es como si se acelerara la maduración de la capa que protege al grano; lo que hace que la semilla germine. Los demás tratamientos su germinación fue baja.

En el trabajo realizado al colocar la semilla en agua a 80 °C no se observó una germinación mayor a la del testigo; Algunos estudios previos usaron agua a 75°C y semillas remojadas en agua, aunque no se observaron diferencias en semillas de leguminosas tropicales, si hubo efecto en granos de café (Hermosillo-González *et al.*, 2008; Coa Urbaz *et al.*, 2014). En el presente trabajo no se observó diferencias significativas con la semilla de mariola. La comprensión de la dinámica de germinación de las especies, requiere del conocimiento del estado fisiológico (responsable de la germinación), morfológico (desarrollo del embrión) y físico (permeabilidad) de las semillas al tiempo en que maduran, así como cambios fisiológicos, morfológicos y físicos que anteceden a la germinación (Baskin y Baskin, 2000). Los métodos más usados para escarificar las semillas incluyen la escarificación química con ácido sulfúrico, la escarificación mecánica con papel de lija o arena gruesa o los tratamientos con calor (Sy *et al.*, 2001; Martín y De La Cuadra, 2004), para la planta de estudio, se puede observar que los métodos calientes ni la incubación, funcionaron. Para disminuir la dureza de las semillas y acelerar el proceso de germinación, algunas técnicas de escarificación han demostrado su efectividad (Fariñas *et al.*, 1997). En este proyecto se pudo observar que el método de escarificación de cariósides fue el más efectivo para esta planta. Rivas *et al.* (2005) encontraron que, con el método de escarificación mecánica, las semillas de huizache alcanzaron el 100 % de germinación y el mezquite 53 %.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 2. Promedio de germinación de mariola (*P. incanum*) en los 35 días de observación bajo diferentes métodos de escarificación.

TESTIGO	80° C	L. RUMINAL 48 h	L. RUMINAL 24 h	CARIOPSIDES
6.261	0.014	0.029	2.782	9.420

CONCLUSIONES

El tratamiento de escarificación que corresponde al lijado, es el que mostró un mejor porcentaje de germinación de semillas de *Parthenium incanum*, bajo condiciones controladas.

LITERATURA CITADA

- Baskin, C. C. Baskin, J.M., 2000. Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination. San Diego, California.
- Coa Urbaz M., Méndez Natera R., Silva Acuña R., Mundarain Padilla S. 2014. Evaluación de métodos químicos y mecánicos para promover la germinación de semillas y producción de fosforitos en café (*Coffea arabica*) var. Catuaí Rojo. IDESIA (Chile) 32 (1): 43-53.
- Fariñas, J., D. Sanabria V. y R. Silva-Acuña. 1997. Escarificación química de semillas de tres especies de *Centrosema* para sabanas bien drenadas. Zootecnia Tropical 15(2):221-237.
- Hermosillo González Y., Aguirre Ortega J., Alonso Rodríguez R., Ortega Aguirre C., Gómez Gurrola A., Magaña Macías R., 2008. Métodos inductivos para maximizar la germinación de semilla de germoplasma nativo en vivero para sistemas silvopastoriles en Nayarit, México. Zootecnia tropical, 26 (3): 355-358.
- Jurado GP, Melgoza CA, Morales NC, Royo MMH, Ortega OC (2009) Propagación De Plantas Nativas De Los Agostaderos De Chihuahua. INIFAP. 30p. Algunas
- Kane, RC, Farrell, AT, Sabre, H., Tang, S., Williams, G., Jee, JM, ... & Pazdur, R. (2006). Sorafenib para el tratamiento del carcinoma de células renales avanzado. Investigación clínica del cáncer, 12 (24), 7271-7278.
- MARTIN, I.; DE LA CUADRA, C., 2004. Evaluation of different scarification methods to remove hardseededness in *Trifolium subterraneum* and *Medicago polymorpha* accessions of the Spanish base genebank. Seed Science and Technology, 32, 671-681.
- Melgoza-Castillo A, Ortega-Ochoa C, Morales-Nieto CR, Jurado-Guerra P, Vélez-Sánchez C, Royo Márquez MH. (2007) Propagación De Plantas Nativas Para La Recuperación De Áreas Degradadas: Opción Para Mejorar Ecosistemas. Tecnociencia 1: 38-41.
- Rivas, M.G., González, C.G., Valencia, C.C., Sánchez, C.I., Villanueva, D.J., 2005. Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuate. Técnica Pecuaria de México, Vol.43 (003), 441-448.
- Salazar Mercado, S. A., Quintero Caleño, J. D., & Bustos Urbano, V. J. (2020). Implementación de la prueba de tetrazolio en las semillas de *Raphanus sativus* L. Revista Facultad De Ciencias Básicas, 15(2 (2019)), 7-15.
- Sosa R EE, Torres D, Rodríguez- Reyes L (2014) Producción Estacional De Materia Seca De Gramíneas Forrajeras Con Cortes En El Estado De Quintana Roo. Técnica Pecuaria Mexicana 46: 413-426.
- SY, A.; GROUZIS, M.; DANTHUS, P., 2001. Seed germination of seven *Sahelian legume* species. Journal of Arid Environments, 49, 875-882.

ESTABLECIMIENTO DE UN BANCO FORRAJERO UTILIZANDO OPUNTIA FICUS - INDICA (L) MILLER VARIEDAD ROJO PELÓN BAJO CONDICIONES MARGINALES EN VILLA DE COS, ZACATECAS, MÉXICO.

ESTABLISHMENT OF A FODDER BANK USING OPUNTIA FICUS -INDICA (L) MILLER VARIETY ROJO PELÓN UNDER MARGINAL CONDITIONS IN VILLA DE COS, ZACATECAS, MEXICO.

Eduardo Ruiz Fernández¹, Heriberto Rodríguez Frausto¹, Fabiola L. Rochín Berúmen¹ y Daniel Rodríguez Tenorio¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez #147 Centro histórico, Zacatecas, Zac.

Autor por correspondencia: eduardoruizf@outlook.es

RESUMEN

El nopal forrajero (*Opuntia ficus indica* (L) Miller, var. rojo pelón) ofrece una alternativa de producción sostenida para rumiantes aún en períodos de sequía prolongada. Basado en anterior, se desarrolló una prueba en el año 2011 el Rancho Experimental “El Halcón Peregrino” en el Municipio de Villa de Cos, Zac., con el objetivo de evaluar el nivel de producción de fitomasa por planta, así como el diámetro promedio de los brotes maduros a lo largo de 10 años en un suelo marginal, donde se estableció esta especie forrajera bajo condiciones de temporal y con diferentes densidades de plantación, utilizando cladodios de un año de edad, establecidos con ayuda de manejo superficial del suelo y aplicación de abonos orgánicos bajo tres densidades de plantación a) 5 plantas/m²; b) 15 plantas/m², y c) 25 plantas/m² bajo un diseño estadístico en bloques completos al azar. Así, las evaluaciones se llevaron a cabo al final de cada temporada de crecimiento (octubre) muestreando el tercer nivel (piso) de brotación. Una vez llevada a cabo dicha estimación, se determinó que la densidad “C” (25 plantas/m²), con una media anual para los diez años por planta de 6.02 k/planta, mostrando diferencia significativa (P<.05), respecto a los tratamientos restantes, en contraparte con los resultados de la variable de diámetro de cladodios, los cuales demuestran que no existió diferencia significativa entre tratamientos (P>.05). Finalmente, se concluye que en base a los resultados obtenidos es posible desarrollar bancos de energía en sitios marginales que ofrezcan una opción viable para la producción pecuaria aún en años de sequía extrema.

Palabras clave: Nopal, forraje, agua, sequía, rumiantes.

ABSTRACT

The forage cactus (*Opuntia ficus indica* (L) Miller, var. rojo pelón) offers a sustained production alternative for ruminants even in periods of prolonged drought. Based on the previous one, a test was developed in 2011 at the Experimental Ranch "El Halcón Peregrino" in Villa de Cos, Zac., with the objective of evaluating the level of phytomass production per plant, as well as the average diameter of mature shoots over 10 years in marginal soil, where this forage species was established under temporary conditions and with different planting densities, using one-year-old cladodes, established with the help of superficial soil management and application of fertilizers. organic under three planting densities a) 5 plants/m²; b) 15 plants/m², and c) 25 plants/m² under a

randomized complete block statistical design. Thus, the evaluations were carried out at the end of each growing season (October) sampling the third level (floor) of sprouting. Once this estimation was carried out, it was determined that the density "C" (25 plants/m²), with an annual average for the ten years per plant of 6.02 k/plant, showing a significant difference ($P < .05$), with respect to the remaining treatments, in contrast to the results of the cladodes diameter variable, which show that there was no significant difference between treatments ($P > .05$). Finally, it is concluded that based on the results obtained it is possible to develop energy banks in marginal sites that offer a viable option for livestock production even in years of extreme drought.

Keywords: Nopal, forage, water, drought, ruminants.

INTRODUCCIÓN

Históricamente, la región Norte del País ha sido caracterizada por presentar regímenes de precipitación poco favorables para la actividad pecuaria, a su vez, los sistemas de producción forrajera se habían aplicado con un enfoque extensivo (Ruiz, *et. al.*, 2007), caracterizándose por un bajo rendimiento por unidad de superficie manejada, lo cual obliga a los tecnólogos a desarrollar métodos de producción basados en una alta eficiencia de recursos tanto genéticos como edáficos e hídricos encaminados a elevar la producción de alimentos (Nobel, 1995). Dado lo anterior, algunas especies del género *Opuntia* se visualizan como alternativa viable de producción forrajera (López *et. al.*, 2018) a través del establecimiento de bancos de forraje manejados bajo temporal y aplicando técnicas de manejo superficial del suelo a fin de optimizar el aprovechamiento de los nutrientes existentes en el suelo (Gutiérrez, 1995), así como aquellos adicionados a través de la incorporación de materia orgánica a éste (Flores, 2015). A su vez, las especies del género en cuestión representan una fuente altamente disponible tanto de forraje (Acevedo *et. al.* 1983) como de agua para épocas de escasez (Mulas and Mulas, 2004), a través de las cuales pueden establecerse bancos de recursos altamente disponibles para las explotaciones mencionadas en períodos de escasez (López *et. al.*, 2018). A través del presente trabajo, se pretende poner de manifiesto la importancia de los bancos de forraje y agua a través del establecimiento de *O. ficus indica* var. Rojo Pelón como una opción viable de producción sostenida bajo condiciones desérticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica: El presente trabajo se desarrolló en el El Rancho Experimental “El Halcón Peregrino” ubicado en la parte Noreste del estado de Zacatecas, en el Municipio de Villa de Cos, en las coordenadas geográficas 23° 27' 36" L N y 102° 10' 14" L O, a una altitud de 1975 msnm (Google Earth, 2011) perteneciente a la provincia biótica del Desierto Chihuahuense (Dice 1945).

Características del área experimental.

Descripción del ecosistema: El ecosistema en cuestión se caracteriza por ser un área sobre pastoreada debido al manejo a que ha sido sometido a lo largo de las últimas décadas, mostrando una alta presencia de especies arbustivas y en menor grado de herbáceas de crecimiento perenne. La vegetación que se encuentra presente es del tipo “Matorral Desértico Micrófilo” (COTECOCA, 1982), coexistiendo las especies *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Parthenium incanum*, *Acacia constricta.*, *Larrea tridentata*, *Opuntia leucotricha*, *O. rastrara*, *O. robusta*, *O. cantabrigensis*, *O. leptocaulis*, *O. lindheimeri*, *Lycium berlandieri*, entre las cuales coexisten algunas gramíneas nativas tales como *Setaria geniculata*, *S. grisebachii*, *Leptochloa dubia*, *Aristida adsenscionis*, *Eragrostis mexicana*, *E. barrelieri*, *Buchloe dactyloides*.

Suelo: El suelo se clasifica como “franco arenoso”, éste muestra una capa arable poco profunda, una vez que se sobrepasa el perfil A, se encuentra la roca madre. La tonalidad del mismo varía de

café claro a café oscuro, el cual no presenta problemas de drenaje. La pendiente es muy ligera, fluctuando de 0.5 a 0.75 por ciento.

Tratamientos (densidad de cladodios establecidos por metro cuadrado):

T 1.- Densidad de 6 cladodios/m².

T 2.- Densidad de 12 cladodios/m².

T 3.- Densidad de 24 cladodios/m².

Germoplasma: Se utilizaron materiales (raquetas) con una media de 30 cm de diámetro y un año de edad de la especie *O. ficus Indica* var. Rojo Pelón, sanas en apariencia.

Diseño experimental: Para nuestro estudio, se llevó a cabo la aplicación de un diseño de bloques completos al azar con 5 repeticiones.

VARIABLES DE ESTUDIO:

1.- Diámetro promedio de los cladodios maduros.

2.- Peso total de fitomasa verde por planta.

Análisis de datos: La información obtenida fue analizada a través del programa Mini-tab versión 14.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan a continuación:

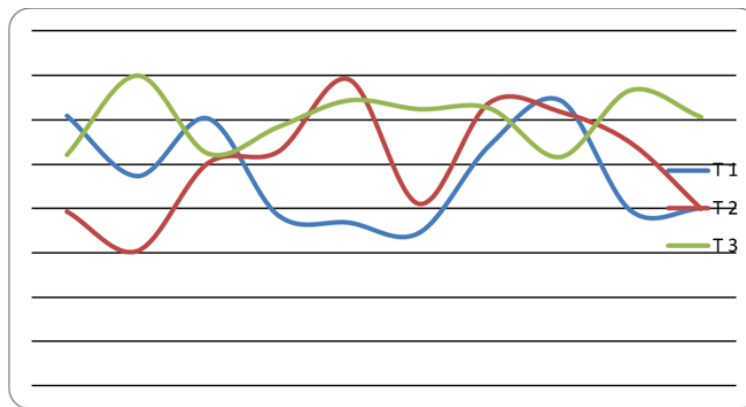


Figura 1. Tendencia de la producción de fitomasa a lo largo del período de estudio (2001 – 2010)

Tabla 1. Producción promedio de forraje verde expresada en kg/planta.

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Media
Trat.											
1	6.09	4.73	6.03	3.84	3.68	3.45	5.43	6.44	3.95	4.01	4.764
2	3.93	3.04	5.02	5.28	6.91	4.1	6.39	6.18	5.48	3.99	5.232
3	5.2	6.99	5.23	5.83	6.43	6.23	6.43	5.15	6.66	6.05	6.32

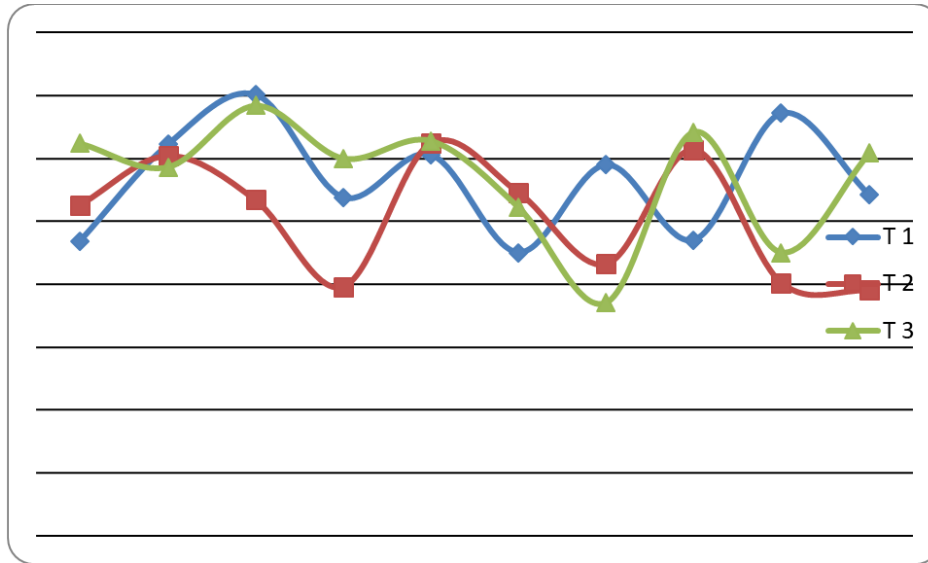


Figura 2. Representación de la tendencia del diámetro de brotes maduros a lo largo del período de estudio (2001 – 2010), expresada en centímetros de cladodios por planta.

Para el caso de la producción de forraje verde, se observan valores relevantes, en el caso del tratamiento 3 con alta densidad (24 plantas/m²) con una media de 6.32 kilogramos por planta, seguido del tratamiento 2 (12 plantas/m²) con una media de 5.26 kilogramos por planta y finalmente el tratamiento 1 (6 plantas/m²) con una media de 4.76 kilogramos por planta. A su vez, las variaciones en los valores mostrados permiten asumir el efecto de mutualismo entre plantas de *O. ficus indica*, debido a la cosecha efectiva de agua pluvial, así como al almacenamiento de ésta por períodos más prolongados debido al sombreado generado como efecto de las diferentes distancias de plantación.

Tabla 2. Diámetro de brotes maduros promedio, expresado en cm/cladodio

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Media
Trat.											
1	23.4	31.1	35.1	26.9	30.3	22.5	29.5	23.5	23.5	33.6	27.10
2	26.3	30.2	26.7	19.8	31.2	27.3	21.6	30.7	20.1	19.5	25.34
3	31.2	29.3	34.2	30.0	31.4	26.1	18.5	32.1	22.5	30.4	27.38

Para el caso del diámetro promedio (vertical y horizontal) de brotes maduros, se observan valores relevantes, sobre todo para los años con mayor precipitación en el sitio (2002, 2005, 2008 y 2010), la cual estimuló un mayor desarrollo durante la etapa de crecimiento, sin embargo, al final del período de estudio se presenta un decremento marcado para ambos tratamientos posiblemente estimulado por la edad de los individuos en estudio. En base a los resultados obtenidos es posible rechazar las hipótesis planteadas al inicio del presente estudio.

CONCLUSIONES

- 1.- El incremento en la densidad de plantación no afectó significativamente la producción de forraje verde ni el desarrollo de los cladodios en las parcelas de estudio.
- 2.- El sistema de plantación aplicado en el presente estudio ofrece resultados interesantes para ser transferidos a sitios con características similares.
- 3.- Una vez finalizado el presente estudio, se concluye que la especie forrajera *O. ficus indica* var. Rojo Pelón es una opción viable para la explotación de rumiantes en sistema extensivo, así como en estabulación a través del establecimiento de bancos de forraje con alta densidad de plantación por unidad de superficie, representando a la vez un importante reservorio de agua para ganado en producción aún bajo condiciones de secano.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, E.; I. Badilla and P. S. Nobel. 1983. Water Relations, Diurnal Acidity Changes, and Productivity of a Cultivated Cactus, *Opuntia ficus-indica*. *Plant Physiol.* 72: 775-780.
- Bravo, H.H. 1987. Las cactáceas de México. Vol. 1 2ª. ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 743 p.
- Flores, V. C. A. 2015. El nopal y la lucha contra la desertificación. Reporte de investigación 59. CIESTAAM-Universidad Autónoma Chapingo, México. 39 p.
- Gutiérrez, A.F. 1990a. Evaluación de ocho copenas de nopal en el Campo Auxiliar Sandoval, Ags. Memorias. El nopal su conocimiento y aprovechamiento, 3ª. Reunión Nacional y 1ª. Reunión Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. pp. 253-258.
- López, G. J.J.; Fuentes, R., J.M. and Rodríguez, R. A. 2018. Production and use of opuntia as forage in northern Mexico. En Mondragón-Jacobo, C. y Pérez-González, S. (Editores). Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant Production and Protection Paper 169. pp 29-36.
- Mulas, M. and Mulas G. 2004. the strategic use of *Atriplex* and *Opuntia* to combat desertification. Short and Medium-Term Priority Environmental Action Programme (SMAP). Desertification Research Group. University of Sassari. Italy. 101 p.
- Ruiz, F. E. J.; Valdez, C.; Pérez, R. L Rodríguez T., D. and Magallanes Q. 2007. Strategies for Re-vegetation of Degraded Arid Rangelands in Zacatecas, México *International Journal of Agriculture and Biology*.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE PASTO MULATO II (*Urochloa* HÍBRIDO) A DIFERENTE INTERVALO E INTENSIDAD DE CORTE

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF PASTO MULATO II (HYBRID *Urochloa*) AT DIFFERENT CUTTING INTERVAL AND INTENSITY

Juan Eduardo Godina Rodríguez¹, Jonathan Raúl Garay Martínez², Benigno Estrada Drouaillet¹, Andrés Gilberto Limas Martínez¹, Quintanilla-Medina Jairo J.¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus, Cd Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610.

³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus, Cd Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87274.

*Autor por correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

La producción de forraje de las especies forrajeras está influenciada por el manejo agronómico, dentro del cual, el intervalo e intensidad de corte son considerados como factores de manejo que inciden en el rendimiento. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de forraje en pasto Mulato II *Urochloa* híbrido a diferente intervalo e intensidad de corte. Se utilizó una parcela de una hectárea de pasto Mulato II sembrado en surcos a chorrillo con una sembradora de precisión. La distancia entre surcos fue de 15 cm y se depositaron 70 semillas por metro lineal. Se evaluó el rendimiento de forraje a diferente edad de rebrote (2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas) e intensidad de corte (10 y 20 cm) en un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, en donde, las edades de rebrote conformaron la parcela grande e intensidades de corte la parcela chica. Se determinó el rendimiento de forraje por componente morfológico (hoja, tallo, inflorescencia y materia muerta). Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de (SAS, 2002) y se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias a una confiabilidad del 0.05. La mayor acumulación de materia seca de hoja se obtuvo a intervalo de 10 y 12 semanas a intensidad de 10 cm con rendimientos de 5578 y 4035 kg ha⁻¹, respectivamente. La acumulación de tallo y materia muerta fue mayor a intervalo de 10 y 12 semanas, sin embargo, no se obtuvieron diferencias entre las intensidades de corte ($p>0.05$). La mayor acumulación de materia seca de hoja se obtiene a intervalo de 10 y 12 semanas a intensidad de 10 cm; sin embargo, la acumulación de tallo y materia muerta también es mayor en comparación con intervalos menos prolongados, por ende, se debería tener en cuenta si se desea obtener un forraje de mejor calidad.

Palabras clave: Híbrido Mulato II, Acumulación de forraje, composición morfológica, manejo agronómico.

ABSTRACT

Forage production of forage species is influenced by agronomic management, within which the cutting interval and intensity are considered as management factors that affect performance. The objective of this research was to evaluate the forage yield in hybrid Mulato II *Urochloa* grass at different intervals and cutting intensity. A one-hectare plot of Mulato II grass was used, sown in

trickle furrows with a precision seeder. The distance between rows was 15 cm and 70 seeds per linear meter were deposited. Forage yield was evaluated at different regrowth ages (2, 4, 6, 8, 10, and 12 weeks) and cutting intensity (10 and 20 cm) in a randomized complete block design based on divided plots, in where the regrowth ages formed the large plot and the cutting intensities the small plot. Forage yield was determined by morphological component (leaf, stem, inflorescence and dead matter). The data were analyzed with the GLM procedure of (SAS, 2002) and the Tukey test was applied for the comparison of means with a reliability of 0.05. The highest accumulation of leaf dry matter was obtained at an interval of 10 and 12 weeks at an intensity of 10 cm with yields of 5578 and 4035 kg ha⁻¹, respectively. The accumulation of stem and dead matter was higher at intervals of 10 and 12 weeks, however, no differences were obtained between the cutting intensities ($p>0.05$). The greatest accumulation of leaf dry matter is obtained at an interval of 10 and 12 weeks at an intensity of 10 cm. However, the accumulation of stem and dead matter is also higher compared to shorter intervals, so this should be taken into account if better quality forage is desired.

Keywords: Mulato II hybrid, forage accumulation, morphological composition, agronomic management.

INTRODUCCIÓN

Los forrajes son la principal fuente de alimentación de los rumiantes en los sistemas de producción (Torres *et al.*, 2020), sin embargo, su producción es influenciada por factores climáticos (Velasco *et al.*, 2018) y de manejo agronómico (Godina-Rodríguez *et al.*, 2022). La introducción de nuevos cultivares a determinadas regiones ha sido un proceso dinámico, con la finalidad de establecer cultivares mejorados genéticamente con mejores características forrajeras en términos de rendimiento y calidad, lo cual, permite incrementar la productividad animal. Los pastos híbridos del género *Urochloa* (antes *Brachiaria*) son especies mejoradas genéticamente que se adaptan a suelos deficientes de nutrientes y pH ácido, además, se ha reportado que producen mayor cantidad de materia seca en comparación con otros cultivares que se encuentran establecidos en diferentes regiones de México y que son utilizados como fuente de alimentación en los sistemas de producción (Garay-Martínez *et al.*, 2018; Torres *et al.*, 2020). Por lo anterior, existe la necesidad de evaluar las especies forrajeras que se pretenden establecer para su posterior uso como forraje, mediante diferente manejo agronómico para generar un manejo eficiente de la pradera y aprovecharla en el momento oportuno donde exista un equilibrio entre rendimiento y calidad de forraje. En este sentido, el objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de forraje en pasto Mulato II a diferente intervalo e intensidad de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Posta Zootécnica “Ingeniero Herminio García González” perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en las coordenadas geográficas 23° 56' 26.5" N y 99° 05' 59.9" O, a 193 msnm. Se evaluó el pasto Malato II *Urochloa* híbrido a diferente intervalo (2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas) e intensidad de corte (10 y 20 cm de altura residual), mediante un diseño de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas. Se evaluó una pradera de 2500 m² establecida en 2020. Previo a la evaluación se realizó un corte de uniformidad dependiendo de la intensidad de corte a evaluar y se aplicó una dosis de fertilización de 50-50-50 kg ha⁻¹ de NPK. Los muestreos de forraje fueron al azar, teniendo como parcela útil 1 m², en donde se cosechó el forraje para determinar el rendimiento

de materia seca total y por componente morfológico de cada uno de los intervalos e intensidades de corte antes mencionadas. Del forraje cosechado se tomó una sub muestra de 300 g para realizar la separación por componente morfológico (hoja, tallo y material muerto), posteriormente, las muestras de forraje fueron depositadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 72 h, al cumplir el lapso de tiempo indicado, las muestras se extrajeron de la estufa y se pesaron registrando el peso de materia seca. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con modelo GLM (SAS, 2002) en un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de materia seca en los componentes morfológicos aumenta conforme incrementa el intervalo de corte, posteriormente, al alcanzar un punto máximo (decima semana), disminuye (Figura 1), debido a la maduración y senescencia de los componentes morfológicos. Este comportamiento se ha reportado en diferentes investigaciones (Godina-Rodríguez *et al.*, 2022; Rojas-García *et al.*, 2018).

Por su parte, Garay-Martínez *et al.* (2018) al evaluar el cultivar Mulato II a diferente intervalo de corte obtuvo rendimientos de materia seca de hoja en promedio de 6.4, 8.2 y 9.1 t ha⁻¹, a intervalos de 4, 6 y 8 semanas, respectivamente, rendimientos mayores a los obtenidos en esta investigación, atribuido, probablemente, al manejo agronómico que se realizó (intensidad de corte y fertilización). La intensidad de corte influyo sobre la acumulación de materia seca de los componentes; en este sentido, al cosechar a intensidad de corte severa (10 cm) se obtiene mayor acumulación de materia seca por componente morfológico (hoja, tallo y materia muerta).

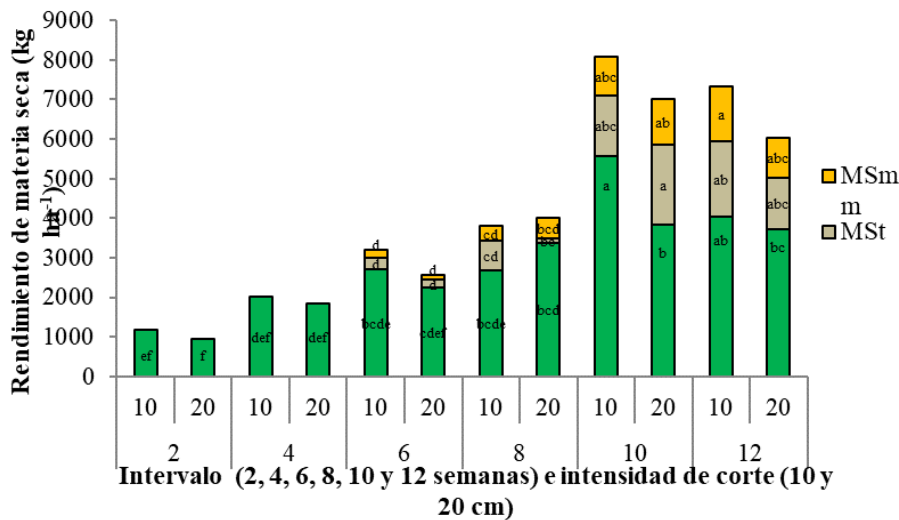


Figura 1. Acumulación de forraje por componente morfológico en pasto Mulato II a diferente intervalo e intensidad de corte. MSh: materia seca de hoja; MSt: materia seca de tallo; MSmm: materia seca de materia muerta

CONCLUSIONES

La mayor acumulación de materia seca de hoja se obtuvo a intervalo de 10 y 12 semanas, a intensidad de 10 cm; sin embargo, la acumulación de tallo y materia muerta también es mayor en comparación con intervalos menos prolongados, por ende, se debería tener en cuenta si se desea obtener forraje de calidad.

LITERATURA CITADA

- Garay-Martínez, J. R.; S. Joaquín-Cancino; B. Estrada-Drouaillet; J. C. Martínez-González; B. M. Joaquín-Torres; A. G. Limas-Martínez; J. Hernández-Meléndez. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 5(15):573-581.
- Godina-Rodríguez, J. E.; S. Joaquín-Cancino; B. Estrada-Drouaillet; J. R. Garay-Martínez; A. G. Limas-Martínez; Y. Bautista-Martínez. 2022. Forage yield of *Urochloa* grass cv Camello I and II at different cutting frequencies and intensities. *Agroproductividad* 15:87-93.
- Rojas-García, A. R.; N. Torres-Salado; M. de los A. Maldonado-Peralta; P. Sánchez-Santillán; A. García-Balbuena; S. I. Mendoza-Pedroza; P. Álvarez-Vázquez; J. Herrera-Pérez; A. Hernández-Garay. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra *Brachiaria* híbrido (BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agroproductividad* 11(5):34-38.
- SAS. 2002. The SAS 9.1 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- Torres, S., N.; M. Moctezuma V.; A. R. Rojas G.; M. A. Maldonado P.; A. Gómez V.; P. Sánchez S. 2020. Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de *Urochloa* y estrella pastoreados con bovinos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 24:35-46.
- Velasco, Z., M.; A. Hernández G.; H. Vaquera H.; J. Martínez T.; P. Hernández S. y J Aguirre M. 2018. Análisis de crecimiento de pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.) cv. Mombasa. *Revista MVZ Córdoba* 23:6951-6963.

MANEJO DEL PASTIZALES A TRAVÉS DE ACUERDOS DE COLABORACIÓN, UN MODELO PARA ONGS

GRASSLAND MANAGEMENT THROUGH AGREEMENT A MODEL FOR NGOS

Isamar González García^{1*}

¹Pronatura Noreste AC. Calle Loma Grande 2623, Colonia Loma Larga. Monterrey, Nuevo León CP 64710

*Autor por correspondencia: igonzalez@pronaturane.org

RESUMEN

Las manadas de los grandes herbívoros han contribuido al mantenimiento de los pastizales, en la ausencia de estas manadas se ha implementado el uso de la vaca a través del pastoreo como una herramienta, ya que con la acción de defoliación causada genera cambios importantes en la composición florística y la estructura del pastizal. El objetivo de este estudio fue documentar a través de fotopuntos el cambio en la cobertura antes y después del ejercicio de pastoreo. El estudio se llevó a cabo en un predio 'Loma del Gorrión' propiedad de Pronatura Noreste. Se diseñó un esquema de pastoreo adecuado al sitio; se realizó la división en cuatro potreros, bajo un esquema de pastoreo rotacional simple, con periodos de no más de 90 días, monitoreando el estado del sitio y la condición del ganado. Los resultados fueron favorables ya que de tener pastos avejentados ahora se encuentra el sitio con rebrotes de especies deseables del género *Bouteloua*.

Palabras clave: herbivoría, ganadería, fotopuntos, pastoreo.

ABSTRACT

The herds of the large herbivores have contributed to the maintenance of the pastures, in the absence of these herds the use of the cow has been implemented through grazing as a tool, since with the action of defoliation caused it generates important changes in the composition floristics and grassland structure. The objective of this study was to document, through photopoints, the change in cover before and after the grazing exercise. It was carried out on a 'Loma del Gorrión' property owned by Pronatura Noreste where an appropriate grazing scheme was designed for the site; The division into four paddocks was carried out, under a simple rotational grazing scheme, with periods of no more than 90 days, monitoring the state of the site and the condition of the cattle. The results were favorable since from having aged pastures, now there is a site with regrowths of desirable species of the genre *Bouteloua*.

Keywords: herbivory, livestock, photopoints, grazing.

INTRODUCCION

Los grandes herbívoros, como los bisontes, elefantes, búfalos, rinocerontes entre otros, ha sido conocidos como 'niveladores de terrenos' y se cree que ellos crearon los mosaicos típicos de vegetación como las praderas y los bosques (Palo y Robbins, 1991). Los herbívoros ramoneadores se alimentan principalmente de las hojas más gustosas y nutritivas, y tienden a evitar las hojas más viejas. Cuando surge esta alimentación por parte de los herbívoros la planta reacciona a la pérdida de hojas con una explosión de un nuevo crecimiento (Lehtilä y Strauss, 1999). El ramoneo moderado, puede constituir un efecto estimulante, induciendo un aumento de biomasa. El grado de estimulación dependerá del tipo de planta, la disponibilidad de nutrientes y de la humedad, aunque en general el ramoneo suele aumentar la biomasa (Granados *et al.*, 2008). Se ha comprobado que

algunas plantas pueden mantener su vigor solamente bajo la presión del ramoneo, y en la ausencia de este algunas tienden a desaparecer (Granados *et al.*, 2008).

En ausencia/disminución de las manadas de los grandes herbívoros, el pastoreo por ganado doméstico se ha impulsado como una herramienta a través de diferentes métodos que regulan la intensidad y magnitud del efecto causado (Taboada, 2007).

Voisin (2012) definió que el pastoreo es el encuentro de la vaca con la hierba, en equilibrio para que ninguno afecte la supervivencia del otro, porque la vaca selecciona del pasto los nutrientes para el mantenimiento, el crecimiento, la producción y la reproducción, pero a su vez la hierba necesita ser consumida, pisoteada, fertilizada, para comenzar un nuevo ciclo de crecimiento y la vaca estimula con la saliva, la bosta y la orina ese crecimiento. Por su parte Taboada (2007) señala que el pastoreo directo por ganado doméstico ejerce dos tipos de efectos sobre los suelos: a) la defoliación causada por la ingesta de forraje por los animales; y b) el pisoteo causado por el tránsito de ganado por los campos.

El objetivo de este trabajo fue llevar a cabo un ejercicio de pastoreo en el predio denominado ‘Loma del Gorrión’ propiedad de Pronatura Noreste, mediante un Acuerdo de Voluntades con un ganadero de la región. Originalmente el predio se encontraba en descanso la intención de crear una reserva ecológica para la especie perrito llanero mexicano (*Cynomys mexicanus*), endémico del noreste de México. Pero a la falta de manejo la colonia fue disminuyendo.

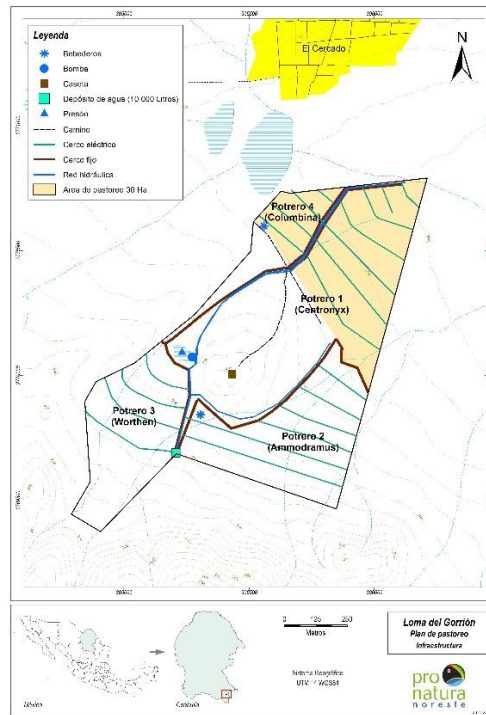
Entender los efectos del pastoreo del ganado sobre los pastizales naturales es crítico para el diseño de estrategias de uso del campo natural que, simultáneamente, mejoren la eficiencia de utilización del forraje y minimicen la huella ambiental de la ganadería (Mikola *et al.* 2009). A través de este ejercicio de pastoreo en Pronatura Noreste hemos podido realizar un análisis de varios factores, comenzando por la complejidad en el establecimiento del sistema ganadero, el efecto del pastoreo en el predio y los factores que inciden en la toma de decisiones del sistema.

MATERIALES Y METODOS

El ejercicio de pastoreo se realizó en el predio denominado “Loma del Gorrión” que se ubica en las coordenadas: 25° 2'18.95"N; 100°55'36.25"O a 45 km al sur en línea recta de Saltillo la capital Coahuilense. Este predio es un área de conservación propiedad de Pronatura Noreste A.C., la cual forma parte de la región terrestre prioritaria “El Tokio”, por lo tanto, es un área importante para la conservación del perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*), además es un área importante para la migración de las aves neotropicales, ya que gran parte de su ciclo invernal lo pasan en esta área. El predio cuenta con una superficie de 105 ha (Ibarra y Segura 2017).

Se realizó un esquema de pastoreo en donde se trazaron los elementos necesarios para el equipamiento de infraestructura ganadera adecuada (división de potreros, cercos, establecimiento de red hidráulica, bebederos, pasillos de tránsito etc.) dejando en exclusión 20 ha que corresponden a la parte de la loma (Fig. 1).

Figura 2. Diseño de potreros y elementos para el establecimiento del pastoreo en Loma del Gorrión



Para el trazo de los elementos se tomó en cuenta la forma del terreno, la pendiente, la escorrentía, la estimación de materia seca emitida por el estudio que se realizó en el 2017 por Ibarra y Segura; y a través de estas variables se establecieron 4 potreros con una superficie entre 25 y 30 ha cada uno en los que se establecieron tiempos de pastoreo no mayor a 90 días.

El pastoreo se realizó en el periodo de marzo del 2022 a junio del 2023 con un pastoreo Rotacional Simple (Smith *et al.*, 2011) de manera intermitente ya que el predio originalmente no contaba con la infraestructura necesaria para su operación y los potreros se fueron equipando conforme se obtenían los recursos. Pronatura Noreste no cuenta con ganado propio, así que se realizó un Acuerdo de Voluntades para el pastoreo con el Sr. Tomás Bustos Torres, pequeño propietario y ganadero del ejido vecino ‘El Cercado’, para poder utilizar sus vacas en el ejercicio. El ganado del Sr. Tomás Bustos Torres es en su mayoría cruce de la raza Charolais y algunas vacas criollas, lleva registros internos de su ganado, realiza buenas prácticas de bienestar animal entre otras acciones que lo hicieron el candidato ideal para este estudio.

Para la estimación de carga animal se utilizaron los datos de materia seca reportados en el 2017 por Ibarra y Segura, se ajustaron las cargas animales (Esqueda *et al.*, 2011) de acuerdo con la superficie de los potreros que se diseñaron (Cuadro 1).

Cuadro 4. Ajuste de carga animal en el predio Loma del Gorrión

	Potrero 1 (<i>Centronyx</i>)	Potrero 2 (<i>Ammodramus</i>)	Potrero 3 (<i>Worthen</i>)	Potrero 4 (<i>Columbina</i>)
Promedio de Producción (Kg de MS/ha)	2761.0	1032.9	794.6	1427.4
Área del sitio (ha)	23	26	20	13
Producción total del sitio (Kg/MS/ha)	63503	26856.18	15891.2	18556.2
Producción de Materia Seca disponible*	50802.4	21484.944	12712.96	14844.96
Carga Animal (12 M)**	10.31	4.36	2.58	3.01

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Carga Animal (9 M)**	13.94	5.89	3.49	4.07
Carga Animal (3 M)**	41.81	17.68	10.46	12.22

*tomada al 80% de utilización del sitio ** determinada con un consumo diario de 13.5 kg diarios

El cambio en la composición de la vegetación se evaluó a través de fotopuntos o también llamadas fotoestaciones (Hall, 2001) los cuales se establecieron al inicio y al final de el pastoreo en cada potrero. Además, se registraron otros elementos del ejercicio como la evolución del ganado, el efecto en el pisoteo y la fertilización mediante las heces y orina.

RESULTADOS Y DISCUSION

El orden del pastoreo fue el siguiente: 1) *Centronyx*, 2) *Ammondramus*, 3) *Worthen* y 4) *Columbina* el periodo de ocupación en cada potrero fue de no más de 90 días (3 meses) y se pastorearon en el primer potrero 60 UA y en los demás 40-45 UA. A pesar de las cargas animales mencionadas en el Cuadro 1, se tomó la decisión de pastorear esta cantidad de animales debido a que el predio se encontraba en exclusión total, el pastizal necesitaba mantenimiento a través del pastoreo.

Los potreros se fueron cercando conforme se fue avanzando en el pastoreo, a través de mano de obra del Sr. Tomás Bustos, recursos económicos de Pronatura Noreste a través de American Bird Conservancy. Los requerimientos de agua fueron cubiertos por el propietario del ganado, ya que el predio no cuenta con agua. A través de las fotoestaciones se pudo observar un cambio en la cobertura del sitio (Fig. 2) las que se muestran a continuación pertenecen al potrero *Ammodramus*, tomando la primer fotoestación el 6 de julio del 2022 (izq) y la segunda el 26 de octubre del 2022 (der).



Figura 3. Fotoestaciones del potrero *Ammodramus* (antes y después del pastoreo)

Se puede observar una diferencia significativa en la composición y cobertura de la figura anterior dando espacio a lo que Borrelli, y Oliva (2001) señalan que el pastoreo modifica los ciclos de nutrientes importantes para las plantas y los animales. Remueve nutrientes retenidos en las plantas, que regresan en su mayor parte en forma de heces y orina; y de no existir el pastoreo, estos nutrientes secuestrados en los tejidos vegetales volverían al suelo solamente después de la muerte de la planta.

CONCLUSIONES

El objetivo del pastoreo fue principalmente darle un aprovechamiento al pastizal a través del establecimiento de acuerdos con un ganadero de la región. Los resultados en el ejercicio fueron los esperados y se espera visualizar un efecto mayor después del descanso total de los potreros. Se

espera que este modelo pueda ser replicado en otros sitios de interés. El pastoreo acelera la circulación (y probablemente la productividad) dentro del sistema. Se debe de utilizar de una manera planeada y respetando los principios de la sostenibilidad.

LITERATURA CITADA

- Borrelli, P. y G. Oliva. 2001 Efectos de los animales sobre los pastizales. Cap. 4. pp 99-128. En: Ganadería Sustentable en la Patagonia Austral. Borrelli, P. y G. Oliva Ed. INTA Reg. Pat. Sur. 269 pp.
- Esqueda, M.H.; E.E. Sosa; A.H. Chavéz; F. Villanueva; M. J. Lara; M. H. Royo; J. S. Sierra; A. González y S. Beltran. 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. Manual de capacitación. Folleto Técnico No. 4. SAGARPA-INIFAP. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Microbiología Animal. Cuajimalpa, DF. 47 p.
- Granados-Sánchez, D.; P. Ruíz-Puga; H. Barrera-Escorcía. 2008. Ecología de la herbivoría. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14 (1): 51-63. Taboada, M. A. 2007. Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra Directa, Aapresid, Potrero de los Funes, San Luis, pp 71-83.
- Hall, Frederick C. 2001. Photo point monitoring handbook: part A—field procedures. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-526. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 48 p. 2 parts
- Ibarra, H. y J.E. Segura. 2017. Elaboración del plan de manejo ganadero de la Reserva Ecológica, Unidad Demostrativa y de Investigación Los Gorriones. Informe técnico para Pronatura Noreste AC.
- Lehtilä, K.; S. Y. Strauss. 1999. Effects of foliar herbivory on male and female reproductive traits of wild radish, *Raphanus raphanistrum*. Ecology 80 (1) 116-124.
- Mikola, J.; H. Setälä; P. Virkajärvi; K. Saarijärvi; K. Ilmarinen; W. Voigt; M. Vestberg. 2009. Defoliation and patchy nutrient return drive grazing effects on plant and soil properties in a dairy cow pasture. Ecological Monographs 79 (2): 221- 518
- Palo, T.; C. T. Robbins. 1991. Plant Defenses Against Mammalian Herbivory, CRC Press, Boca Raton, FL. 112-125 P
- Smith, R., G. Lacefield, R. Burris, D. Ditsch, B. Coleman, J. Lehmkuhler, and J. Henning. 2011. Rotational Grazing. ID-143. Cooperative Extension Service – University of Kentucky College Agriculture. Lexington KY. 40546. <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/id/id143/id143.pdf>
- Voisin. A. 2012. El suelo y el abono hacen al animal. In: Milagros de la C. Milera Rodríguez, ed. André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. Matanzas, Cuba: EE PF Indio Hatuey. p.53-63.

EVALUACION DE CINCO PRACTICAS DE MANEJO AL SUELO PARA LA SIEMBRA DE ZACATE BUFFEL

EVALUATION OF FIVE SOIL MANAGEMENT PRACTICES FOR SEEDING BUFFEL GRASS

Ramón GutiérrezLuna¹, David CastilloQuiroz^{2*}, Francisco CastilloReyes², Adriana AntonioBautista³, Miguel Agustín VelásquezValle², Guillermina Martínez Trejo⁴

¹INIFAP-Campo Experimental Zacatecas Carretera Zacatecas-Fresnillo Km 24.5, Calera de Víctor Rosales, Zac. Mex. C.P. 985002.

²INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 Núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista. Saltillo, Coahuila de Zaragoza, Méx. C. P. 25315.

³UAAAN. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista Saltillo, Coahuila de Zaragoza, Méx. C.P. 25315

⁴Campo Experimental Valle de México. Carretera Los Reyes-Texcoco Km. 13.5, A.P. 307 y 10, Coatlinchán, Mpio. Texcoco, Edo. De Méx. C.P. 56250

*Autor por correspondencia: castillo.david@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los pastizales y matorrales desérticos del sureste de Coahuila presentan altos niveles de deterioro y, esto limita la capacidad productiva de los sistemas de producción pecuaria. Una alternativa para reconvertir estas áreas en el corto plazo de nuevo a la producción ganadera es través de las prácticas de manejo al suelo y la resiembra de pastos. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de cinco prácticas de manejo de suelo y la siembra de zacate buffel en la producción de materia seca, bajo condiciones de temporal. Los tratamientos consistieron: 1) Barbecho, 2) Barbecho + Subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra, todos con siembra de zacate buffel común con una densidad de 10 kg·ha⁻¹ y 5) Testigo (sin labranza y sin siembra). El tamaño de las parcelas experimentales fueron de 20 m x 20 m (400 m²). El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. En la presente investigación se analizaron datos sobre la producción de materia seca (MS) de dos años de evaluación (2021 y 2022). Los resultados mostraron que las prácticas de manejo de suelo y la resiembra de zacate buffel permitieron incrementar la producción de materia seca por unidad de superficie, para el primer año 2021 fue MS 4,612 kg·ha⁻¹y para el 2022 MS 3,801.08 kg·ha⁻¹. El barbecho fue la práctica más adecuada para incrementar el rendimiento de MS en los dos años de evaluación.

Palabras clave: forraje, materia seca, pastizales, reconversión, zonas semiáridas

ABSTRACT

In the rangeland and desert scrubland of southeastern Coahuila the deterioration are present in high levels and this limits the productive capacity of livestock production systems. An alternative to convert these areas in the short term back to livestock production is soil management practices and the reseeding of pastures. The objective of this study was to determine the impact of five soil management practices and the seeding of buffel grass on the production of dry matter, under rainfed conditions. The treatments consisted: 1) fallow, 2) fallow + subsoil, 3) subsoil, 4) harrowing and

planting of common buffel grass with a planting density of 10 kg·ha⁻¹ and 5) control (without tillage and without seeding). The size of the experimental plots were 20 m X 20 m (400 m²). The experiment was established under a randomized block experimental design with four repetitions. In the present investigation, data on dry matter production (MP) from two evaluation years (2021 and 2022) were analyzed. The results showed that the soil management and replanting of buffel grass practices allow increasing the production of dry matter (MP) per surface unit, for the 2021 year it was 4,612.0 kg·ha⁻¹ and for 2022 near 3,801.08 kg·ha⁻¹. The fallow was the most adequate practice to increase the yield of MP in the two years of evaluation.

Keywords: forage, dry matter, pastures, reconversion, semiarid zones

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del sureste de Coahuila se caracterizan por presentar altos niveles de degradación, con cobertura de pastos muy reducida, atribuido a la inestabilidad del clima (altas temperatura y baja precipitación), y al sobrepastoreo con carga animal que excede la capacidad de producción del pastizal. Ambas causas provocan cambios en el ecosistema, como eliminación parcial de especies con valor forrajero, causando la reducción en la diversidad de flora, y la cobertura vegetal (Castillo *et al.*, 2012; Ríos y Hernández, 2012), esto favorece el incremento de especies indeseables para el ganado y, por consiguiente, la falta de forraje para la alimentación del ganado (Ríos y Hernández, 2012).

Dentro de las alternativas para la restauración de tierras de pastoreo, están las prácticas de conservación del suelo (Echavarría *et al.*, 2009) como subsoleo, barbecho, curvas a nivel, surcado en contorno, entre otras (SADER, 2019; Castillo *et al.*, 2012; Velásquez *et al.*, 2012;), éstas son prácticas de manejo de suelo con la resiembra artificial con gramíneas adaptadas a condiciones agroecológicas marginales como el zacate buffel (Castillo *et al.*, 2012; Flores *et al.*, 2005 y Loredó-Osti *et al.*, 2005) y son útiles para reconvertir los ecosistemas degradados de nuevo a la producción ganadera, las cuales son importantes desde el punto de vista económico y ecológico (Krogh *et al.*, 2002). El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L). es una gramínea con bajo consumo de agua (Gutiérrez, 1991), de fácil establecimiento y rápido desarrollo, además es ampliamente utilizada en la rehabilitación y conservación de suelo en áreas agrícolas abandonadas, matorrales y pastizales de las zonas áridas y semiáridas (Beltrán *et al.*, 2017; Castillo *et al.*, 2012 y Loredó-Osti *et al.*, 2005) y con buena producción de forraje (Gómez *et al.*, 2007). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de cinco prácticas de manejo de suelo y la siembra de zacate buffel en la producción de materia seca en condiciones de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se estableció en mayo de 2020, previo del inicio de las de lluvias de verano, en el ejido Cosme, Ramos Arizpe, Coahuila (25° 52' 08.9" N y 101° 18' 18.1" O) y una elevación de 1,100 msnm. En el área de estudio el tipo de clima es seco semicálido y templado (BwK), con temperatura media anual de 18.5°C y precipitación anual de 198.7 mm con régimen de lluvias de verano. El tipo de suelo en el sitio es un Xerosol, con baja cobertura vegetal (4%), una pendiente del 2% y un tipo de vegetación matorral desértico micrófilo asociada con especies *Larrea tridentata* (DC. Coville), *Flourensia cernua* D.C. La actividad principal en esta comunidad ejidal es la ganadería de tipo extensivo (bovinos).

Los tratamientos consistieron en Barbecho (1), Barbecho + Subsoleo (2), Subsoleo (3), Rastra (4) más la siembra de zacate buffel común con una densidad de siembra de 10 kg·ha⁻¹ y Testigo (Sin labranza y sin siembra) (5). El tamaño de las parcelas fue de 20 m X 20 m (400 m²). El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones.

Las prácticas se realizaron con tractor y los implementos de arado de discos y arado de subsuelo; para el barbecho se utilizó un arado de discos a una profundidad de 30 cm con un solo paso; para el subsoleo, se utilizó un implemento con tres picos con el que se rompió el suelo sin rotarlo a una profundidad de alrededor de 80 cm. Para el rastreo, se usó una rastra de discos dentados trabajando el suelo a los 25 cm de profundidad. Al final se realizó la siembra de zacate buffel común en cada uno de los tratamientos y repeticiones esparciendo la semilla al voleo con una densidad de siembra de $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ a excepción del testigo donde no se sembró ni se labro el suelo. Al final de la siembra se realizó un paso de rastra con ramas para cubrir la semilla. La variable a evaluar fue la producción de materia seca (PMS) expresada en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Para esta variable, en cada tratamiento y repetición se realizó el corte a nivel del suelo de la parte aérea del zacate buffel, en una superficie de 1.0 m^2 . Las muestras se trasladaron al laboratorio para su secado en un Deshidratador de Charolas Marca Koleff, Modelo KL-10 a 55°C por 72 h y/o hasta alcanzar peso constante con una precisión de $\pm 0.001 \text{ g}$. En la presente investigación se analizaron datos la PMS de los años 2021 y 2022. El análisis estadístico de la PMS, se realizó con el lenguaje de programación R Development Core Team, 2014 y la comparación de medias con la prueba de Tukey, con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados para el año 2021 en relación a la PMS fueron: Barbecho $4,612 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, barbecho + subsoleo con $2,543.75 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, subsoleo con $3,825 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, rastra con $1,831.25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ y testigo con $12.5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, donde todos los tratamientos fueron superiores al testigo (Figura 1).

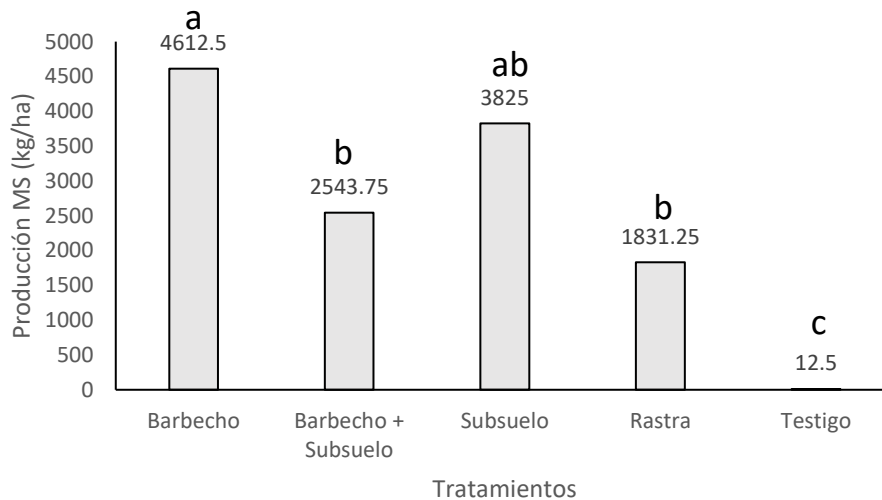


Figura 1.- Producción de MS en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en cada uno de los tratamientos en la parcela experimental en el ejido de Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coah (2021). Literales indican diferencias altamente significativas de acuerdo a la Prueba de Medias de Tukey (0.05)

Para el segundo año (2022) de evaluación, los resultados del rendimiento de la PMS fueron: Barbecho 3,801.1 kg·ha⁻¹, barbecho + subsoleo con 1,429.6 kg·ha⁻¹, subsoleo con 1,756.6 kg·ha⁻¹, rastra 2,410.4 kg·ha⁻¹ y testigo 205.5 kg·ha⁻¹, de los tratamientos evaluados el mejor tratamiento continuó siendo el T1 (Barbecho) con 3,801.08 kg·ha⁻¹, en tanto que el testigo presentó una PMS de 205.5 kg·ha⁻¹ (Figura 2), sin embargo, cualquier práctica de manejo al suelo en este estudio, incrementó la PMS.

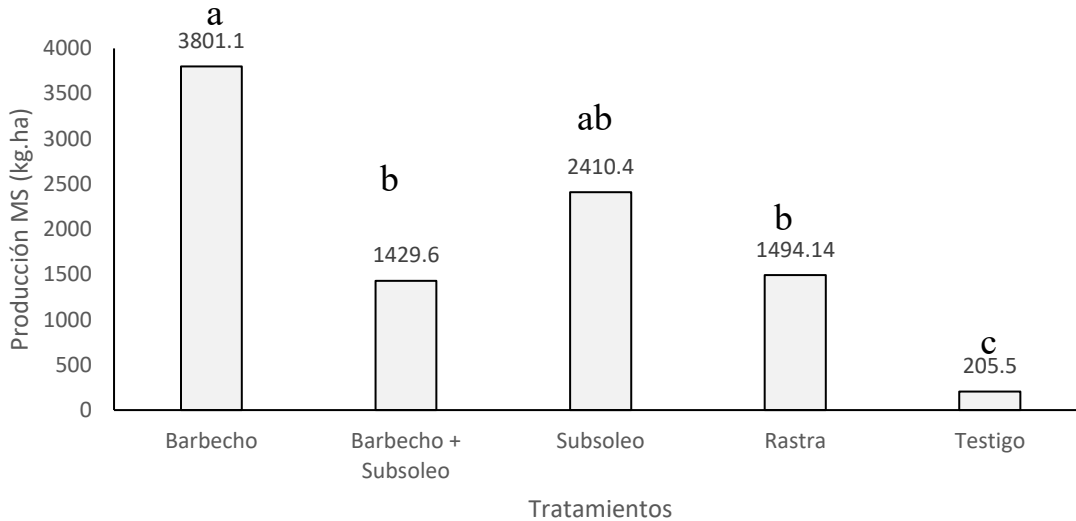


Figura 2. Producción de materia seca de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes prácticas de manejo de suelo para establecimiento de praderas bajo condiciones de temporal en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila (2022). Las literales indican diferencias altamente significativas de acuerdo a la Prueba de Medias de Tukey (0.05)

La PMS de los tratamientos en el año 2021 y 2022 presentaron un comportamiento similar. El barbecho fue la práctica más sobresaliente con una PMS de 4,612.5 kg·ha⁻¹ para 2021 y para 2022 una PMS de 3,801.08 kg·ha⁻¹, el manejo del suelo y la resiembra artificial de zacate buffel es una práctica necesaria para mejorar la condición del pastizal. Las diferencias en el comportamiento de la PMS en los dos años de evaluación, se pueden explicar tomando en cuenta, que en el año 2021 la precipitación anual en la parcela fue de 198.7 mm y fue más regular su distribución; las lluvias se presentaron en agosto y septiembre, Para el año 2022 fue un tanto irregular en comparación con el año anterior, solo se presentaron cuatro eventos de lluvia con un total de 160 mm y con una distribución tardía que afectó el rebrote, lo cual influyó en la PMS. En estudios para la rehabilitación de área agrícolas abandonadas y tierras de pastizal, destacan los realizados por Castillo *et al.* (2012) para el sureste de Coahuila con el uso del barbecho y la siembra de zacate buffel, se obtuvieron una PMS de 2,422 kg·ha·año⁻¹, casi un 90% menor a los resultados obtenidos en esta investigación. Otros estudios realizados por Loredó-Osti *et al.* (2005) para las zonas semiáridas de San Luis Potosí obtuvieron una PMS de 4,000 kg·ha⁻¹, con siembras de zacate buffel de cuatro años de establecimiento con una relación área-siembra-escurrimiento 1:4. Todos estos estudios fueron muy por debajo de los resultados obtenidos en la presente investigación.

CONCLUSIONES

Las prácticas de manejo al suelo y la siembra de zacate buffel, permiten incrementar la producción de materia seca por unidad de superficie, considerando que todas las prácticas evaluadas fueron diferentes entre ellas y en general todas fueron superiores al testigo.

El barbecho fue la práctica más adecuada para incrementar el rendimiento de materia seca y donde se obtuvieron los mejores resultados. Para el primer año 2021 para MS 4,612 kg·ha⁻¹, y para el 2022 MS 3,801.08 kg·ha⁻¹.

LITERATURA CITADA

- Beltrán, L.S.; D.C.A. García; O.C. Loredó; M.J. Urrutia; A.J.A. Hernández; V.H.G. Gámez. 2017. "Titán" y "Regio", variedades de pasto buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link) para zonas áridas y semiáridas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 8(3): 291-295
- Castillo, Q.D.; V.M. Narcia; R.C.A. Berlanga. 2012. Tecnología para la implantación de praderas con gramíneas y arbustivas en áreas agrícolas abandonadas al cultivo en la región sureste de Coahuila. Folleto Técnico 49. INIFAP. CIRNE Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coah. 37 p.
- Echavarría, Ch. F. G.; P.A. Serna; A.F.A. Rubio; R.F. Rumayor; G.H. Salinas. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio. Técnica Pecuaria en México 47(1):93-106.
- Flores I.F., Moreno M.S., Martín R.M., Denogean B.F., Giralch B.L.E. 2005. La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora, Técnica Pecuaria en México 43(2):173-183.
- Gómez de la F.E.; S.H. Díaz; F.A. Saldívar; Briones E.F.; T.V. Vargas; W.E. Grant. 2007. Patrón de crecimiento de pasto buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link) en Tamaulipas, México. Revista Técnica Pecuaria en México 45:1-17.
- Gutiérrez, L.R. 1991. Efecto del abatimiento hídrico sobre el crecimiento y producción de forraje del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Tesis de Maestría. UAAAN, Saltillo Coah. 78 p.
- Krogh, S.N.; M.S. Zeisset; E. Jackson; W.G. Whitford. 2002. Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health. Journal of Arid Environments 50, 513-519.
- Loredó-Osti C., Beltrán L.S., Villanueva D.J., Urrutia M.J. 2005. Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión. Folleto Técnico No. 26. INIFAP-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, México. 32 p.
- Ríos, Q.C.; R.P. Hernández. 2012. Establecimiento y manejo de praderas inducidas con gramíneas perennes. Folleto para Productores No. MX-O-310310-13-03-15-10-15 INIFAP-Campo Experimental Saltillo. Coahuila, México. 18 p.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2019. Rehabilitación de agostaderos, práctica sustentable y productiva. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/rehabilitacion-de-agostaderos-practica-sustentable-y-productiva>. (Consultado 13 septiembre de 2022).
- R Development Core Team. 2014. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Velásquez V.M.A., de Alba A.A., Gutiérrez L R., Espino G.G. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación del agua. Folleto Técnico Núm. 46. INIFAP- Campo Experimental Zacatecas. Zacatecas, México. 97 p.

DIVERSIDAD GENÉTICA PRELIMINAR DE UNA COLECCIÓN DE GERMOPLASMA DE *Lotus corniculatus* L. MEDIANTE MARCADORES SNP

PRELIMINARY GENETIC DIVERSITY OF A GERMPLASM COLLECTION OF *Lotus corniculatus* L. BY MEANS SNP MARKERS

Areli Fabiola Gutiérrez Arenas¹, Sergio Iban Mendoza Pedroza¹, Gabino García de los Santos¹, Martha Hernández Rodríguez^{1*}, María Isabel López Martínez¹, Said Cadena Villegas¹, Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca¹, Miguel Jorge García Winder², David Hernández Sánchez¹, Juan de Dios Guerrero Rodríguez³

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Km. 36.5, México, Montecillo, 56264, Texcoco, estado de México.

²Embajada Permanente de México en Italia. Av. Paseo de las Palmas 1994, Lomas de Chapultepec I Sección, Miguel Hidalgo, 11000, Ciudad de México.

³Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Km. 125.5, CP 72760, Puebla, Puebla, México.

*Autor por correspondencia: hernandez.martha@colpos.mx

RESUMEN

El trébol “pata de pájaro” (*Lotus corniculatus* L.) es una leguminosa de importancia forrajera. Además de su habilidad para fijar nitrógeno y colonizar suelos difíciles, esta especie produce forraje de alta calidad nutritiva comparable a la alfalfa (*Medicago sativa*) y al trébol blanco (*Trifolium repens* L.) con la particularidad de que no produce timpanismo en el ganado. Con la finalidad de evaluar la extensión y divergencia de la diversidad genética a nivel de ADN de una colección de 15 accesiones de *L. corniculatus*, se propagaron en condiciones de invernadero clones para tener folíolos jóvenes, sanos y turgentes de los cuales se extrajo ADN con un protocolo optimizado basado en CTAB. Mezclas de ADN de 10 individuos por accesión se genotiparon mediante la tecnología de secuenciación DArTseq. En total, se obtuvieron 29,334 secuencias codominantes con variación en un solo nucleótido. Los resultados mostraron que existe una amplia diversidad genética entre las 15 accesiones de *Lotus* examinadas, la cual se pudo apreciar por la formación de cinco grupos. Los Grupos I, IV y V estuvieron conformados por dos genotipos, el Grupo II por seis genotipos y el Grupo III por tres genotipos. Los grupos más divergentes estuvieron compuestos por accesiones de Francia, Canadá, Alemania y una variedad desarrollada por el Colegio de Postgraduados. Esta evaluación permitirá realizar de una manera dirigida el proceso de mejoramiento genético en esta colección para generar nuevos materiales en favor de la producción animal.

Palabras clave: ADN, secuenciación de segunda generación, diversidad, mejoramiento genético.

ABSTRACT

Birdsfoot clover (*Lotus corniculatus* L.) is an important forage legume. In addition to its ability to fix nitrogen and colonize difficult soils, this species produces forage of high nutritional quality comparable to alfalfa (*Medicago sativa*) and white clover (*Trifolium repens*). In order to evaluate the extent and divergence of genetic diversity at the DNA level of a collection of 15 *L. corniculatus* accessions, clones were propagated under greenhouse conditions to have young, healthy and turgid leaflets from which DNA was extracted with an optimized protocol based on CTAB. DNA mixtures from 10 individuals per accession were genotyped using DArTseq sequencing technology. In total, 29,334 codominant sequences with variation in single nucleotide. The results

showed that there is a wide genetic diversity in the 15 *Lotus* accessions examined, which could be appreciated by the formation of 5 groups. Groups I, IV and V were made up of two genotypes, Group II by 6 genotypes and Group III by three genotypes. The most divergent groups were composed of accessions from France, Canada, Germany, and a cultivar developed by the Colegio de Postgraduados. This evaluation will allow to perform the genetic improvement process in this collection in a directed way to generate new materials in favor of animal production.

Keywords: DNA, second generation sequencing, diversity, genetic improvement.

INTRODUCCIÓN

El trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.) es una leguminosa perenne de importancia forrajera con calidad nutritiva similar a la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y al trébol blanco (*Trifolium repens* L.), no produce timpanismo y favorece la utilización de nitrógeno en el ganado (Hymes *et al.*, 2013). Es una planta de la familia Fabacea con centro de diversidad y especiación en Transcaucasia (Chen *et al.*, 2023). *Lotus* es un género con más de 150 especies (anuales y perennes) que forma el complejo denominado *Lotus corniculatus* donde solo unas pocas especies se encuentran en proceso de domesticación entre las que se incluyen *L. corniculatus*, *L. uliginosus*, *L. tenuis*, *L. subbiflorus* y *L. ornithopodioides*. De ellas, *L. corniculatus* es la más utilizada porque acumula más forraje que otras especies. *L. corniculatus* es alotetraploide y autoincompatible, con gran capacidad adaptativa en suelos degradados, deficientes de fósforo, salinos o ácidos, por lo que suele utilizarse para restaurarlos debido a su habilidad simbiótica con *Mesorhizobium spp.* (Lorite *et al.*, 2018).

El origen de *L. corniculatus* se remonta a *L. alpinus*, *L. japonicus*, *L. uliginosus* y *L. tenuis* (Grant y Small, 1996). Con estas dos últimas especies comparte rasgos como el hábito de crecimiento, color de las flores y el metabolismo secundario de los glicósidos cianogénicos. Estos rasgos, junto con la producción de biomasa, altura de planta y concentración de taninos son el enfoque del mejoramiento para los sistemas pastoriles basados en *L. corniculatus* donde, para el desarrollo de variedades, es esencial comprender la base genética que determina los rasgos y respuestas de interés. Actualmente, nuevas herramientas como la secuenciación de siguiente generación (NGS, por sus siglas en inglés) permiten estudiar esta base mediante la examinación de miles de posiciones en el genoma que varían en un solo nucleótido (SNP, por sus siglas en inglés).

Para *L. corniculatus* diferentes aproximaciones se han llevado a cabo para estudiar su diversidad genética utilizando herramientas moleculares. Steiner y García de los Santos (2001) examinaron la diversidad genética de 28 genotipos con marcadores RAPD, Alem y colaboradores (2011) caracterizaron 60 genotipos mediante el empleo de marcadores tipo microsatélite o SSR, Abraham y colegas (2015) evaluaron la diversidad genética de 160 genotipos en relación con el tipo de hábitat y la composición de especies con marcadores ISSR y, recientemente, Chen y colaboradores (2023) examinaron la diversidad de 272 genotipos de *L. corniculatus* mediante resecuenciación masiva para también mapear polimorfismos candidatos responsables de la variación de la longitud del tallo, altura de la planta y la síntesis de glicósidos cianogénicos como lotaustralina y linamarina. El objetivo de esta investigación es dar a conocer el análisis preliminar de la diversidad genética de una colección de 15 genotipos de *L. corniculatus* mediante marcadores SNP establecida en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo en Texcoco, Estado de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (19°30' N, 98°53' O, 2250 msnm, templado subhúmedo) con temperatura promedio de 15 °C y precipitación anual acumulada de 500 mm (García, 2004). El material vegetal fueron 15 genotipos de *L. corniculatus* provenientes del Departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norteamérica (USDA-ARS) seleccionados

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

de un conjunto de 32 variedades evaluadas en campo para adaptabilidad y sequía (Cuadro 1) en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, México, en 1997.

Cuadro 1. Relación de genotipos de *Lotus corniculatus* L. y su origen geográfico

Colecta	País	Clave
260012	Brasil	G1
255301	Francia	G2
277318	Francia	G3
188867	Italia	G4
255305	Italia	G5
202700	Uruguay	G6
226792	Canadá	G7
232098	Alemania	G8
Estanzuela Ganador	Uruguay	G9
San Gabriel	Uruguay	G10
Gran San Gabriel	Uruguay	G11
Procedel 504	Uruguay	G12
CP-222	México	G14
CP-223	México	G15
CP-2230	México	G16

Propágulos de estos genotipos se trataron con enraizador Radix 1500 para establecerlos en macetas de plástico de 1 kg llenadas con suelo esterilizado mezclado con vermiculita y Peat Moss. Para el análisis se utilizaron 10 plantas por genotipo, en total fueron 150 plantas. Previo al muestreo se realizó un corte de uniformización para nivelar el crecimiento y tener foliolos jóvenes, sanos y turgentes para la extracción de ADN. Este muestreo se hizo de foliolos 30 días después del corte. De estas estructuras, se obtuvo una submuestra de 300 mg a partir de la cual se hizo la extracción de ADN siguiendo un protocolo optimizado basado en el descrito por Doyle y Doyle (1987). Los ADN de 10 plantas de cada genotipo se cuantificaron mediante absorbancia y evaluaron en integridad en gel de agarosa al 0.8% para luego preparar mezclas conjuntas de cada genotipo con volúmenes equimoleculares. En total fueron 15 conjuntos, cada uno con ADN de 10 plantas por genotipo. De ellos, se preparó una alícuota de 30 μ l a 100 ng μ l⁻¹ para enviar a genotipar al Servicio de Análisis Genético para la Agricultura del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo y obtener los marcadores SNP.

Los marcadores se recibieron como secuencias de 70 nucleótidos en promedio. Estas secuencias se filtraron para retirar aquellas con más del 15% de datos faltantes o con frecuencia del alelo menor <0.05. Una vez limpia la matriz de datos, se obtuvieron los estadísticos de diversidad, la matriz de distancias genéticas y el dendrograma de relaciones genéticas mediante un script desarrollado para el caso ejecutado mediante RStudio (R Development Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad genética es la variedad de genes presentes en una población. La variedad se refiere a múltiples formas o polimorfismos. A nivel de secuencia de ADN, los polimorfismos son variaciones en el orden y secuencia de los nucleótidos que dan origen a los alelos. Son estos alelos los que construyen la diversidad biológica y fundamentan el potencial evolutivo, la adaptación, resistencia y supervivencia, así como la estabilidad de los ecosistemas. Los alelos se pueden descubrir mediante diferentes aproximaciones, una de ellas es la secuenciación.

La tecnología DarTseq es un tipo de secuenciación NGS que permite escanear todo el genoma y estudiar la variabilidad genética de una población. Para esta tecnología, la calidad del ADN es

esencial debido a que resultados precisos y confiables dependen de la integridad y calidad del ADN que se va a secuenciar. *L. corniculatus* es una especie que tiene taninos con propiedades de unión a otras moléculas como el ADN. En esta investigación algunos genotipos tuvieron ADNs impuros no calificables para NGS lo que llevó a la optimización del protocolo de extracción.

En este caso, la optimización se centró en el muestreo y en la adición de 20 mg de PVP40 al tejido previo a su homogenización con nitrógeno líquido. Con estas modificaciones se obtuvo un rendimiento de ADN de $1682 \text{ ng} \pm 422.205$ con valores de pureza de 2.1 ± 0.0165 y 2.2 ± 0.058 para las relaciones $OD_{260/280}$ y $OD_{260/230}$, respectivamente, lo que indicó la ausencia de contaminantes dentro de las muestras (Sambrook y Russell, 2001). Por otro lado, la integridad del ADN en un gel analítico confirmó una banda de alto peso molecular, sin barridos, obligatoria para obtener exactitud en las lecturas NSG.

En relación con la diversidad y divergencia genética de los 15 genotipos de *L. corniculatus*, se encontró que hubo una alta variabilidad genética tal y como fue revelada por el dendrograma basado en la distancia genética de Rogers (Figura 1).

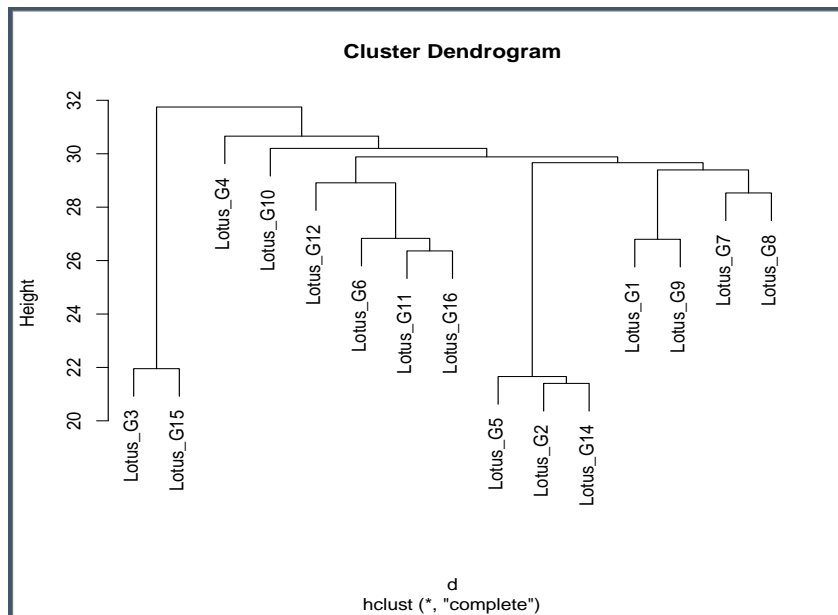


Figura 1. Agrupamiento de 15 genotipos de *L. corniculatus* con base en marcadores SNP.

Este dendrograma fue resultado de 29,334 marcadores SNP que abarcaron todo el genoma de *L. corniculatus*. La cobertura completa del genoma se tuvo por la doble digestión enzimática para reducir la complejidad del genoma y el uso de la plataforma DArT para el descubrimiento rápido de SNPs (Sansaloni *et al.*, 2011). En promedio, la proporción de muestras homocigóticas y heterocigóticas fue de 0.489 y 0.0807, respectivamente, en tanto que, el contenido de información polimórfica para el alelo de referencia y la muestra fue de 0.2771 y 0.2901, respectivamente. Esta variación revelada mediante el agrupamiento fue consistente con la reportada por Steiner y García de los Santos (2001), Alem *et al.*, (2011), Abraham *et al.*, (2015) y Chen *et al.*, (2023). De este agrupamiento se pudieron observar cinco grupos. Los Grupos I, IV y V estuvieron conformados por dos genotipos provenientes de Francia, México, Brasil, Uruguay, Canadá y Alemania; en tanto que el Grupo II por seis genotipos de Italia, Uruguay y México. Finalmente, el Grupo III clasificó a tres genotipos de Italia, Francia y México. De estos grupos, los más divergentes estuvieron compuestos por accesiones de Francia, Canadá, Alemania y México.

CONCLUSIONES

El análisis mediante marcadores SNP de 15 genotipos de *L. corniculatus* de la colección de germoplasma del Colegio de Postgraduados reveló que la colección tiene una amplia diversidad genética. Esta diversidad se clasificó dentro de cinco grupos, dos de ellos muy contrastantes en términos de variación genética a nivel molecular. Además, permitió optimizar un protocolo de extracción de ADN para estudios genómicos para esta especie. Estos resultados fortalecerán el programa de mejoramiento del Colegio de Postgraduados basado en la selección de padres de *L. corniculatus* con combinaciones genéticas complementarias y favorecer la posibilidad de obtener progenie con rasgos mejorados que brinden nuevas opciones para la producción animal.

Se agradece al Campus Montecillo por las facilidades brindadas para realizar esta investigación y a la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático (PREGEP-Ganadería, Campus Montecillo), del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Abraham, E.M., Ganopoulos I., Giagourta, P., Osathanunkul, M., Bosmali, I., Tsaftaris, A., Papaionnaou, A., and Madesis, P. 2015. Genetic diversity of *Lotus corniculatus* in relation to habitat type, species composition and species diversity. *Biochemical Systematics and Ecology* 63 59e67
- Alem, D., Narancio, R., Días delavalle, P., Rebuffo, M., Zarza, R., and Dalla Rizza, M. 2011. Molecular characterization of cultivars of *Lotus corniculatus* using transferable microsatellite markers. *Ciencia e Investigación Agraria* 38(3): 453-461.
- Chen, Ch., Zhang, K., Liu, F., Wang, X., Yao, Y., Niu, X., He, Y., Hong, J., Liu, F., Gao, Q., Zhang, Y., Li, Y., Wang, M., Lin, J., Fan, Y., Ren, K., Shen, L., Gao, B., Ren, X., Yang, W., Georgiev, M., Zang, X., and Zhou, M. 2023. Resequencing of global *Lotus corniculatus* accessions reveals population distribution and genetic loci, associated with cyanogenic glycosides accumulation and growth traits. *BMC Biology* 21:176
- Doyle, J.J. and Doyle J.L. 1987. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus* 12: 13-15.
- García E. (2004) Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ta ed. Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México 217 p
- Grant, W. F., and Small, E. 1996. The origin of the *Lotus corniculatus* (Fabaceae) complex: a synthesis of diverse evidence. *Canadian Journal of Botany*. 74(7): 975-989.
- Hymes, F.U.C., Broderick G.A., Muck R.E., and Grabber J.H. 2013. Replacing alfalfa or red clover silage with birdsfoot trefoil silage in total mixed rations increases production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96:460-469.
- Lorite, M. J., Estrella., M. J., Escaray, F. J., Sannazzaro, A., Videira e Castro I. M., Monza, J., Sanjuan, J., and León-Barrios, M. 2018. The Rhizobia-*Lotus* symbioses: deeply specific and widely diverse. *Frontiers in Microbiology* 9:2055
- RStudio Team. 2021. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston: Author. Retrieved from <http://www.rstudio.com/>
- Sambrook J, and Russell DW. 2001. Chapter 6. Preparation and analysis of eukaryotic genomic DNA. In: *Molecular Cloning: a Laboratory Manual*, 3rd ed. New York, USA: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sansaloni C., C. Petrolí, D. Jaccoud, J. Carling, F. Detering, D. Grattapaglia, and A. Kilian. 2011. Diversity Arrays Technology (DArT) and next generation sequencing combined: genome-wide, high throughput, highly informative genotyping for molecular breeding of Eucalyptus. *BMC Proceedings*. 5(Suppl 7): P54
- Steiner, J. J., and García de Los Santos, G. 2001. Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes: I. Plant morphology and RAPD marker characterizations. *Crop Science* 41:552–563.

EVOLUCIÓN TAXONÓMICA DE LA TRIBU STIPEAE EN MÉXICO

Juan José Gutiérrez Sánchez¹, José Guadalupe Martínez Martínez^{2*}, Joshua Álvarez Acacio²

¹Predios o Instalaciones que Manejan Vida Silvestre (PIMVS) Rancho Alva, 1° cerrada camino a la Siberia, San Luis Huexotla, Texcoco, Edo de México, México.

²Universidad Autónoma Chapingo (UACH) Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Carretera México Texcoco km 38.5, Texcoco Edo. de México, México.

* Autor por correspondencia: jmartinezm@chapingo.mx

RESUMEN

A lo largo del tiempo el ser humano ha desarrollado interés por conocer su entorno, dado a esta inquietud también desarrollo herramientas para clasificar a cada uno de los seres con los que convive en su vida cotidiana (taxonomía). El presente trabajo se realizó pensando en hacer un recuento histórico de las modificaciones en los taxa que conforman a la tribu Stipeae, utilizando literatura especializada además de apoyo de herbarios virtuales, así como físicos. Teniendo como objetivo la expresión taxonómica aceptada en la actualidad de cada uno de los géneros como de sus respectivas especies, esto para conocer la distribución en México de cada una de ellas y con ello reconocer los recursos forrajeros, así como precisar manejo a estos recursos en los agostaderos de Norteamérica, sin dejar de lado la precaución de algunas especies que pueden tener efectos adversos en el ganado al momento de ser consumidas.

Palabras clave: Filogenia, Clasificación, Poaceae, Stipeae, Morfología

ABSTRACT

Over time, human beings have developed an interest in understanding their environment. Due to this curiosity, they have also developed tools to classify each of the beings they coexist with in their daily lives (taxonomy). The present work was carried out with the intention of providing a historical account of the modifications in the taxa that make up the Stipeae tribe. To achieve this, specialized literature was used, along with support from both virtual and physical herbariums. The main objective was to present the current taxonomic classification of each of the genera and their respective species, in order to understand their distribution in Mexico and recognize their forage resources. Additionally, the aim was to establish proper management practices for these resources in the rangelands of North America, taking into consideration the potential adverse effects that some species might have on livestock when consumed

Keywords: Phylogeny, Classification, Poaceae, Stipeae, Morphology.

INTRODUCCIÓN

En promedio se reportan 11,506 especies, las cuales se distribuyen en 52 tribus, 90 subtribus y 768 géneros. De los cuales tienen presencia en territorio mexicano alrededor de 1312 especies (tanto endémicas como introducidas), las cuales comprenden 215 géneros en total, dando así al país el 6° lugar en cuanto a riqueza de la familia Poaceae y su distribución es cosmopolita, va desde las zonas áridas del norte del país, zonas tropicales, así como de alta montaña. Por esta razón se considera que es una familia que ha evolucionado para adaptarse a casi todos los climas del mundo (Sánchez-Ken, 2019).

El ser humano siempre ha utilizado algún método para la clasificación de las cosas que lo rodean para comprender un poco mejor el entorno donde se desarrolla, y el caso de las gramíneas no es excepción. A lo largo la historia se han realizado varios trabajos para clasificar a las gramíneas, en

un principio se empezó a implementar caracteres anatómicos, posteriormente, debido a que la tecnología ha avanzado a pasos agigantados desde la década de los noventa con estudios filogenéticos basados en biología molecular, para la taxonomía de las gramíneas en la actualidad se realiza principalmente con base en filogenia (relación de parentesco entre taxa), sin embargo y dada la necesidad de trabajo en campo es necesario la vinculan de los diferentes taxa con información anatómica, morfológica y cromosómica (Dávila *et al.*, 2018)

La tribu Stipeae se ubica dentro de la subfamilia Pooideae. A finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX, acontecieron varias aportaciones de interés para la tribu Stipeae, gran parte de las investigaciones orientadas en los taxa americanos. En 1812 Beauvois segrego algunas especies del género *Stipa* en tres géneros: *Chaetaria*, *Achnatherum* y *Piptochaetium*. De 1978 a 1985 Thomasson comenzó a documentar la importancia filogenética del patrón de la epidermis de la lema entre los géneros de la tribu (Peterson *et al.*, 2019; Vásquez & Devesa, 1996).

A nivel mundial para el 2002 se registraban de 15-17 géneros y aproximadamente 450 especies, Sudamérica tienen la mayor diversidad de especies de esta tribu, con alrededor de 250 especies, le sigue Europa y Asia con un aproximado de 200 especies Y en menor medida Norteamérica y Australia ± 60 especies (Valdes-Reyna & Barkworth, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consultó literatura especializada además de herbarios digitales y físicos entorno a la clasificación taxonómica tribu Stipeae con especial énfasis en el territorio nacional.

Mediante los artículos consultados de varios autores, que hablan acerca de la clasificación taxonómica, y diversidad de la tribu. Se realizó el recuento del surgimiento de la tribu, además de cómo se fue haciendo la segregación de géneros, así como de las diferentes especies que los conforman a lo largo del tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1815. Dumort establece la tribu Stipeae, mediante la morfología de la espiguilla.

1812. Beauvois segrego algunas especies del género *Stipa* en tres géneros: *Chaetaria*, *Achnatherum* y *Piptochaetium*

1830. Trinius describe a *Nassella* como subgénero de *Stipa*.

1852. Grisebach Describe a *Ptilagrostis* como género.

1854. Desvaux describe al género *Nassella* principalmente para el continente americano con alrededor de 80 especies y así segregando al género *Stipa*.

1935. Hitchcock la delimitación de la tribu se basa ampliamente en 2 grandes géneros (*Stipa* y *Oryzopsis*)

1951. Hitchcock Acepta a 4 géneros (*Piptochaetium*, *Oryzopsis*, *Nassella*, *Stipa*) nativos de norte América.

1980. Thomasson documenta la importancia de la filogenia para clasificar a los géneros de la tribu.

1982. Weber confirma que *Ptilagrostis* es un género.

2002. Valdés & Barkworth reconocen 4 géneros (*Nassella*, *Piptochaetium*, *Achnatherum* y *Jarava*) en el estado de Veracruz.

2007. Barkworth reconoce 9 géneros nativos (*Achnatherum*, *Amelichloa*, *Hesperostipa*, *Jarava*, *Nassella*, *Oryzopsis*, *Piptatherum*, *Piptochaetium*, *Ptilagrostis*, y un género híbrido \times *Achnella*) de la tribu Stipeae en norte América.

2008. Romaschenko et al. Mapearon los patrones que se encuentran en las lemas en árboles filogenéticos.

2013. Según Valdés et al. Se continua con estudios moleculares y sustenta la correlación con morfología de los diferentes géneros.

2019. Peterson et al. Crean una clave para géneros norteamericanos de la tribu Stipeae.

2019. Sánchez-Ken realiza un listado de la riqueza y clasificación de gramíneas presentes en el territorio mexicano, incluyendo a la tribu Stipeae.

Dentro de la taxonomía de la tribu Stipeae, a sufrido varios cambios en los diferentes niveles taxonómicos, sin embargo, gracias a los estudios que se han hecho a lo largo del tiempo se han segregado géneros, algunos otros se han enriquecido, esto nos da pauta para englobar ciertas características que nos sirven de indicadores que pueden ser o no necesariamente benéficas en aspectos como ecología, nutrición animal entre otras.

Tabla 1. Géneros y especies que conforman la tribu Stipeae en Mexico

Género	Características principales del género	Especies
<i>Achnatherum</i>	Callo 0.1-4mm afiliado, aristas:3-80 mm	<i>A. Acutum</i> , <i>A. altum</i> , <i>A. aridum</i> , <i>A. bracteatum</i> , <i>A. constrictum</i> , <i>A. coronatum</i> , <i>A. curvifolium</i> , <i>A. diegoense</i> , <i>A. editorum</i> , <i>A. eminens</i> , <i>A. hirticulme</i> , <i>A. lobatum</i> , <i>A. multinode</i> , <i>A. occidentale</i> , <i>A. parishii</i> , <i>A. perplexum</i> , <i>A. robustum</i> ,
<i>Amelichloa</i>	Callo antrorsamente estrigosos, aristasuna o dos veces geniculada, escabrosa, persistente, sin presencia de corona	<i>A. clandestina</i>
<i>Eriocoma</i>		<i>E. hymenoides</i>
<i>Hesperostipa</i>	Callo; 2-6 mm, aristas: 50-225mm	<i>H. comata</i> , <i>H. neomexicana</i> , <i>H. saxicola</i> , <i>H. sparteae</i> , <i>H.</i>
<i>Jarava</i>	Callo; 0.2-1.6 mm, arista: 9-45 mm, corona: membranacea portando un vilano	<i>J. ichu</i>
<i>Nassella</i>	Callo: agudo, aristas; 2 veces geniculada, la segunda geniculacion de color oscuro, corona; generalmente membranosa	<i>N. cernua</i> , <i>N. lepida</i> , <i>N. leucotricha</i> , <i>N. linearifolia</i> , <i>N. mexicana</i> , <i>N. mucronata</i> , <i>N. pulchra</i> , <i>N. tenuissima</i> , <i>N. viridula</i>
<i>Pappostipa</i>	Callo: agudo, arista: primer segmento pubescente.	<i>P. speciosa</i>
<i>Piptochaetium</i>	Callo: agudo bien definido, aristas: caducas, generalmente 2 veces geniculadas, corona; ciliadas, palea acanalada	<i>P. angustifolium</i> , <i>P. avenaceum</i> , <i>P. brevicalyx</i> , <i>P. fimbriatum</i> , <i>P. linearis</i> , <i>P. pringlei</i> , <i>P. seleri</i> , <i>P. stipoides</i> , <i>P. virescens</i>
<i>Ptilagrostis</i>		<i>P. kingii</i>

CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo, la taxonomía al igual que otras ramas del conocimiento, ha avanzado y actualizado gracias al desarrollo de nuevas tecnologías como lo es la filogenia, así como los estudios moleculares. Esto nos ayuda a tener más certeza al momento de realizar las modificaciones de los taxa que así lo requieran. Gracias a estos cambios los géneros que ahora conforman a la tribu Stipeae nos indican algunas características tanto morfológicas como de composición nutrimental que pueden ser de beneficio o de precaución al momento en que sean consumidas por el ganado.

LITERATURA CITADA

- Dávila, P., Mejia-Saulés, M. T., Soriano-Martínez, A. M., & Herrera-Arrieta, Y. (2018). Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 462–514. <https://doi.org/10.17129/botsci.1894>
- Peterson, P. M., Romaschenko, K., Soreng, R. J., & Reyna, J. V. (2019). A key to the North American genera of Stipeae (Poaceae, Pooideae) with descriptions and taxonomic names for species of Eriocoma, Neotrinia, Oloptum, and five new genera: Barkworthia, ×Eriosella, Pseudoeriacoma, Ptilagrostiella, and Thorneochloa. *PhytoKeys*, 126(2019), 89–125. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.126.34096>
- Sánchez-Ken, J. G. (2019). Species richness, classification and a checklist of the grasses (Poaceae) of Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 126. <https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1379>
- Valdes-Reyna, J., & Barkworth, M. E. (2002). Poaceae II : Pooideae: tribu Stipeae. Instituto de Ecología, A.C.

Vásquez, M. F., & Devesa, J. A. (1996). Stipeae en la península ibérica. *Acta Botanica Mexicana*, 125–189.

PRESENCIA Y PROPIEDADES DE LAS POACEAS ASOCIADAS A HUMEDALES ARTIFICIALES EN TRES EJIDOS DE POANAS, DURANGO, MÉXICO

PRESENCE AND PROPERTIES OF POACEAS ASSOCIATED WITH ARTIFICIAL WETLANDS IN THREE EJIDOS OF POANAS, DURANGO, MEXICO

Gonzalo Hernández Ibarra^{1,2*} Jorge Homero Rodríguez Castro³, Luis Gerardo Yáñez Chávez¹, Mayela Rodríguez González⁴

¹Profesor-investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango.

²Estudiante del Programa Doctoral División de Estudios de Posgrado Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Victoria, Tamaulipas

³Profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Ciudad Victoria, Tamaulipas.

⁴Egresada del Doctorado en Ciencias por la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor para correspondencia: chalonza2011@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el municipio, Poanas, Durango; durante los meses de julio a diciembre de 2022. Se planteó como objetivo listar y describir las especies de Poaceas asociadas a humedales artificiales en tres ejidos del municipio. Durante 6 meses se visitó al menos un día al mes a cada humedal encontrado dentro de los polígonos de los ejidos El Refugio, El Potosí y Orizaba. Se ubicó, registró y fotografió a cada especie de gramínea encontrada. Un total de 8 humedales fueron visitados; de los cuales 4 pertenecen al ejido El Refugio, 2 al ejido El Potosí y 2 al ejido Orizaba, respectivamente. Se contabilizaron un total de 31 especies distintas de pastos, destacando el género *Paspalum* con 3 especies, *Bouteloua*, *Chloris*, *Cynodon*, *Eragrostis*, *Setaria* y *Sporobolus* con 2 especies y los restantes 16 géneros con una sola especie, respectivamente; De acuerdo con sus propiedades el 32.3% de las especies se categorizaron como que responden a prácticas de resiembra; además la aptitud forrajera se considera como buena puesto que las categorías: Excelente, excelente a buena y buena a regular suman 84% del total de especies registradas.

Palabras clave: Gramíneas, forrajeo, pastizales, *Paspalum*, *Bouteloua*.

ABSTRACT

The present study was developed in the municipality, Poanas, Durango; during the months of July to December 2022. The objective was to list and describe the Poaceae species associated with artificial wetlands in three ejidos of the municipality. For 6 months, each wetland found within the polygons of the El Refugio, El Potosí and Orizaba ejidos was visited at least one day per a month. Each species of grass found was located, recorded, and photographed. A total of 8 wetlands were visited; of which 4 belong to the El Refugio, 2 to the El Potosí and 2 to the Orizaba, respectively. A total of 31 different species of grasses were counted, highlighting the genus *Paspalum* with 3 species, *Bouteloua*, *Chloris*, *Cynodon*, *Eragrostis*, *Setaria* and *Sporobolus* with 2 species and the remaining 16 genera with a single species, respectively; According to their properties, 32.3% of the species were categorized as responding to replanting practices; Furthermore, forage aptitude is

considered good since the categories: Excellent, excellent to good and good to fair add up to 84% of the total registered species.

Keywords: Grasses, foraging, grasslands, *Paspalum*, *Bouteloua*.

INTRODUCCIÓN

En México muchas comunidades campesinas dependen cultural y económicamente de la sobrevivencia y la salud de los humedales pues hay gran variedad de productos que se consumen cotidianamente tienen su origen en estos lugares (SADER, 2022). Los humedales se pueden definir como áreas en las cuales el nivel del agua está cerca de, justo al, o encima del nivel de la superficie del terreno (Smith, 1980; citado por Sánchez, 2007). De igual forma, algunos han cambiado su vocación para acuicultura, embalses y canales de riego (Lu *et al.*, 1998). El desarrollo de humedales artificiales podría ser una alternativa para compensar la pérdida de humedales naturales (Rahman & Ismail, 2018). Por su parte autores como Beetle (1987) dicen que existen alrededor de 1127 especies e indican que 50 % del total de especies presentes en el país tienen un potencial forrajero, aunque muy pocas de éstas son utilizadas para este fin, pues son sustituidas por unas cuantas especies forrajeras introducidas (por ejemplo, sorgo, avena, zacate estrella, pasto bermuda, etcétera). Al considerar que los humedales en la región sureste de Durango albergan pastos de importancia tanto para animales de interés zootécnico como para especies de fauna silvestre; se planteó como objetivo listar y describir las especies de Poaceas asociadas a humedales artificiales en tres ejidos en Poanas, Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el municipio Poanas y limita al norte con el municipio de Guadalupe Victoria y Cuencamé, al sur con Vicente Guerrero, al oeste con los municipios de Nombre de Dios y Durango; y al este colinda con el estado de Zacatecas. La cabecera municipal se encuentra en las coordenadas 23°58' de latitud norte y 104°03' de longitud oeste. Su altitud sobre el nivel medio del mar es de 1,920 m (INAFED, 2010).

El clima predominante en la región de estudio es templado subhúmedo con lluvias en verano (BS1k); frío en invierno, registrándose temperaturas promedio anuales de 25.9° C., la precipitación pluvial es de 496 mm promedio anuales con una evaporación de 213 mm promedio anual, el periodo de incidencia de heladas abarca los meses de noviembre hasta marzo (INAFED, 2010).

Metodología. Consistió en la realización de 6 visitas al área del proyecto (6 visitas entre julio y diciembre de 2022), para recabar información en campo; además de haber contactado integrantes de la Mesa Directiva del Comisariado Ejidal para solicitar y conseguir permiso de acceso a los humedales de cada núcleo agrario. Se visitaron en un vehículo y se recorrieron a pie los alrededores de cada humedal en los potreros y áreas de cultivo según la ubicación referida por las autoridades mencionadas. En cada visita se capturó mediante fotografía digital con una cámara fotográfica modelo Coolpix P900 de marca Nikon a cada ejemplar de Poaceas con características distintivas diferentes unos de otros para posteriormente efectuar la identificación respectiva mediante Guías para la identificación de Poáceas: Herrera & Cortes (2009), Herrera & Pámanes (2010) y la plataforma online de Naturalista de la CONABIO (2023).

Análisis de Datos. La información se sistematizó por familia, género y especie. Se utilizó el programa Excel de la paquetería Microsoft© para ordenar especies, describir y graficar los órdenes y familias de las plantas encontradas y registradas de donde se elaboraron tablas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interacción que guardan los humedales artificiales con la presencia en estos o en los alrededores es primordial para mantener un adecuado equilibrio del sitio al participar en las cadenas tróficas; por ende, el realizar estudios relacionados con la descripción y registro de especies de Poaceas, considerando listar una serie de datos referentes a los individuos y el valor relativo como contribución al conocimiento de éstas y el hábitat donde se ubican adquieren mayor relevancia. Se encontraron un total de 8 humedales los cuales fueron visitados; repartidos por núcleo agrario 4 pertenecen al ejido El Refugio, 2 al ejido El Potosí y 2 al ejido Orizaba; del total de humedales artificiales solamente uno se encontró en áreas de cultivo los siete restantes se encontraron en potreros.

De las 31 especies encontradas destaca la presencia de *Setaria adhaerens*, *Sorghum halepense*, *Cynodon dactylon*, *Hopia obtusa*, *Eragrostis intermedia*, *Paspalum notatum* y *Paspalum lividum*, en los 8 humedales artificiales estudiados (Cuadro 1). Autores como Moreno et al. (2010) encontraron que a los humedales regionalmente se les nombra con gran diversidad de nombres locales y la mezcla de especies en una superficie determinada dificulta la aplicación de una terminología uniforme a los humedales herbáceos emergentes, aseverando que éstos se distribuyen desde el sur de Estados Unidos hasta Sudamérica, dichos autores en un estudio realizado en planicies costeras de Veracruz reportan tres grupos con una presencia importante de gramíneas forrajeras: i) *Cynodon dactylon-Sagittaria lancifolia-Ipomoea carnea*, ii) *Cyperus articulatus-Paspalum notatum-Hydrocotyle bonariensis*, iii) *Setaria geniculata-Thalia geniculata*; en el presente estudio encontramos 3 humedales con vegetación variada además de Poaceas se observaron especies de los géneros: *Typha dominguensis*, *Nicotiana glauca* y *Cucurbita foetidissima*; probablemente se pueden categorizar como humedales herbáceos emergentes colectando más información de las especies herbáceas, arbustivas y arbóreas presentes en cada uno de los tres humedales.

Dávila et al. (2018) aluden que, en México, se registran 295 especies de gramíneas y que cinco géneros (*Muhlenbergia*, *Paspalum*, *Bouteloua*, *Panicum* y *Eragrostis*) aportan 35.3 % del total de las especies de gramíneas endémicas de México; estos géneros concuerdan con cuatro de las encontrados en el presente estudio excepto el género *Muhlenbergia*. Los mismos autores afirman que en el territorio mexicano se han registrado un total de 154 especies introducidas y/o cultivadas pertenecientes a los 5 géneros siguientes: *Eragrostis*, *Digitaria*, *Bromus*, *Cenchrus* y *Dactyloctenium*; coincidiendo con cinco géneros que se registraron en este estudio.

En el Cuadro 2, se observa lo referente a la aptitud forrajera en la categoría Excelente, Excelente a buena y Buena a regular sumaron el 84 % del total de especies y se encontraron al menos en el 50% de los humedales en estudio. En este tenor Dávila y colaboradores (2018) aluden que, como parte de su vocación forrajera, las gramíneas interaccionan constantemente con las malezas presentes. Así mismo resaltan las especies que responden a prácticas de resiembra con el 32.3%, instancias como el INIFAP, (2015) recomienda cuatro especies de pastos destacando al *Cynodon dactylon* sobre todo para zonas secas a templadas.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Especies de Poaceas encontradas, nombre común y origen en 8 humedales artificiales.

N o.	Nombre común	Nombre científico	Origen
1	Tres barbas anual	<i>Aristida adscensionis</i>	Viejo mundo
2	Popotillo plateado	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Nativa, Se distribuye desde EUA hasta Argentina
3	Navajita banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Nativa de América, abundante en el Norte de México
4	Navajita azul	<i>Bouteloua gracilis</i>	Nativa de Norteamérica
5	Zacate bromo	<i>Bromus catharticus</i>	Nativa de Sudamérica, cultivada en México y escapada de cultivo
6	Roseta	<i>Cenchrus echinatus</i>	Originaria de América y presente en gran parte de México
7	Cadillo rosetilla	<i>Cenchrus incertus</i>	Nativa de América
8	Rhodes	<i>Chloris gayana</i>	Originaria de África, introducida y ampliamente cultivada en América tropical
9	Pata de gallo	<i>Chloris submutica</i>	Nativa americana, conocida desde Estados Unidos hasta Guatemala y Sudamérica
10	Zacate mota	<i>Chloris virgata</i>	Nativa, conocida desde Estados Unidos hasta Argentina
11	Bermuda agrarista	<i>Cynodon dactylon</i>	Nativa del Viejo Mundo, cultivada ampliamente como forraje en América
12	Pasto estrella africana	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Originaria de África
13	Pata de gallo	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Nativo del viejo mundo naturalizado en América
14	Zacate mano anual	<i>Digitaria ternata</i>	Nativa del Viejo Mundo, recientemente introducida en la región tropical de América
15	Arrocillo silvestre	<i>Echinochloa colona</i>	Viejo mundo, Registrado en la mayoría de los estados del país
16	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i>	Viejo mundo
17	Amorseco	<i>Eragrostis intermedia</i>	Nativa, conocida desde el Sur de Estados Unidos hasta Guatemala
18	Zacate amor mexicano	<i>Eragrostis mexicana</i>	Nativa, conocida desde el Centro de Estados Unidos hasta Argentina
19	Barba negra	<i>Heteropogon contortus</i>	Nativa, distribuida desde el Suroeste de Estados Unidos hasta Argentina
20	Zacate guia	<i>Hopia obtusa</i>	Nativa, citada desde el Suroeste de Estados Unidos al Centro de México
21	Zacate gigante	<i>Leptochloa dubia</i>	Nativa, conocida desde el Sur de Estados Unidos, México, Las Antillas hasta Chile y Argentina
22	Zacate rosado	<i>Melinis repens</i>	Nativa de África, introducida y naturalizada en México
23	Pasto horquilla	<i>Paspalum conjugatum</i>	Nativa de América tropical
24	Pasto morado	<i>Paspalum lividum</i>	Sureste de Estados Unidos a Argentina incluyendo las Antillas
25	Zacate bahía	<i>Paspalum notatum</i>	Nativa, conocida desde Estados Unidos, México hasta Sudamérica y las Antillas
26	Cola de zorra pegajosa	<i>Setaria adhaerens</i>	Originaria del noroeste de África se encuentra desde EUA hasta Guatemala
27	Pajita tempranera	<i>Setaria macrostachya</i>	Nativo de América, conocida desde el Suroeste de Estados Unidos hasta México y Las Antillas
28	Zacate johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Originaria del Mediterráneo, introducida con semillas de forrajes y naturalizada en casi todo el mundo
29	Zacate alcalino	<i>Sporobolus airoides</i>	Nativa desde Oeste de EUA hasta centro de México
30	Zacatón piramidal	<i>Sporobolus pyramidatus</i>	Nativa, distribuida desde el Centro de Estados Unidos hasta Sudamérica y las Antillas
31	Abrojo espigado	<i>Tragus berteronianus</i>	Nativa del Viejo Mundo, introducida en América

Nota: En base Herrera & Arrieta (2009), (Herrera & Pámanes (2010) y Naturalista 2023.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 2. Propiedades, aptitud forrajera y frecuencia de especies de Poaceas presentes en humedales artificiales de tres ejidos

Aptitud forrajera	Frecuencia	Propiedades	Presencia en humedales
Excelente	9	Indicadores de buen pastoreo	4
Excelente a buena	10	Responden a prácticas de resiembra	5
Buena a regular	7	Medicinal y elaboración de cerveza	8
Mala a regular	5	Indicadores de sobrepastoreo	8
Total	31		8

Nota: En base a Herrera & Arrieta (2009), (Herrera & Pámanes (2010), Naturalista (2023) y resultados del presente estudio.

CONCLUSIONES

En ocho humedales artificiales pertenecientes a tres ejidos se encontraron 31 especies de Poaceas en verano y otoño. De acuerdo con sus propiedades el 32.3% de las especies se categorizaron como que responden a prácticas de resiembra; además la aptitud forrajera se considera buena puesto que las categorías: Excelente, excelente a buena y buena a regular suman 84% del total de especies registradas. Tres humedales probablemente se categoricen como humedales herbáceos emergentes considerando sus características y las especies herbáceas y arbustivas presentes.

LITERATURA CITADA

- Beetle, A. A. (1987). Noteworthy grasses from Mexico XIII, *Phytologia* 63(4): 309-297.
- Dávila, P., Mejía-Saulés, M., Soriano-Martínez, A. M., & Herrera-Arrieta, Y. (2018). Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 462-514. Consultado el 03 de julio de 2023 de: https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1894/pdf_4
- Herrera Arrieta, Y., & Cortés Ortiz, A. (2009). Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica*, (28), 49-68. Consultado el 21 de julio de 2023 de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n28/n28a4.pdf>
- Herrera A. Y., y Pámanes G. D. S. (2010). Guía de Pastos de Zacatecas. Primera Edición. Instituto Politécnico Nacional CIIDIR IPN Unidad Durango. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Impreso en México.
- Instituto Nacional para el Federalismo. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Consultado el 12 de agosto de 2023 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10022a.html>
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2015). Paquete tecnológico para resiembra de pastos de temporal. Consultado el 01 de septiembre de 2023 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/365606/Paquete_Tecnologico_Resiembra_de_Pastos_Temporal.pdf
- Lu JJ, Sun XK, He WS. (1998). Study on wetlands in Shanghai area. In: Lang HQ, Lin P, Lu JJ (eds), *Conservation and Research of Wetlands in China*. East China Normal University Press, Shanghai, China.
- Moreno-Casasola, Patricia, Cejudo-Espinosa, Eduardo, Capistrán-Barradas, Ascención, Infante-Mata, Dulce, López-Rosas, Hugo, Castillo-Campos, Gonzalo, Pale-Pale, Jesús, & Campos-Cascaredo, Adolfo. (2010). Composición florística, diversidad y ecología de humedales herbáceos emergentes en la planicie costera central de Veracruz, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (87), 29-50. Consultado el 12 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-21282010000200003&lng=es&tlng=es.
- NaturaLista, 2023. Ciencia Ciudadana para Todos. CONABIO. Consultado el 04 de julio de 2023 de: www.naturalista.mx
- Rahman Faid & Ismail Ahmad. (2018). Waterbirds: An Important Bio-Indicator of Ecosystem. *Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews*. University Putra Malaysia Press PJSRR (2018) 4(1): 81-90. <http://www.pjsrr.upm.edu.my/>
- SADER (2022). Los humedales de México belleza y riqueza de enorme importancia. Recuperado el 29 de agosto de 2023 de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/los-humedales-de-mexico-belleza-y-riqueza-de-enorme-importancia-145780>

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Sánchez, O., Herzig M., Peters E., Márquez R., Zambrano L. 2007. Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México. (editores). Primera edición. Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT) Periférico Sur 5000, col. Insurgentes Cuicuilco, C.P. 04530. México, D.F. www.ine.gob.mx

**RED DE PASTOREO SOSTENIBLE: MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS
PASTIZALES EN CHIHUAHUA**

**SUSTAINABLE GRAZING NETWORK: CONSERVATION AND MANAGEMENT OF
THE CHIHUAHUAN GRASSLANDS**

Alicia Juárez Pérez^{1*}, Eduardo Sánchez Murrieta¹, Julio Enrique Gallegos Montes¹, Gilberto Pérez Arzate¹, Arvind O. Panjabi²

¹Evaluación Integral y Restauración de Hábitat A.C. Calle Carlos Fuero 8028, Valle de la Madrid Chihuahua, Chihuahua. México. C.P. 31455.

²Bird Conservancy of the Rockies. 230 Cherry St. Suite 150 Fort Collins, CO 80521 USA.

*Autor por correspondencia: ajp.veg@gmail.com

RESUMEN

La disminución en las poblaciones de aves de pastizal está en aumento por el cambio de uso de suelo, la invasión de especies arbustivas, el sobrepastoreo, entre otras. Para tomar acción a esta disminución, se ha creado una Red de Pastoreo Sostenible (RPS), en el Desierto Chihuahuense. Esta RPS, son un conjunto de predios con un acuerdo de colaboración por 15 años para conservar y manejar adecuadamente el pastizal, a través de mejores prácticas ganaderas y restauración. A la fecha se han logrado impactar 157,911.68 ha con mejoras y restauración del pastizal. La efectividad de estas mejoras se ha monitoreado a través de las densidades por kilómetro cuadrado de aves y monitoreos de pastizales. Este proyecto permanece vigente, con resultados positivos y alianzas para lograr la conservación del hábitat más importante para las aves de pastizal.

Palabras clave: Aves, ranchos, extensionismo, monitoreo.

ABSTRACT

The decline in grassland bird populations is increasing for various reasons. The change in land use, the invasion of shrub species, overgrazing, among others. To take action on this decrease, the Sustainable Grazing Network has been created in the Chihuahuan Desert. This RPS is a group of properties with a 15-year collaboration agreement to conserve and properly manage the pasture, through better livestock practices and restoration. To date, 157,911.68 ha have been impacted, with improvements and restoration of the pasture. The effectiveness of these improvements has been monitored through bird densities per square kilometer and pasture monitoring. This project continues in force, with positive results and alliances to achieve the conservation of the most important habitat for grassland birds.

Keywords: Birds, ranches, extensionism, monitoring.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los pastizales de América del Norte, el 75 % de las especies de aves que habitan este ecosistema están disminuyendo, y una de cada cuatro aves perdidas en América del Norte desde 1970 ha sido un ave de pastizal (Rosenberg *et al.*, 2019). Pero no todas las aves de los pastizales son iguales. Las aves de pastizal que invernan en el Desierto Chihuahuense están disminuyendo

dos veces más rápido que otras aves de pastizal en América del Norte (Askins *et al.*, 2007; Pool *et al.*, 2014; NABCI, 2016). Estas especies se reproducen en las vastas extensiones de las Grandes Llanuras occidentales, pero pasan el invierno en áreas de pastizales desérticos del norte de México y el suroeste de Estados Unidos. La mayoría de estos pastizales se ubican dentro de ranchos privados o ejidos que sufren de pastoreo excesivo, alteración en los regímenes de incendios y el cambio climático. Esto ha provocado una invasión generalizada de arbustos, pérdida de cobertura herbácea, reducción de la productividad económica y, más recientemente, expansión de las tierras de cultivo (Bernath *et al.*, 2023). Para reducir las amenazas a las aves de pastizal en esta región, Bird Conservancy of the Rockies ha colaborado con socios y ganaderos locales para crear una red de tierras de pastoreo gestionadas de manera sostenible, que puedan satisfacer las diversas necesidades de hábitat de las aves de pastizal, a través de un enfoque de tierras de trabajo dirigido a mejorar la resiliencia ecológica y económica de la tierra.

La Red de Pastoreo Sostenible (RPS) comenzó en el 2012, con el objetivo de abordar de forma rápida y rentable la degradación y pérdida de los pastizales en el norte de México (Panjabi y Shaw, 2021). Esta red es un medio para involucrar a los propietarios en la conservación de las aves y manejo integral del pastizal. Está conformado por ranchos privados, ejidos y ranchos de referencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la selección de ranchos a ser incorporados a la RPS, se realiza un trabajo de extensionismo previo. Por recomendación, por observación en las salidas a campo o por medio de la comunicación con otros propietarios, se recaba la información de los nuevos ranchos que desean pertenecer a la RPS. Los lineamientos previos y primordiales para tomar en cuenta se enlistan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Lineamientos para la selección de ranchos

1. Accesibilidad del propietario para discutir ideas y llevarlas a cabo.
2. Predio dentro de las GPCA's Valles Centrales y Janos.
3. Predio con pastizales abiertos.
4. Disposición para conocer y conservar la diversidad biológica presente.
5. Avistamientos de aves prioritarias en el predio.

Una vez seleccionado el rancho se procede a firmar un convenio de colaboración por 15 años. Este convenio establece compromisos de cada una de las partes, así como los lineamientos pertinentes. Uno de los compromisos es no cambiar el uso natural de la tierra durante el tiempo del convenio.

En cada uno de los predios (privado o ejido), se realizan las siguientes actividades:

Línea base de salud del pastizal. Monitoreo de vegetación con la metodología de “monitoreo para ecosistemas pastizal, matorral y sabana” (Pellant *et al.*, 2005; Herrick *et al.*, 2009). Además, se lleva a cabo una descripción del área. Para los ranchos nuevos en la RPS y cada 5 o 6 años se vuelve a elaborar el monitoreo de pastizales, para comparar y determinar la efectividad del pastoreo y mejoras realizadas.

Monitoreo de aves de pastizal. Monitoreo de aves que invernan en los pastizales durante el invierno. Este se realiza con la metodología de “Mosaico Aleatorio Estratificado Generalizado” (BCR, 2021) en cada invierno.

Plan de Manejo Integral del Pastizal. Documento con los objetivos, información general del predio, resultados de monitoreos, capacidad de carga y planeación del pastoreo, metas, infraestructura actual, planeación de proyectos de mejoras, recomendaciones de hábitat, recomendaciones de

ganadería e información de la diversidad presente en el predio. Este documento se entrega al propietario al finalizarlo.

Extensionismo. Se establece una comunicación y cercanía con el propietario, a través de reuniones y visitas al predio. En promedio son cuatro visitas al predio y comunicación por llamadas. Con el objetivo de dar seguimiento a mejoras, obras de infraestructura y recomendaciones o sugerencias del trabajo en conjunto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos desde el inicio de la formación de la RPS se muestran en números totales de: convenios de colaboración firmados por 15 años, mejoras de infraestructura y restauración, hectáreas impactadas en el pastizal con infraestructura, hectáreas impactadas de restauración, resultados de los monitoreos de aves de invierno y resultados del monitoreo de pastizales.

A la fecha se han firmado convenios de colaboración con 29 ranchos en las GPCA´s (Grasslands Priority Conservation Areas, por sus siglas en inglés) Janos, Valles Centrales, Valle Colombia en Coahuila y Cuenca Los Ojos en Sonora. En estos ranchos, se han realizado 343 mejoras de infraestructura y de restauración. La superficie impactada de pastizales, por infraestructura es de 154,939.18 ha y 2,972.5 ha de aclareos y rehabilitación de suelos con la técnica de Keyline y curvas a nivel. Los resultados de los monitoreos son los indicadores de la efectividad de las mejoras en el pastizal. Se obtienen los resultados por especie, en densidad de aves por kilómetro cuadrado. Para el monitoreo de pastizales los resultados son por predio. En el plan de manejo, estos resultados (Cuadro 2), son analizados con un enfoque de salud del pastizal, habitat y manejo ganadero.

Cuadro 2. Variables que se miden en el monitoreo de pastizales con diferentes metodologías, (Pellant *et al.*, 2005; Herrick *et al.*, 2009; Donovan, 2017)

Variables cualitativas y cuantitativas del monitoreo de pastizales

1. Estado de salud del pastizal (estabilidad del suelo, funcionalidad hidrológica e integridad biológica).
2. Estructura de la vegetación (cobertura basal, distancia entre plantas perennes y altura).
3. Producción forrajera y capacidad de carga (kg de forraje disponible por ha, UA por ha).
4. Intensidad del pastoreo (descanso, ligero, moderado, severo, sobrepastoreo).
5. Compactación del suelo (tiempo de infiltración de 250 ml de agua, costra superficial del suelo).

A la fecha se han completado 25 planes de manejo, de los cuales cuatro son un complemento para el plan ya existente del predio. Estos predios son de referencia, con un plan ya estructurado y funcional para el ecosistema. Este complemento es un apartado de fauna silvestre y habitat.

CONCLUSIONES

Este proyecto tiene 11 años de trayectoria. Se ha sostenido a través de varias instituciones donantes internacionales, nacionales y de los propietarios de los predios. Se continúa trabajando para la continuidad de este proyecto y mejorar cada aspecto que se desarrolla en él. Los próximos objetivos son, fortalecer y mejorar los aspectos de extensionismo y educación. Mejorar la cuantificación de logros. Formar alianzas con otras instituciones nacionales, y empoderar a los dueños para que continúen con la regeneración y conservación del pastizal.

LITERATURA CITADA

- Askins, R.A., F. Chavez-Ramirez, B.C. Dale, C.A. Haas J.R. Herkert F.L. Knopf, and P.D. Vickery. 2007. Conservation of grassland birds in North America Understanding ecological processes in different regions. Ornithological Monographs, 64:1-46 pp.
- Bernath-Plaisted, J.S.; D. C. Maureen; G. S. Scott; M. D. Angela; B. Andy; B. Adam; B. Humberto; W. B. Alice; J. Lizardo; T. G. Luke; H. James; K. Nicola; Macías-Duarte Alberto; O. P. Arvind; M. Ramírez-Flores Oscar; R. Barry; Ruvalcaba-Ortega Irene; S. Julie; H. S. Erin; T. Mieke; E. Van Pelt William; V. Tammy. 2023.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Review of Conservation Challenges and Possible Solutions for Grassland Birds of the North American Great Plains. *Rangeland Ecology & Management*, 90:165-185.
- BCR (Bird Conservancy of the Rockies). 2021. Field protocol for bird line-transect and vegetation surveys in the Chihuahuan Desert. Unpublished report. Bird Conservancy of the Rockies, Fort Collins, Colorado, USA.
- Donovan, P. 2017. A field guide to the most powerful and creative planetary force. Consultado en línea 04/06/2022. <https://soilcarboncoalition.org/files/guide.pdf>
- Herrick, Jeffrey, VanZee, J.W., Havstad, Kris. 2005. Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Vol. I.
- NABCI (North American Bird Conservation Initiative). 2016. The State of North America's Birds. Environment and Climate Change Canada. Ottawa, Ontario. 8 paginas.
- Panjabi, Arvind and Allison Shaw. 2021. Sustainable Grazing Network: Portfolio 2021. Bird Conservancy of the Rockies. Unpublished report. Brighton, CO. 120 pp.
- Pellant, M., D.A. Pycke, P. Shaver y J. E. Herrick. 2005. Interpreting Indicators of Rangeland Health. Consultado en línea 17/04/2017. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/Interpreting%20Indicators%20of%20Rangeland%20Health_0.pdf
- Pool, D. B., A. Macías-Duarte, A. O. Panjabi, G. Levandoski, and E. Youngberg. 2012. Chihuahuan Desert Grassland Bird Conservation Plan, *version 1.0*. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-RGJV-11-01. 74 pp.
- Rosenberg, K.V.; M. D. Adriaan; J. B. Peter; R. S. John; C. S. Adam; A. S. Paul; C. S. Jessica; P. Arvind; H. Laura; P. Michael; P. M. Peter. 2019. Decline of the North America Avifauna. *Science*. Vol 366. USA. pp. 120-124.

IMPACTOS DEL PASTOREO ULTRA-INTENSIVO EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA

IMPACTS OF ULTRA-INTENSIVE GRAZING IN RANGELANDS OF CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra^{1*}, Humberto Lagos Gómez², Gabriel Sosa Pérez¹, Alan Álvarez Holguín³, Héctor Ramírez Garduño¹, José Luis García Pérez¹

¹INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Campana, Carretera Chihuahua-Ojinaga km 33.3, Aldama, Chih. Méx. C.P. 32910.

²PRONATURA Noreste-Programa Desierto Chihuahuense y Sierra Madre. Chihuahua, Chih. Méx. C.P. 31206.

³Universidad Autónoma de Chihuahua-Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua, Chih. Méx. C.P. 31453.

*Autor por correspondencia: jurado.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

El pastoreo ultra-intensivo (PUI) consiste en el uso de altas densidades de pastoreo y baja frecuencia de pastoreo, el cual supuestamente incrementa la productividad del pastizal y del ganado. El objetivo fue evaluar y comparar el efecto del pastoreo ultra-intensivo con el pastoreo tradicional en algunas propiedades del suelo y la vegetación en un pastizal amacollado arborescente de Chihuahua. El estudio se realizó en el municipio de Riva Palacio, con clima semi-seco templado. El pastoreo tradicional consistió en una carga animal con bovinos de carne de 8 ha UA⁻¹ año⁻¹. de El pastoreo ultra-intensivo consistió en el pastoreo con una densidad de ganado de 500 cabezas ha⁻¹, 8 hr de tiempo de pastoreo y descanso de 14 meses. En 2017 y 2022, se estimó la cobertura vegetal y se tomaron muestras de suelo en tres potreros de cada rancho. Algunas propiedades del suelo fueron analizadas en laboratorio. El PUI incrementó el mantillo orgánico y el fósforo del suelo y disminuyó el suelo desnudo en el pastizal. Además, el PUI no tuvo efectos en el carbono orgánico, pH y nitrógeno del suelo, ni en la cobertura total y cobertura de pastos forrajeros del pastizal.

Palabras Clave: pastoreo no-selectivo, carbono del suelo, composición florística.

ABSTRACT

Ultra-intensive grazing (UIG) consists of high grazing intensity and low grazing frequency of rangelands, resulting, supposedly, in higher forage and animal production. The objective was to compare and evaluate the UIG to traditional grazing management on several soil properties and plant cover in an oak-bunchgrass rangeland in Chihuahua. The study was conducted in Riva Palacio county, Chihuahua, under a semi-dry temperate climate. The traditional grazing consisted of beef cattle at a 8 ha AU⁻¹ year⁻¹. UIG consisted of a 500 head ha⁻¹, 8 hr grazing time, and 14-month rest. Plant cover was estimated and soil samples were taken on three pastures in each ranch during 2017 and 2022. Several soil properties were determined through chemical analysis. UIG increased mantilla and soil phosphorus, and decreased bare soil. Additionally, UIG did not influence on soil organic carbon, pH, soil nitrogen, total plant cover, and forage grass cover of the rangeland.

Keywords: non-selective grazing, soil carbon, floristic composition.

INTRODUCCIÓN

El manejo del pastoreo es una herramienta de primordial importancia en los ranchos ganaderos extensivos del norte de México, ya que tiene una influencia directa en la productividad del rancho y en la conservación del pastizal. Briske *et al.* (2008) concluyen que, en general, los sistemas de pastoreo continuo y rotacional tienen efectos similares en la productividad de la vegetación y del ganado en diferentes pastizales de Estados Unidos durante 60 años. Sin embargo, algunos autores mencionan que dichas conclusiones podrían estar equivocadas, ya que, en algunos casos, los sistemas de pastoreo con varios potreros (rotacionales) y con manejo adaptativo si mostraron beneficios en algunas propiedades del suelo y la vegetación en pastizales altos de Texas (Teague *et al.*, 2011).

En México, existen pocos resultados sobre manejo del pastoreo en pastizales del norte de México. Soltero *et al.* (1989) encontraron que el sistema de pastoreo corta duración con una carga animal de 7 a 14 ha UA⁻¹ año⁻¹, lo cual es arriba de lo recomendado, no mejoró la distribución del pastoreo en pastizales amacollados de Chihuahua. En otro estudio, Chávez *et al.* (2000) observaron que el ganado bovino bajo un pastoreo rotacional con carga animal alta (5.5 ha UA⁻¹), realiza una mayor utilización de hierbas y arbustos, comparado con el pastoreo continuo en pastizales medianos. Otros estudios en Zacatecas, mostraron beneficios del pastoreo rotacional tales como un incremento de la cobertura vegetal y mejoramiento de algunas propiedades del suelo como densidad aparente, pérdida de suelo y escorrentía en un pastizal semiárido con arbustos (Echavarría *et al.*, 2006; Echavarría *et al.*, 2007).

Recientemente, el movimiento regenerativo de ecosistemas ha sugerido que el pastoreo no-selectivo o ultra-intensivo aumenta la productividad del ganado y mejora los pastizales. Hoffman *et al.* (2003) y Zietsman (2014), afirman que el pastoreo ultra-intensivo incrementa la productividad y la capacidad de carga animal de los pastizales. Por su parte, Beukes y Cowling (2000; 2003) concluyen que el pastoreo no-selectivo mostró efectos positivos en el suelo tales como una mayor actividad microbial, infiltración de agua, así como el mantillo orgánico, sin embargo, redujo el carbono orgánico del suelo y no mejoró la cobertura y composición florística de un matorral asociado con pastos en Sudáfrica.

Con el fin de contribuir a explicar esta controversia, se realizó este trabajo, con el objetivo de evaluar el efecto del pastoreo ultra-intensivo en pastizales de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Riva Palacio, Chihuahua, con clima semi-seco templado, temperatura media de 14 a 16°C e isoyetas de 400 a 500 mm anuales. Los sitios de estudio son lomeríos con mesetas, con uso de suelo y vegetación de bosque (INEGI, 2010). Los pastizales evaluados son pastizal amacollado arborescente (COTECOCA, 1978). Los suelos son someros con moderada cantidad de grava y roca.

El estudio inició en dos sitios contiguos de pastizales, uno con pastoreo tradicional y otro con pastoreo ultra-intensivo durante cinco años. El pastoreo tradicional ha sido realizado con ganado bovino en pastoreo continuo desde los años 1970s, con una carga animal aproximada de 8.0 ha UA⁻¹. El rancho con pastoreo ultra-intensivo, ha sido utilizado con ganado bovino con una alta densidad de pastoreo de 500 cabezas de ganado ha⁻¹, tiempo de pastoreo de 8 hr y un descanso de 14 meses. COTECOCA (1978) recomienda una carga animal de 18 ha UA⁻¹ año⁻¹ para este tipo de pastizal en condición buena. En octubre de 2017, se establecieron tres transectos permanentes de 50 m cada uno, en cada uno de tres potreros de cada rancho para el monitoreo de suelos y vegetación. En cada transecto se realizaron mediciones de cobertura y composición de la vegetación a cada metro incluyendo suelo desnudo, mantillo, grava o roca, especie de planta. Se recolectó una muestra

compuesta de suelo en cada transecto. En el suelo, se analizó pH, carbono orgánico del suelo (COS), nitrógeno total y fósforo disponible. Cinco años después, en octubre 2022, se realizaron los mismos muestreos para determinar los efectos del pastoreo a través del tiempo.

El análisis estadístico de los datos, se realizó con Proc Mixed (SAS, 2011), con el sistema de pastoreo como efecto fijo y el año y la interacción año*sistema de pastoreo como efectos aleatorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema de pastoreo mostró un efecto significativo ($P < 0.0001$) en el COS. El pastoreo tradicional mostró un valor de $1.86 \pm 0.10\%$ de COS, mientras que el pastoreo ultra-intensivo presentó un valor mayor de $2.72 \pm 0.10\%$ de COS. El año y la interacción año*sistema de pastoreo, no tuvieron efectos significativos en el COS. Echavarría *et al.* (2007) también encontraron que el sistema de pastoreo rotacional no tuvo influencia en el COS del suelo en un pastizal semiárido de Zacatecas. Sin embargo, otros autores encontraron una reducción en el COS con el pastoreo ultra-intensivo en un matorral xerófilo de Sudáfrica (Beukes y Cowling, 2003).

El pH fue influenciado significativamente ($P < 0.0001$) por el año de estudio con valores de 7.3 ± 0.07 en 2017 y 8.3 ± 0.07 en 2022, mientras que el pastoreo y la interacción año*pastoreo mostraron efectos no significativos. Similarmente, el nitrógeno total fue influenciado significativamente por el año ($P < 0.0001$), el sistema de pastoreo ($P < 0.0393$) y por la interacción año*sistema de pastoreo ($P < 0.0152$). El nitrógeno en el pastoreo tradicional fue mayor ($P < 0.0022$) que en el pastoreo ultra-intensivo en 2017 (Figura 1). Sin embargo, el nitrógeno total fue similar ($P > 0.7706$) entre los sistemas de pastoreo en 2022. En cuanto al fósforo disponible, el modelo mostró efectos significativos para el año ($P < 0.0004$) y el sistema de pastoreo ($P < 0.0001$). El fósforo disponible fue de 15.7 ± 4.3 ppm en el pastoreo tradicional, incrementándose hasta 43.6 ± 4.3 ppm en el pastoreo ultra-intensivo.

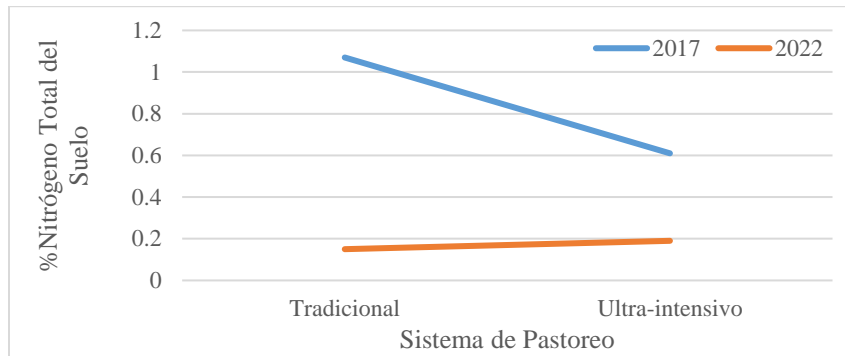


Figura 1. Nitrógeno total del suelo bajo dos sistemas de pastoreo evaluados en 2017 y 2022 en pastizales del municipio de Riva Palacio, Chihuahua

Respecto a las variables de cobertura, el suelo desnudo fue influenciado por el sistema de pastoreo ($P < 0.0001$) y la interacción año*sistema de pastoreo ($P < 0.0006$) (Figura 2). Así mismo, el mantillo orgánico, fue influenciado por el sistema de pastoreo ($P < 0.0001$) y la interacción año*sistema de pastoreo. En general, el mantillo orgánico fue mayor en el sistema de pastoreo ultra-intensivo que en el sistema tradicional (Figura 3). Beukes y Cowling (2003) también observaron un incremento del mantillo orgánico en un matorral asociado con pastos en Sudáfrica.

El sistema ultra-intensivo presentó menor presencia ($P < 0.0001$) de grava y roca con $12.2 \pm 1.6\%$ que el sistema tradicional con $26.8 \pm 1.6\%$. La cobertura total de plantas fue similar ($P < 0.7975$) entre sistemas de pastoreo con $25.8 \pm 1.6\%$ y $25.2 \pm 1.6\%$ en el sistema tradicional y ultra-intensivo y solamente fue influenciada por el año de estudio ($P < 0.0480$) con 23.1 ± 1.6 en 2017 y 28.0 ± 1.6 en

2022. En el caso de la cobertura de pastos forrajeros, fue similar entre sistemas de pastoreo y años de estudio. Resultados similares en obtuvieron Beukes y Cowling (2000) en un matorral de Sudáfrica, donde no se observaron efectos positivos del sistema de pastoreo ultra-intensivo en la cobertura total de la vegetación y la composición florística. Sin embargo, Echavarría *et al.* (2006) si encontraron un incremento de la cobertura de vegetación en un pastizal con arbustos de Zacatecas.

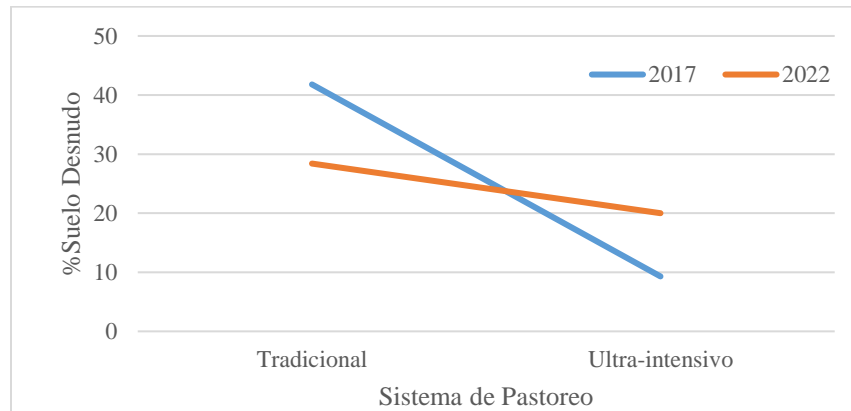


Figura 2. Suelo desnudo bajo dos sistemas de pastoreo y dos años en pastizales del municipio de Riva Palacio, Chihuahua

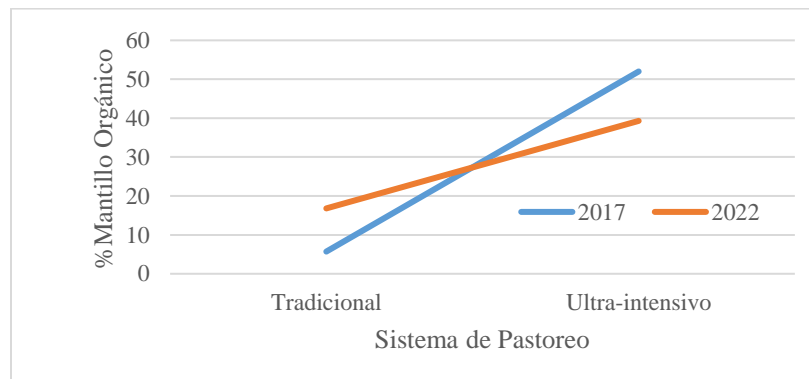


Figura 3. Mantillo orgánico bajo dos sistemas de pastoreo y dos años en pastizales del municipio de Riva Palacio, Chihuahua

CONCLUSIONES

El sistema de pastoreo no tuvo influencia en el COS, pH, nitrógeno total del suelo, cobertura total basal de la vegetación y cobertura basal de pastos forrajeros perennes. El pastoreo ultra-intensivo incrementó los niveles de fósforo disponible del suelo y de mantillo orgánico y disminuyó el suelo desnudo en los pastizales.

LITERATURA CITADA

- Beukes, C.P; R.M. Cowling. 2000. Impacts of non-selective grazing on cover, composition, and productivity of Nama-karoo grassy shrubland. *African Journal of Range & Forage Science* 17(1-3): 27-35, DOI: [10.2989/10220110009485736](https://doi.org/10.2989/10220110009485736).
- Beukes, C.P; R.M. Cowling. 2003. Non-selective grazing impacts on soil-properties of the Nama-karoo grassy shrubland, *African Journal of Range & Forage Science* 17(1-3): 27-35, DOI: [10.2989/10220110009485736](https://doi.org/10.2989/10220110009485736).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Briske, D.D.; J.D. Derner; J.R. Brown; S.D. Fuhlendorf; W.R. Teague; K.M. Havstad; R.L. Gillen; A. J. Ash; W.D. Willms. 2008. Rotational grazing on rangelands: reconciliation of perception and experimental evidence. *Rangeland Ecology Management* 61: 3-17.
- Chávez, S.A.; A. Pérez; E. Sánchez. 2000. Intensidad de pastoreo y esquema de utilización en la selección de la dieta del ganado bovino durante la sequía. *Técnica Pecuaria en México* 38(1):19-34.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Estimación de los Coeficientes de Carga Animal. 1978. Chihuahua. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Echavarría, F.; R. Gutiérrez; R. Ledesma; R. Bañuelos; J. Aguilera; A. Serna. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. *Técnica Pecuaria en México* 44(2): 203-217.
- Echavarría, F.; A. Serna; R. Bañuelos. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Cambios en el suelo. *Técnica Pecuaria en México* 45(2): 177-194.
- Hoffman, M.T. 2003. 'Nature's method of grazing': non-selective grazing as a means of veld reclamation in South Africa". *South African Journal of Botany* 69: 1-7.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos-Riva Palacio, Chihuahua.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT User's Guide (v. 9.3). SAS Inst., Cary, NC.
- Soltero, S.; F.C. Bryant; A. Melgoza. 1989. Standing crop patterns under short duration grazing in northern Mexico. *Journal of Range Management* 42(1): 20-21.
- Teague, W.R.; S.L. Dowhower; S.A. Baker; N. Haile; P.B. DeLaune; D.M. Conover. 2011. Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical, and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 310-322.
- Zietsman, J. 2014. Hombre, Ganado y pastizal. 1a. ed. BEEFpowerLLC. <http://mancattleveld.com>.

**ANÁLISIS DE VEGETACIÓN Y SUELO EN PASTIZAL
IMPLEMENTANDO DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN DURANGO
MÉXICO**

**FORAGE AND SOIL ANALYSIS IN GRASSLAND MANAGED WITH TWO
GRAZING SYSTEMS AT DURANGO MÉXICO**

José Manuel Loera Sánchez ¹, Francisco Oscar Carrete Carreón ^{2*}, Ramón Gutiérrez Luna ³,
Pablito Marcelo López Serrano ⁴, Adrián Raymundo Quero Carrillo ⁵

^{1,2} UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³Universidad Autónoma de Zacatecas. Calz. Héroes de Chapultepec 1401, La Escondida, C.P. 98057, Zacatecas, Zac. Mex.

⁴ UJED-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Blvd. Durango y Calle Rio Papaloapan. Durango, Dgo. Méx. C.P. 34108.

⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, municipio de Texcoco, Km. 36.5, México 136 5, C.P. 56230 Montecillo, Estado de México. Mex.

*Autor por correspondencia: focc1928mx@yahoo.com

RESUMEN

El manejo de ganado bovino en pastizales es una herramienta importante para evitar la degradación del ecosistema; los sistemas de pastoreo, junto con el ajuste de la carga animal, permiten controlar la presión del pastoreo y hacer eficiente la producción ganadera. Con el objetivo de encontrar un sistema de pastoreo adecuado y replicable, se evaluaron dos sistemas de pastoreo con similitud de condiciones, un sistema rotacional (SR) y un sistema continuo (SC). Estos sistemas, se han implementado desde hace más de 20 años en dos predios del Rancho San Rafael en Canatlán, Durango, México. Por medio de un muestreo, se analizaron las variables: producción de forraje y los nutrientes en el suelo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en las variables de materia seca disponible, nitratos (NO_3), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K) como nutrientes en el suelo y conductividad eléctrica. Las variables altura de pastizal y aves, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$). Se concluye que la implementación de un SR es ventajosa en términos del aumento en el forraje disponible debido al descanso periódico del pastizal, además presenta una diferencia ventajosa en los nutrientes en el suelo, excepto en el calcio y en el pH.

Palabras clave: Sistemas de pastoreo, pastizal, materia seca, suelo.

ABSTRACT

Cattle management on rangeland is an important tool to avoid the ecosystem degradation; grazing systems, as well as the stocking rate, allow us to control grazing pressure and make livestock production more efficient. In order to find an adequate, replicable grazing system, two grazing systems with the same stocking rate were evaluated: a rotational system (RS) and a continuous system (CS). These systems have been implemented for 20 years in two properties of San Rafael

Ranch in Canatlán, Durango, Mexico. Through a sampling, the variables forage production and nutrients in soil, were analyzed. Statistically significant differences were found ($P < 0.05$) in variables of available dry matter, nitrates (NO_3), sodium (Na), calcium (Ca), potassium (K) as nutrients in the soil and electrical conductivity. The variables pasture height and bird presence did not show significant differences ($p > 0.05$). It is concluded that the implementation of a SR is advantageous in terms of the increase in available forage due to the periodic rest of the pasture, it also presents an advantageous difference in nutrients in the soil except for calcium and pH present in soil.

Keywords: Grazing systems, grassland, dry matter, soil.

INTRODUCCIÓN

Al considerar un sistema de pastoreo de ganado bovino es necesario tener en cuenta variables de la vegetación, así como del ganado. Existen diferentes épocas del año en donde se pueden realizar estudios de la implementación de sistemas de pastoreo; sin embargo, en época de lluvias es recomendable evaluar la respuesta del pastizal hacia un pastoreo y su recuperación. Este estudio parte del análisis del pastizal en época de sequía de un rancho localizado en el municipio de Canatlán en el Estado de Durango.

El sistema de pastoreo continuo implica permitir que el ganado bovino tenga acceso constante a un área de pastoreo sin restricciones. Se ha demostrado que este sistema puede ser simple de implementar y requiere menos mano de obra. Sin embargo, puede haber un uso ineficiente de los recursos y un desgaste desigual de la vegetación (Hodgson, 1990).

El sistema de pastoreo rotacional divide el área de pastoreo en varios potreros o parcelas más pequeñas. El ganado se mueve de un potrero a otro en intervalos regulares, permitiendo que los pastos se recuperen mientras el ganado se alimenta en otra área. Este sistema puede ayudar a controlar mejor la carga animal y promover un uso más eficiente de los recursos (Sollenberger et al., 2006).

Según Derner et al. (2021), un sistema de manejo colaborativo adaptativo es usual que se implemente de manera improvisada al utilizar un sistema de pastoreo como lo es el rotacional, es decir, el ganadero aplicará medidas para reconocer puntos débiles y buscar una mejora mediante un plan. Dependiendo del sistema o estrategia que se implemente para el pastoreo bovino, el suelo tiende a cambiar, así como las características de la vegetación. Por otro lado, la composición florística en un pastizal afecta las características nutritivas del suelo y viceversa, es decir, con cierto tipo de suelo tendremos cierto tipo de vegetación adaptada a ese suelo (Segura et al., 2023). Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los nutrientes en el suelo y vegetación y comparar los resultados de variables de producción de forraje en un pastizal mediano abierto con la implementación de un sistema de pastoreo continuo y otro rotacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio pertenece a un rancho privado en el municipio de Canatlán, Durango, México. Consta de dos predios cercanos en donde se utilizan dos sistemas de pastoreo diferentes (Figuras 1 y 2). Se utilizó un muestreo aleatorio para evaluar características de la vegetación y del suelo en

dos predios; el primero se denomina “La Huerta” con una superficie de 200 hectáreas (Ha), mientras que el otro se denomina “La Vía”, con un total de 150 Ha. En el predio “La Huerta” se ha practicado el sistema de pastoreo rotacional (SR) desde hace más de 30 años y se divide en 16 potreros. Por otro lado, en “La Vía”, se ha utilizado el sistema tradicional de pastoreo continuo (SC) desde el siglo pasado.

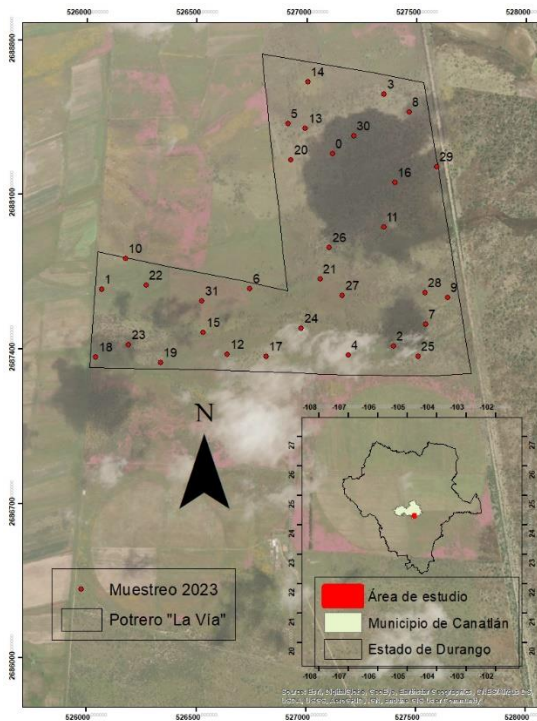


Figura 1. Predio “La Vía”.

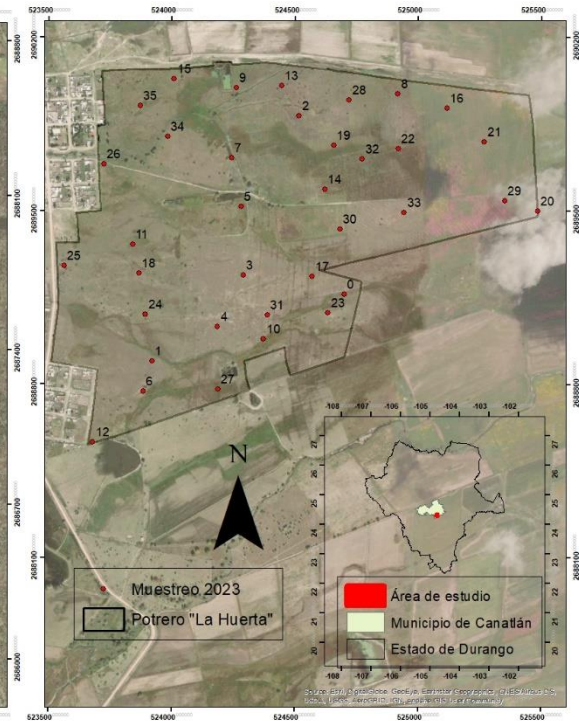


Figura 2. Predio “La Huerta”.

En estos predios se maneja ganado en un período de 7 meses en promedio en donde los bovinos pastorean desde abril hasta octubre. Es un período anual de repasto, en donde los animales pastorean tres meses de sequía, seguidos de tres meses de precipitaciones, con el fin de ganar peso en el libre pastoreo. Las características de los animales en pastoreo refieren a becerras jóvenes con un peso promedio de 180 kg. Para el período del año 2023 se ingresaron 110 becerras a cada predio.

El muestreo se realizó en el mes de abril de 2023 (período de sequía), y constó de 30 puntos generados aleatoriamente con el Software ArcGis (Figura 1 y 2); las variables a considerar en el muestreo en campo fueron: altura de pasto, peso en húmedo del forraje, materia seca, número de aves presentes, nitratos (NO₃), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K), potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

Las muestras obtenidas de vegetación por medio el método del metro cuadrado, se secaron en laboratorio por medio de una estufa a 60°C durante 48 horas. Con la pérdida de humedad fue posible obtener la materia seca disponible por hectárea.

Se obtuvieron 8 repeticiones para el total de muestras de suelo en ambos predios. Se tomaron 10 gramos de cada muestra cribada y se agitaron con 10 ml de agua destilada; posteriormente, se agitaron las mezclas durante 10 minutos. De cada solución se analizaron dichos nutrientes con un

kit de campo Laquatwin (HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd., Japón)”. Los sensores de cada nutriente se calibraron previamente con una solución menor de 150 ppm y una mayor de 2000 ppm.

Las variables fueron analizadas mediante la prueba T de Student con el fin de comparar las medias y encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de producción de forraje arrojó una media de 182 g de materia seca por metro cuadrado en el sistema rotacional, mientras que en el sistema continuo de 75 g. La disponibilidad de forraje encontrada en época de sequía es mayor en el SR (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias de las variables evaluadas en el sistema rotacional (SR) y sistema continuo (SC).

Variable	Sistema Continuo	Sistema Rotacional	Valor de p
	Forraje (materia seca, g)	75.53	
Altura de pasto (cm)	16.37	18.77	0.3439
Conductividad eléctrica (ms/cm)	69.47	183.81	0.0042
NO ₃ (ppm)	375.50	460.64	0.0042
Na (ppm)	88.56	167.93	0.0004
Ca (ppm)	89.68	77.35	0.2909
K (ppm)	235.37	367.74	0.0002
pH	7.27	7.04	0.0328
Aves (# individuos)	4.12	4.36	0.8651

En el cuadro anterior se puede observar que las variables presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre sistemas de pastoreo, con excepción de la altura del pasto, el Ca, y el número de aves ($p > 0.05$). El pH analizado en cada muestra de suelo en el sistema de pastoreo rotacional y en el continuo arrojó un promedio de 7.04 y de 7.27, respectivamente, lo que indica un pH neutro en ambos predios.

Por otro lado, los nitratos en el suelo, representan la disponibilidad de nitrógeno para las plantas; considerando que este nutriente se encontró en grandes cantidades en ambos sistemas de pastoreo, se puede pensar que el ciclo de este nutriente está ocurriendo de manera favorable. Algunos investigadores afirman que, por lo general, el nitrógeno no representa deficiencias en lugares donde existe un pastoreo con baja frecuencia (Chen et al., 2021).

Según investigaciones, el estudio de nutrientes en el suelo se ve afectado por la duración del pastoreo en el sitio. Se reporta en la literatura, que existe una correlación negativa, entre mayor intensidad de pastoreo menor es la disponibilidad de nitrógeno total, fósforo total y carbono orgánico total en suelo; pero la densidad aparente aumenta conforme se intensifica el pastoreo (Liu et al., 2021). En este estudio el Nitrógeno disponible en el predio la Huerta (Cuadro 1) es mayor al de predio de La Vía y contrastando con la idea anterior, existiría una mayor intensidad de pastoreo en un predio rotacional. Los resultados coinciden con los presentado por Ferguson et al. (2013).

En otro estudio, Bork et al. (2021) compararon los sistemas de pastoreo rotacional y continuo en 32 ranchos de Canadá. El período de descanso marcó una ventaja al pastizal en ranchos con el sistema rotacional; este período tenía una duración promedio de entre 30 y 40 días, mientras que en ranchos con pastoreo continuo fue mínimo o casi nulo. El período de descanso invernal en ambos sistemas fue de aproximadamente cuatro meses.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron ventaja al SR en las variables de vegetación y de suelo estudiada. Se reconoce que el descanso en el pastizal, así como el control de la carga animal y la presión de pastoreo, son estrategias necesarias si queremos una buena salud del pastizal. Se considera necesario, y parte del plan, realizar la evaluación de estos sistemas en un período multianual.

LITERATURA CITADA

- Bork, E. W.; Döbert, T. F.; Grenke, J. S. J.; Carlyle, C. N.; Cahill, J. F.; Boyce, M. S. 2021. Comparative Pasture Management on Canadian Cattle Ranches With and Without Adaptive Multipaddock Grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 5–14. doi:10.1016/j.rama.2021.04.010
- Chen, L.; Wang, K.; Baoyin, T. 2021. Effects of grazing and mowing on vertical distribution of soil nutrients and their stoichiometry (C: N: P) in a semi-arid grassland of North China. *Catena*, 206, 105507.
- Derner, J. D.; Augustine, D. J.; Briske, D. D.; Wilmer, H.; Porensky, L. M.; Fernández-Giménez, M. E.; Ritten, J. P. 2021. Can collaborative adaptive management improve cattle production in multipaddock grazing systems?. *Rangeland Ecology & Management*, 75, 1-8.
- Ferguson, B. G.; Diemont S. A. W.; Alfaro-Arguello, R.; Martin, J. F.; Nahed-Toral, J.; Álvarez-Solís, D.; Pinto-Ruiz, R. 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, 38–48. doi:10.1016/j.agsy.2013.05.005
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow: Longman Scientific & Technical.
- Liu, C.; Li, W.; Xu, J.; Wei, W.; Xue, P.; Yan, H. 2021. Response of soil nutrients and stoichiometry to grazing management in alpine grassland on the Qinghai-Tibet Plateau. *Soil and Tillage Research*, 206, 104822. doi:10.1016/j.still.2020.104822
- Segura, C.; Cardenas, L.; McDowell, R.; Morgan, S.; Blackwell, M. S. 2023. Effects on soil of grassland management for pasture, hay and silage.
- Sollenberger, L. E.; Moore, J. E.; Staples, C. R. 2006. Rotational Grazing Systems. In *Forages: The Science of Grassland Agriculture* (6th ed., pp. 381-405). Ames, IA: Blackwell Publishing.

ANÁLISIS DE VEGETACIÓN Y SUELO EN PASTIZAL IMPLEMENTANDO DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN DURANGO MÉXICO

FORAGE AND SOIL ANALYSIS IN GRASSLAND MANAGED WITH TWO GRAZING SYSTEMS AT DURANGO MÉXICO

José Manuel Loera Sánchez¹, Francisco Oscar Carrete Carreón^{2*}, Ramón Gutiérrez Luna³, Pablito Marcelo López Serrano⁴, Adrián Raymundo Quero Carrillo⁵

^{1,2} UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

³ Universidad Autónoma de Zacatecas. Calz. Héroes de Chapultepec 1401, La Escondida, C.P. 98057, Zacatecas, Zac. Mex.

⁴ UJED-Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Blvd. Durango y Calle Rio Papaloapan. Durango, Dgo. Méx. C.P. 34108.

⁵ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, municipio de Texcoco, Km. 36.5, México 136 5, C.P. 56230 Montecillo,. Estado de México. Mex.

*Autor por correspondencia: focc1928mx@yahoo.com

RESUMEN

El manejo de ganado bovino en pastizales es una herramienta importante para evitar la degradación del ecosistema; los sistemas de pastoreo, junto con el ajuste de la carga animal, permiten controlar la presión del pastoreo y hacer eficiente la producción ganadera. Con el objetivo de encontrar un sistema de pastoreo adecuado y replicable, se evaluaron dos sistemas de pastoreo con similitud de condiciones, un sistema rotacional (SR) y un sistema continuo (SC). Estos sistemas, se han implementado desde hace más de 20 años en dos predios del Rancho San Rafael en Canatlán, Durango, México. Por medio de un muestreo, se analizaron las variables: producción de forraje y los nutrientes en el suelo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$) en las variables de materia seca disponible, nitratos (NO_3), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K) como nutrientes en el suelo y conductividad eléctrica. Las variables altura de pastizal y aves, no mostraron diferencias significativas ($P > 0.05$). Se concluye que la implementación de un SR es ventajosa en términos del aumento en el forraje disponible debido al descanso periódico del pastizal, además presenta una diferencia ventajosa en los nutrientes en el suelo, excepto en el calcio y en el pH.

Palabras clave: Sistemas de pastoreo, pastizal, materia seca, suelo.

ABSTRACT

Cattle management on rangeland is an important tool to avoid the ecosystem degradation; grazing systems, as well as the stocking rate, allow us to control grazing pressure and make livestock production more efficient. In order to find an adequate, replicable grazing system, two grazing systems with the same stocking rate were evaluated: a rotational system (RS) and a continuous system (CS). These systems have been implemented for 20 years in two properties of San Rafael Ranch in Canatlán, Durango, Mexico. Through a sampling, the variables forage production and nutrients in soil, were analyzed. Statistically significant differences were found ($P < 0.05$) in variables of available dry matter, nitrates (NO_3), sodium (Na), calcium (Ca), potassium (K) as nutrients in the soil and electrical conductivity. The variables pasture height and bird presence did

not show significant differences ($p>0.05$). It is concluded that the implementation of a SR is advantageous in terms of the increase in available forage due to the periodic rest of the pasture, it also presents an advantageous difference in nutrients in the soil except for calcium and pH present in soil.

Keywords: Grazing systems, grassland, dry matter, soil.

INTRODUCCIÓN

Al considerar un sistema de pastoreo de ganado bovino es necesario tener en cuenta variables de la vegetación, así como del ganado. Existen diferentes épocas del año en donde se pueden realizar estudios de la implementación de sistemas de pastoreo; sin embargo, en época de lluvias es recomendable evaluar la respuesta del pastizal hacia un pastoreo y su recuperación. Este estudio parte del análisis del pastizal en época de sequía de un rancho localizado en el municipio de Canatlán en el Estado de Durango.

El sistema de pastoreo continuo implica permitir que el ganado bovino tenga acceso constante a un área de pastoreo sin restricciones. Se ha demostrado que este sistema puede ser simple de implementar y requiere menos mano de obra. Sin embargo, puede haber un uso ineficiente de los recursos y un desgaste desigual de la vegetación (Hodgson, 1990).

El sistema de pastoreo rotacional divide el área de pastoreo en varios potreros o parcelas más pequeñas. El ganado se mueve de un potrero a otro en intervalos regulares, permitiendo que los pastos se recuperen mientras el ganado se alimenta en otra área. Este sistema puede ayudar a controlar mejor la carga animal y promover un uso más eficiente de los recursos (Sollenberger et al., 2006). Según Derner et al. (2021), un sistema de manejo colaborativo adaptativo es usual que se implemente de manera improvisada al utilizar un sistema de pastoreo como lo es el rotacional, es decir, el ganadero aplicará medidas para reconocer puntos débiles y buscar una mejora mediante un plan. Dependiendo del sistema o estrategia que se implemente para el pastoreo bovino, el suelo tiende a cambiar, así como las características de la vegetación. Por otro lado, la composición florística en un pastizal afecta las características nutritivas del suelo y viceversa, es decir, con cierto tipo de suelo tendremos cierto tipo de vegetación adaptada a ese suelo (Segura et al., 2023). Debido a lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los nutrientes en el suelo y vegetación y comparar los resultados de variables de producción de forraje en un pastizal mediano abierto con la implementación de un sistema de pastoreo continuo y otro rotacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio pertenece a un rancho privado en el municipio de Canatlán, Durango, México. Consta de dos predios cercanos en donde se utilizan dos sistemas de pastoreo diferentes (Figuras 1 y 2). Se utilizó un muestreo aleatorio para evaluar características de la vegetación y del suelo en dos predios; el primero se denomina “La Huerta” con una superficie de 200 hectáreas (Ha), mientras que el otro se denomina “La Vía”, con un total de 150 Ha. En el predio “La Huerta” se ha practicado el sistema de pastoreo rotacional (SR) desde hace más de 30 años y se divide en 16 potreros. Por otro lado, en “La Vía”, se ha utilizado el sistema tradicional de pastoreo continuo (SC) desde el siglo pasado.

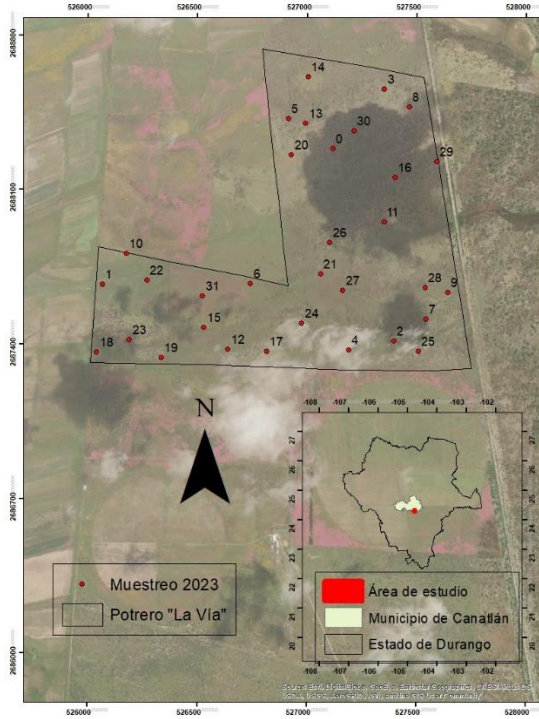


Figura 1. Predio “La Vía”.

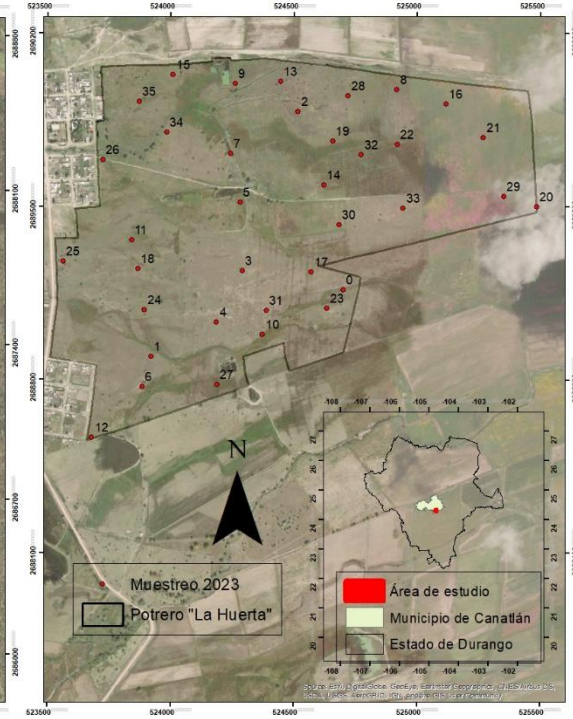


Figura 2. Predio “La Huerta”.

En estos predios se maneja ganado en un período de 7 meses en promedio en donde los bovinos pastorean desde abril hasta octubre. Es un período anual de repasto, en donde los animales pastorean tres meses de sequía, seguidos de tres meses de precipitaciones, con el fin de ganar peso en el libre pastoreo. Las características de los animales en pastoreo refieren a becerras jóvenes con un peso promedio de 180 kg. Para el período del año 2023 se ingresaron 110 becerras a cada predio. El muestreo se realizó en el mes de abril de 2023 (período de sequía), y constó de 30 puntos generados aleatoriamente con el Software ArcGis (Figura 1 y 2); las variables a considerar en el muestreo en campo fueron: altura de pasto, peso en húmedo del forraje, materia seca, número de aves presentes, nitratos (NO₃), sodio (Na), calcio (Ca), potasio (K), potencial hidrógeno (pH) y conductividad eléctrica (CE).

Las muestras obtenidas de vegetación por medio el método del metro cuadrado, se secaron en laboratorio por medio de una estufa a 60°C durante 48 horas. Con la pérdida de humedad fue posible obtener la materia seca disponible por hectárea.

Se obtuvieron 8 repeticiones para el total de muestras de suelo en ambos predios. Se tomaron 10 gramos de cada muestra cribada y se agitaron con 10 ml de agua destilada; posteriormente, se agitaron las mezclas durante 10 minutos. De cada solución se analizaron dichos nutrientes con un kit de campo Laquatwin (HORIBA Advanced Techno, Co., Ltd., Japón)”. Los sensores de cada nutriente se calibraron previamente con una solución menor de 150 ppm y una mayor de 2000 ppm. Las variables fueron analizadas mediante la prueba T de Student con el fin de comparar las medias y encontrar diferencias significativas ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de producción de forraje arrojó una media de 182 g de materia seca por metro cuadrado en el sistema rotacional, mientras que en el sistema continuo de 75 g. La disponibilidad de forraje encontrada en época de sequía es mayor en el SR (Cuadro 1).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Medias de las variables evaluadas en el sistema rotacional (SR) y sistema continuo (SC)

Variable	Sistema Continuo	Sistema Rotacional	Valor de p
Forraje (materia seca, g)	75.53	182.36	9.499e-06
Altura de pasto (cm)	16.37	18.77	0.3439
Conductividad eléctrica (ms/cm)	69.47	183.81	0.0042
NO ₃ (ppm)	375.50	460.64	0.0042
Na (ppm)	88.56	167.93	0.0004
Ca (ppm)	89.68	77.35	0.2909
K (ppm)	235.37	367.74	0.0002
pH	7.27	7.04	0.0328
Aves (# individuos)	4.12	4.36	0.8651

En el cuadro anterior se puede observar que las variables presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre sistemas de pastoreo, con excepción de la altura del pasto, el Ca, y el número de aves ($p > 0.05$). El pH analizado en cada muestra de suelo en el sistema de pastoreo rotacional y en el continuo arrojó un promedio de 7.04 y de 7.27, respectivamente, lo que indica un pH neutro en ambos predios.

Por otro lado, los nitratos en el suelo, representan la disponibilidad de nitrógeno para las plantas; considerando que este nutriente se encontró en grandes cantidades en ambos sistemas de pastoreo, se puede pensar que el ciclo de este nutriente está ocurriendo de manera favorable. Algunos investigadores afirman que, por lo general, el nitrógeno no representa deficiencias en lugares donde existe un pastoreo con baja frecuencia (Chen et al., 2021).

Según investigaciones, el estudio de nutrientes en el suelo se ve afectado por la duración del pastoreo en el sitio. Se reporta en la literatura, que existe una correlación negativa, entre mayor intensidad de pastoreo menor es la disponibilidad de nitrógeno total, fósforo total y carbono orgánico total en suelo; pero la densidad aparente aumenta conforme se intensifica el pastoreo (Liu et al., 2021). En este estudio el Nitrógeno disponible en el predio la Huerta (Cuadro 1) es mayor al de predio de La Vía y contrastando con la idea anterior, existiría una mayor intensidad de pastoreo en un predio rotacional. Los resultados coinciden con los presentado por Ferguson et al. (2013).

En otro estudio, Bork et al. (2021) compararon los sistemas de pastoreo rotacional y continuo en 32 ranchos de Canadá. El período de descanso marcó una ventaja al pastizal en ranchos con el sistema rotacional; este período tenía una duración promedio de entre 30 y 40 días, mientras que en ranchos con pastoreo continuo fue mínimo o casi nulo. El período de descanso invernal en ambos sistemas fue de aproximadamente cuatro meses.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron ventaja al SR en las variables de vegetación y de suelo estudiada. Se reconoce que el descanso en el pastizal, así como el control de la carga animal y la presión de pastoreo, son estrategias necesarias si queremos una buena salud del pastizal. Se considera necesario, y parte del plan, realizar la evaluación de estos sistemas en un período multianual.

LITERATURA CITADA

- Bork, E. W.; Döbert, T. F.; Grenke, J. S. J.; Carlyle, C. N.; Cahill, J. F.; Boyce, M. S. 2021. Comparative Pasture Management on Canadian Cattle Ranches With and Without Adaptive Multipaddock Grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 5–14. doi:10.1016/j.rama.2021.04.010
- Chen, L.; Wang, K.; Baoyin, T. 2021. Effects of grazing and mowing on vertical distribution of soil nutrients and their stoichiometry (C: N: P) in a semi-arid grassland of North China. *Catena*, 206, 105507.
- Derner, J. D.; Augustine, D. J.; Briske, D. D.; Wilmer, H.; Porensky, L. M.; Fernández-Giménez, M. E.; Ritten, J. P. 2021. Can collaborative adaptive management improve cattle production in multipaddock grazing systems?. *Rangeland Ecology & Management*, 75, 1-8.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Ferguson, B. G.; Diemont S. A. W.; Alfaro-Arguello, R.; Martin, J. F.; Nahed-Toral, J.; Álvarez-Solís, D.; Pinto-Ruíz, R. 2013. Sustainability of holistic and conventional cattle ranching in the seasonally dry tropics of Chiapas, Mexico. *Agricultural Systems*, 120, 38–48. doi:10.1016/j.agsy.2013.05.005
- Hodgson, J. 1990. *Grazing Management: Science into Practice*. Harlow: Longman Scientific & Technical.
- Liu, C.; Li, W.; Xu, J.; Wei, W.; Xue, P.; Yan, H. 2021. Response of soil nutrients and stoichiometry to grazing management in alpine grassland on the Qinghai-Tibet Plateau. *Soil and Tillage Research*, 206, 104822. doi:10.1016/j.still.2020.104822
- Segura, C.; Cardenas, L.; McDowell, R.; Morgan, S.; Blackwell, M. S. 2023. Effects on soil of grassland management for pasture, hay and silage.
- Sollenberger, L. E.; Moore, J. E.; Staples, C. R. 2006. Rotational Grazing Systems. In *Forages: The Science of Grassland Agriculture* (6th ed., pp. 381-405). Ames, IA: Blackwell Publishing.

**EFFECTO DEL SOBREPASTOREO EN LA INFILTRACIÓN DE UN SUELO VERTISOL
EN LA REGIÓN DE EL SALTO, DURANGO**

**EFFECT OF OVERGRAZING ON THE PHYSICAL AND HYDROLOGICAL
PROPERTIES OF A VERTISOL SOIL IN THE EL SALTO REGION, DURANGO**

Isaac Rodríguez Reta¹, Erik Orlando Luna Robles^{1*}, Carlos Enrique Aguirre Calderón¹, Silvia Janeth Bejar Pulido¹

¹Instituto Tecnológico de El Salto. Mesa del Tecnológico SN, Forestal, 34942 El Salto, Dgo.

*Autor por correspondencia: eranroka@hotmail.com

RESUMEN

El cambio de uso de suelo se ha convertido en los últimos años en uno de los principales factores de la degradación de los ecosistemas en la zona, debido a las malas prácticas implementadas como el sobrepastoreo, que influye sobre la calidad de los servicios ecosistémicos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del sobrepastoreo sobre las variables físicas e hidrológicas del suelo de la localidad José María Morelos, Durango. Los resultados del presente estudio evidencian que el sobrepastoreo altera significativamente el proceso de infiltración, lo que a su vez repercute directamente sobre el bienestar y la calidad de vida de los habitantes de la región.

Palabras clave: servicios, degradación, bienestar, ecosistemas.

ABSTRACT

The change in land use has become in recent years one of the main factors in the degradation of ecosystems in the area, due to poor practices such as overgrazing that influence the quality of ecosystem services. The objective of this study was to evaluate the effect of overgrazing on the physical and hydrological variables of the soil of the locality José María Morelos, Durango. The results of this study show that overgrazing significantly alters the infiltration process, which in turn has a direct impact on the well-being and quality of life of the region's inhabitants.

Keywords: services, degradation, welfare, ecosystems.

INTRODUCCIÓN

Los usos del suelo asociados con actividades antrópicas, tales como el pastoreo, son considerados los principales actores que pueden afectar la calidad de suelo negativamente y contribuir significativamente en los procesos de cambio climático a nivel regional (Sahagún & Reyes, 2018). De manera particular, el sobrepastoreo, originado por un mal manejo del ganado, es un factor de presión que acelera la degradación del suelo, debido al pisoteo continuo, y de manera indirecta a través de la pérdida o degradación de la cubierta vegetal que lo deja expuesto a los agentes erosivos (agua y viento). La degradación del suelo ocasiona la disminución de aportaciones hídricas, debido a la pérdida de la capacidad de infiltración y recarga de acuíferos; de este modo, la escorrentía superficial aumenta, acelerando los procesos de erosión (Ortega et al., 2018).

Específicamente, los bosques templados son ecosistemas importantes para la recarga de los mantos acuíferos, ya que se estima que estos proveen 25 % del total nacional que es de 4.8 billones de metros cúbicos de agua (Torres y Guevara, 2002). Al respecto, la Sierra Madre Occidental del estado de Durango es una región vital para las cuencas del océano Pacífico y del interior del centro norte del país (Dueñez et al., 2006). Sin embargo, gran parte de los ecosistemas tienen bosques

fragmentados o deteriorados debido al pastoreo intensivo y otras acciones de origen antrópico, lo cual repercute directamente sobre la disponibilidad del recurso hídrico.

Cabe señalar que en la región, las malas prácticas ganaderas sobresalen como una de las actividades importantes contra el ecosistema, ya que el ganado cuenta con una mayor disponibilidad o cosecha de recursos económicos en el corto plazo, además de ser una fuente de alimentos casi inmediata, lo que la convierten en uno de los mayores competidores por los recursos naturales (Pro-Floresta, 2008). En ese contexto, resaltar que la cercanía de los asentamientos humanos sobre los bosques, representan una importante fuente de empleo, de ingresos y subsistencia (Osorio et al., 2015), sin embargo, representa también una amenaza directa que intensifica la transición de áreas forestales a zonas de cultivo o ganadería, donde los suelos del estado de Durango presentan una marcada fragilidad o vulnerabilidad, fundamentalmente al cambio de uso forestal a uso pecuario, ya que las malas prácticas pecuarias poseen las características de incrementar la escorrentía superficial, la erosión del suelo y reducir la capacidad de infiltración (Kumar et al., 2011).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos del sobrepastoreo en las características físicas e hidrológicas del suelo, y con ello proponer prácticas que conduzcan a la sustentabilidad de los recursos agua, suelo y vegetación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio.- El área de estudio se ubica en la localidad José María Morelos ubicada en el municipio Pueblo Nuevo, Durango, donde la vegetación dominante está integrada por especies de pino y encino. El suelo pertenece al tipo vertisol (INEGI, 2005) (Figura 1). El régimen de precipitaciones varía desde los 800 a los 1500 mm.

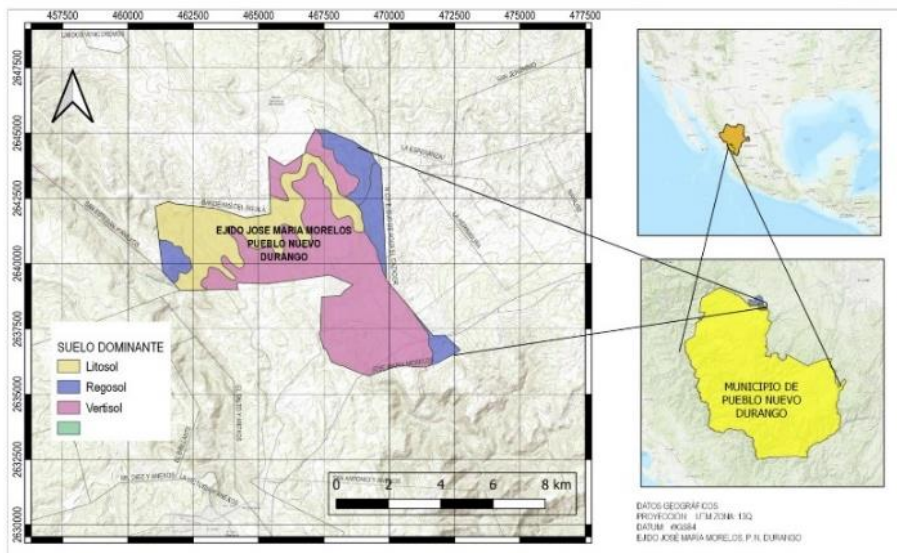


Figura 1. Localización del área de estudio

Parcelas experimentales.- La evaluación consideró dos tipos de uso de suelo: a) bosque templado; es la vegetación arbórea nativa, con dominancia de especies de pino y encino y b) área pecuaria; constituido por un sistema de ganadería extensiva.

Infiltración.- Para la medición de la infiltración se empleó el infiltrómetro de doble anillo, con diámetro interior de 15 cm, 30 cm de exterior y una altura de 45 cm; el cual se enterró a una

profundidad de 5 cm. Las lecturas se llevaron a cabo por un lapso de 210 minutos, por medio de la aplicación de rellenos (recargas) variables. A partir de los datos de campo se determinó la infiltración inicial, infiltración acumulada e infiltración básica por parcela evaluada.

Resistencia mecánica a la penetración (RMP).- La medición de la resistencia mecánica a la penetración (kg cm^{-2}) se determinó con un medidor de fuerza push-pull con pantalla digital (Marca VTSYIQI), el cual se introdujo verticalmente en el suelo y la compresión del resorte leída muestra la resistencia causada por la dureza del suelo en kg cm^{-2} .

Análisis de los datos.- Los datos de todas las variables fueron sometidos a pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y homogeneidad de varianzas de Levene. Para detectar diferencias entre usos de suelo se realizó una prueba t por variable analizada. Todos los análisis se efectuaron con el paquete estadístico SPSS versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores promedio de infiltración inicial, tasas de infiltración básica, infiltración acumulada y resistencia mecánica a la penetración (RMP) se muestran en el Cuadro 1; así mismo se presentan los resultados de la prueba de t de Student, donde se observa que en el área pecuaria, los valores de las variables de infiltración inicial, acumulada y básica se reducen de manera significativa en un 36, 27 y 38 % respectivamente en comparación con el área forestal; mientras que, la resistencia mecánica a la penetración, se ve incrementada significativamente en el área pecuaria.

Cadro 5. Prueba de t Student para las variables que componen al proceso de infiltración y RMP (n6).

Variables	Pecuario	Forestal	Valor de p
Infiltración inicial (mm hr^{-1})	540	840	>0.05
Infiltración acumulada (mm)	3289	4520	>0.05
Infiltración básica (mm hr^{-1})	38.9	63.2	>0.05
RMP (kg cm^{-2})	7.8	2.96	>0.05

RMP= Resistencia mecánica a la penetración.

La Figura 2 describe el comportamiento de la tasa de infiltración observada en ambas áreas. En general, se aprecian tres periodos distintos: inicialmente la velocidad de infiltración es alta y se mantiene constante por un corto tiempo (<5 min); después la tasa de infiltración baja considerablemente (10-30 min), lo que resulta en un tercer momento de estabilización, denominado tasa de infiltración básica, el cual tiende a apreciarse después de los 120 minutos de aplicación de la prueba.

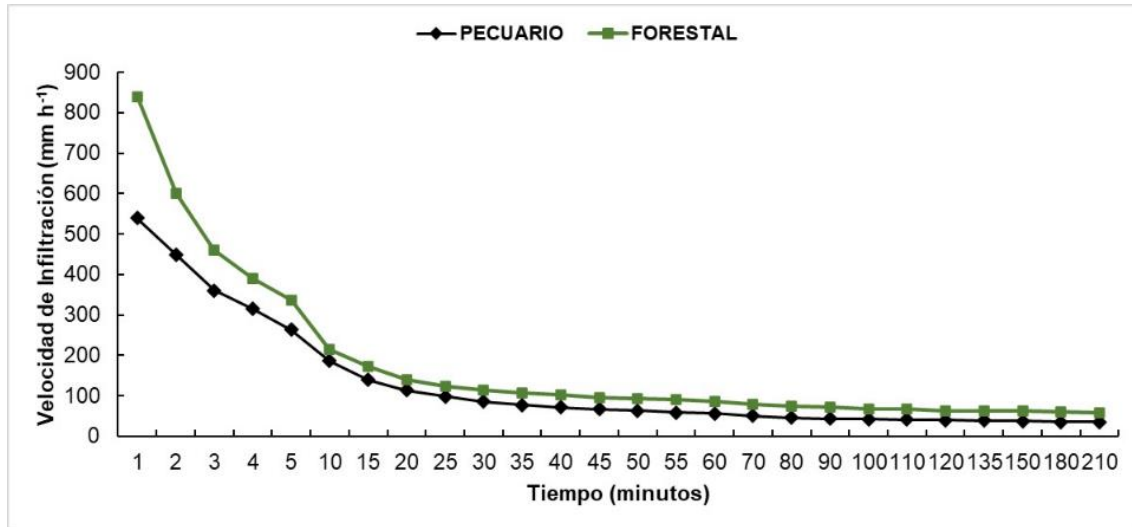


Figura 2. Curvas de infiltración por tipo de uso de suelo

Los resultados coinciden con lo señalado por Gómez et al. (2014), quienes encontraron diferencias estadísticas significativas entre la tasa de infiltración de áreas forestales y de pastoreo. Por lo anterior, Dueñez *et al.*, (2006) mencionan que el sobrepastoreo reduce la infiltración además de favorecer la erosión del suelo en comparación con áreas de vocación forestal, atribuido principalmente a la exposición del suelo desnudo causado por la remoción y perturbación de la vegetación, compactación del suelo, disminución de la permeabilidad y la capacidad de retención del agua (Montagnini et al., 2015).

CONCLUSIONES

El proceso de infiltración presenta sensibilidad a las variaciones del sistema de uso y manejo del suelo. El sobrepastoreo incrementó la dureza del suelo lo cual pudo haber influido sobre los valores de infiltración. Los cambios de uso del suelo de forestales a ganaderos podrían modificar la recarga de los mantos acuíferos y la regulación del ciclo hidrológico local. La información presentada puede ser empleada para definir alternativas para la recuperación de los suelos en los sistemas ganaderos de la región.

LITERATURA CITADA

- Dueñez, A. J.; J. Gutiérrez; L. Pérez; J. Nívar. 2006. Manejo silvícola, capacidad de infiltración, escurrimiento superficial y erosión. *Terra Latinoamericana*, 24(2), 233–240.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística. Pueblo Nuevo, Dgo., México.
- Gómez, G.; R. Munive; T. Mallma; C. Orihuela. 2014. Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes Ciencias Sociales*. 04(01): 32 – 43
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística. Pueblo Nuevo, Dgo., México. 9 p.
- Kumar U.; K. Ramachandran; B. Sharma; K. Satyam; M. Venkanna; M. Bhanu; R. Mandal; N. Masane. 2011. Assessing soil quality in a semiarid tropical watershed using a geographic information system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 75:1144–1160.
- Ortega, D.; J. Ortega; P. Moncayo; I. Vargas; M. Pompê. 2018. Uso del suelo y su influencia en la presión y degradación de los recursos hídricos en cuencas hidrográficas. *RIAA*, 9(1).
- Montagnini, F.; E. Somarriba; E. Murgueitio; H. Fassola; B. Eibl. 2015. *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales. Serie técnica. Informe técnico 402.* CATIE, Turrialba. Costa Rica: Editorial CIPAV. 454p.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Osorio, L. P.; J. Mas; F. Guerra; M. Maass 2015. Análisis y modelación de los procesos de deforestación: un caso de estudio en la cuenca del río Coyuquilla, Guerrero, México. *Investigaciones geográficas. Investigaciones Geográficas* (88):60-74.
- Pro-Floresta 2008. Estudio regional forestal. UMAFOR 1008, Pueblo Nuevo, Durango.
- Sahagún, S.; H. Reyes. 2018. Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT*, 12(2), 6–21.
- Torres, R.; S. Guevara. 2002. El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico. *Gaceta Ecológica*, 63: 40–59.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN PASTO MULATO II (*UROCHLOA* HIBRIDO 36087) A DIFERENTE EDAD DE REBROTE

FORAGE PRODUCTION IN MULATO II GRASS (*UROCHLOA* HIBRIDO 36087) AT DIFFERENT REGROWTH AGES

María Fernanda Martínez Hernández¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}, Joel Ventura Ríos², Jonathan Raúl Garay Martínez³, Benigno Estrada Drouaillet¹, Andrés Gilberto Limas Martínez¹

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus Cd. Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

³Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, Altamira, Tamaulipas.

* Autor por correspondencia: sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

Las especies forrajeras tropicales nativas e introducidas se caracterizan por tener hábitos de crecimiento rápido, que conlleva a alcanzar el estado de madurez más pronto. Debido a esta característica, la producción de biomasa y características morfológicas cambian con la edad de la planta, este factor nos permite determinar el momento óptimo para aprovechar de manera más eficiente la pradera. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de materia seca total y características morfológicas de pasto Mulato II (*Urochloa hibrido 36087*) a diferente edad de rebrote. Se evaluó el pasto Mulato II establecido en septiembre del 2020, con una extensión de 2500 m². Los tratamientos consistieron en tres edades de rebrote (3, 6 y 9 semanas) distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca total (kg ha⁻¹), altura de planta (cm), área foliar específica (cm² g⁻¹), Índice de área foliar. La altura aumentó conforme se prolongó la edad de rebrote (p<0.05). En el área foliar específica, no se encontró diferencia estadística significativa entre edades de rebrote (p>0.05), sin embargo, en el índice de área foliar se obtuvieron los mayores valores en la sexta y novena semana (p<0.05), el mayor valor de materia seca total se obtuvo en la novena semana con 7,508 kg ha⁻¹. El pasto Mulato II puede ser cosechado en la novena semana, donde se obtiene el mayor rendimiento de materia seca.

Palabras clave: *Urochloa*, producción de biomasa, área foliar específica, altura de la planta.

ABSTRACT

Native and introduced tropical forage species are characterized by a fast-growing habitat, which leads to an earlier maturity stage. Due to this characteristic, biomass production and morphological characteristics change with the age of the plant, this factor allows us to determine the optimal moment to take advantage of the pasture in a more efficient way. The objective of this research was to evaluate the total dry matter yield and morphological characteristics of Mulato II grass (*Urochloa hibrido 36087*) at different sprouting ages. Mulato II grass established in September 2020, with an extension of 2500 m², was evaluated. The treatments consisted of three ages of regrowth (3, 6 and 9 weeks) distributed in a randomized complete block design, with a split plot arrangement, with

three replications. The variables evaluated were total dry matter yield (kg ha^{-1}), plant height, specific leaf area ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$), and leaf area index. The height increased as the age of regrowth increased ($p < 0.05$), in the specific leaf area variable, no significant statistical difference was found between regrowth ages ($p > 0.05$), regarding the leaf area index, the highest values were obtained in the sixth and ninth week ($p < 0.05$), the highest value of total dry matter was obtained in the ninth week with $7,508 \text{ kg ha}^{-1}$. Mulato II grass can be harvested in the ninth week, where the highest dry matter yield is obtained.

Keywords: *Urochloa*, biomass production, specific leaf area, plant height.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales de México, los sistemas de producción con rumiantes basan su alimentación principalmente en plantas forrajeras nativas e introducidas, considerándose la fuente de nutrimentos de menor costo que se puede producir en estas zonas cuyo aprovechamiento racional ayuda a transformar ese producto en leche y carne (Cruz-Hernández *et al.*, 2017). En estas regiones en los últimos años se han introducido especies forrajeras mejoradas del género *Urochloa* con la finalidad de incrementar la productividad de las praderas, proporcionando mayor producción de biomasa y mejor calidad nutricional del forraje con relación a las gramíneas nativas, permitiendo aumentar la carga animal y mejorando la producción ganadera del trópico (Enríquez *et al.*, 2021). Las especies forrajeras tropicales nativas e introducidas se caracterizan por tener un hábito de crecimiento rápido, que conlleva a alcanzar el estado de madurez más pronto. Debido a esta característica, producción de biomasa y calidad nutricional cambian con la edad de la planta (Gandará *et al.*, 2017). De acuerdo con Rojas-García *et al.* (2018), la edad de rebrote es una estrategia de manejo que tiene efecto en el crecimiento, rendimiento de forraje y en la persistencia de la pradera, el cual, nos permite determinar el momento óptimo para aprovechar la pradera y eficientizar su uso. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de materia seca total y características morfológicas de pasto Mulato II (*Urochloa* híbrido 36087) a diferente edad de rebrote.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Posta Zootécnica “Ingeniero Herminio García González” perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en las coordenadas geográficas $23^{\circ} 56' 26.5'' \text{ N}$ y $99^{\circ} 05' 59.9'' \text{ O}$, a 193 msnm. Se evaluó el pasto Mulato II (*Urochloa* híbrido 36087) establecido en septiembre de 2020, con una extensión de 2500 m^2 . La pradera se fertilizó con la siguiente fórmula: $50-50-50 \text{ kg ha}^{-1}$ NPK en una sola aplicación. El suelo del lugar es de textura arcilloso con pH alcalino 8.3. Los tratamientos consistieron en tres edades de rebrote (3, 6 y 9 semanas) distribuidos en un diseño de bloques completos al azar, con arreglo de parcelas divididas, donde la parcela mayor pertenece al pasto y, la menor, a la edad de rebrote, con tres repeticiones. Previo a la evaluación, se realizó un corte de uniformidad a 15 cm. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de materia seca total (kg ha^{-1}), Altura de planta (cm), Área foliar Específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) e Índice de área foliar. Se determinó para cada edad de rebrote (3, 6 y 9 semanas) después del corte de uniformidad. En cada parcela se realizaron los muestreos al azar utilizando un área de un cuadrante de metal de (1 m^2), se midió la altura con una regla de madera graduada, tomando tres lecturas para obtener el promedio de la altura de la planta, posteriormente, se cortó el forraje total, a 15 cm de altura residual que se encontraba dentro del cuadrante de cada edad de rebrote. El forraje cosechado se pesó en balanza de precisión y se tomó una submuestra de 200 g, la cual, se separó por sus componentes morfológicos: hoja (hoja + lámina foliar) y tallo. De cada submuestra se tomaron las láminas foliares para determinar el área foliar utilizando un integrador de área foliar modelo CI-202 (CID Bio-Science) y se calculó el Área foliar específica e

Índice de área foliar. Posteriormente, las muestras se colocaron en una estufa de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific®, USA) a 60 °C durante 72 h hasta obtener peso constante. Después del periodo de secado, se registró el peso de las muestras y se estimó el rendimiento de materia seca total (kg ha^{-1}) para cada edad de rebrote. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron estadísticamente utilizando procedimientos GLM de SAS (SAS, 2003), en un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de materia seca total fue mayor en la novena semana ($7,508 \text{ kg ha}^{-1}$; $P<0.05$), y fue superior 51 y 71 % a lo obtenido en la sexta y tercera semana, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas ($P>0.05$). La altura de planta mostró diferencia estadística significativa entre edades de rebrote ($P<0.05$; Cuadro 1). La altura incrementó conforme se prolongó la edad de rebrote; en la novena semana se reportó la mayor altura con 79 cm, mientras que, para la sexta y tercera semana se obtuvieron los menores valores. En la variable de área foliar específica, no se obtuvo diferencia estadística significativa entre edades de rebrote ($P>0.05$) con promedio de 183 g cm^{-2} , mientras que Garay-Martínez *et al.* (2018) en Mulato II en edades de rebrote 4, 6 y 8 semanas encontró valores de 196, 191 y 184 g cm^{-2} para cada una de las edades de rebrote, teniendo un promedio de 190 cm^{-2} . Sin embargo, en la variable Índice de área foliar se mostró efecto de la edad de rebrote ($P<0.05$) con los valores máximos en la novena y sexta semana, sin diferencia estadística entre estas últimas ($P>0.05$). Se obtuvo mayor Índice de área foliar al cosechar el forraje a edades más prolongadas. De acuerdo con González-Muñoz *et al.*, (2020) encontraron en pasto Mulato II a una edad de rebrote de 4 semanas una altura de planta de 43 cm, índice de área foliar de 5.6 y área foliar específica de 174 g cm^{-2} . En un estudio realizado por Garay-Martínez *et al.* (2022) donde evaluaron Mulato II, obtuvieron valores de materia seca total de 1,280, 2,320 y $4,170 \text{ kg ha}^{-1}$ en edades de rebrote de 4, 6 y 8 semanas, respectivamente. Por otro lado, Da Silva *et al.* (2020) obtuvieron valores de materia seca total de 1,650 y $1,880 \text{ kg ha}^{-1}$ en edades de rebrote de 3 y 6 semanas, respectivamente, Mientras que en otro estudio realizado por Aniano-Aguirre *et al.* (2022) sobre el mismo cultivar reportaron valores de materia seca acumulada de 892 kg ha^{-1} y $2,464 \text{ kg ha}^{-1}$ en edades de rebrote de 3 y 6 semanas, respectivamente. Valores inferiores a los obtenidos en el presente estudio.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca total, características morfológicas y variables de respuesta en pasto Mulato II a diferente edad de rebrote.

Cultivar	Edad de rebrote (semanas)		
	3	6	9
	Materia seca total (kg ha ⁻¹)		
Mulato II	2,203 b	3,678 b	7,508 a
	Altura de planta (cm)		
Mulato II	34 c	48 b	79 a
	Área foliar específica (g cm ⁻²)		
Mulato II	192 a	170 a	187 a
	Índice de área foliar		
Mulato II	2.8 b	5.1 a	5.6 a

Literales diferentes entre filas (a,b,c) indican diferencia estadística significativa (Tukey; $p \leq 0.05$), por cada variable.

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de forraje del pasto Mulato II se puede realizar en la novena semana, donde se obtiene el mayor rendimiento de materia seca, debido a que se tiene mayor altura.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades brindadas en el uso de instalaciones para el establecimiento del proyecto, a la empresa Grupo Papalotla S. A. de C. V. por la aportación del cultivar y a CONACYT por la beca otorgada para la realización de la maestría (CVU: 1238932).

LITERATURA CITADA

- Cruz-Hernández, A., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Chay-Canul, A., Enríquez-Quiroz, J., & Ramírez-Vera, S. 2017. Componentes morfogenéticos y acumulación del pasto mulato a diferente frecuencia e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(1):101-109.
- Da Silva, H. M. S., Vendramini, J. M. B., Oliveira, F. C. L., Filho, C. V. S., Kaneko, M., Silveira, M. L., & Yarborough, J. K. 2020. Harvest frequency effects on herbage characteristics of 'Mavuno' brachiariagrass. *Crop Science*. 60:1113-1122.
- Enríquez-Quiroz, J. F., Esqueda-Esquivel, V. A., & Martínez-Méndez, D. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12: 243-260.
- Gándara, L., Borrajo, C. I., Fernández, J. A., & Pereira, M. M. 2017. Efecto de la fertilización nitrogenada y la edad del rebrote sobre el valor nutritivo de *Brachiaria brizantha* cv. "Marandú". *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo. 49(1): 69-77.
- Garay-Martínez, J. R., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., Cancino, S. J., Guevara-Costles, H. P., Acosta-Jácome, M. V., & Cienfuegos-Rivas, E. G. 2022. Rendimiento y digestibilidad de forraje de cultivares de *Urochloa* spp. a tres edades de rebrote en épocas de lluvias y seca. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1): 297-310.
- Rojas-García, A. R., N. Torres-Salado, M. de los A. Maldonado-Peralta, P. Sánchez-Santillán, A. García-Balbuena, S. I. Mendoza-Pedroza, P. Álvarez-Vázquez, J. Herrera-Pérez, A. Hernández-Garay. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra *Brachiaria híbrido* (BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agroproductividad*. 11(5):34-38.
- Garay-Martínez, J. R., Joaquín-Cancino, S., Estrada-Drouaillet, B., Martínez-González, J. C., Joaquín-Torres, B. M., Limas-Martínez, A. G., & Hernández-Meléndez, J. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(15), 573-581.
- Aniano-Aguirre, H., Maldonado-Peralta, M. D. L. Á., Gasga-Pérez, L., Pelaez-Estrada, U. V., Hernández-Marín, J. A., & Rojas-García, A. R. 2022. Características estructurales de pastos: Mulato II, Convert 330 y Convert 431 (*Urochloa híbrido*). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(5), 863-872.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

González-Muñoz, A., Garay-Martínez, J. R., Estrada-Drouaillet, B., Bernal-Flores, Á., Limas-Martínez, A. G., & Joaquín-Cancino, S. 2020. Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de Urochloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(SPE24), 177-189.

RELACIÓN DE LA EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA, CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS Y PRODUCCIÓN FORRAJERA EN POBLACIONES DE PASTO BANDERITA

RELATIONSHIP OF PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY, STOMATAL CHARACTERIZATION AND FORAGE PRODUCTION IN POPULATIONS OF SIDEOATS GRASS

Cindy Y. Molina-Salazar¹, Carlos R. Morales-Nieto^{1*}, Alan Álvarez-Holguín¹, Raúl Corrales-Lerma¹, Eduardo Santellano-Estrada¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada Km.1 Chihuahua Chih., México. CP 31453.

Autor por correspondencia: cnieto@uach.mx

RESUMEN

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una gramínea nativa de zonas áridas con mayor distribución y capacidad de establecimiento. El objetivo fue relacionar la eficiencia fotosintética, características estomáticas y producción forrajera en condiciones de invernadero de 51 poblaciones de pasto banderita del estado de Chihuahua y tres variedades comerciales: Niner, Vaughn y Diana. A los 95 días después de la siembra se midió eficiencia fotosintética (EF), luego, se tomaron muestras para la caracterización estomática y, por último, se midió y corto el forraje. El experimento fue un diseño en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por población. Se realizaron análisis de correlación, componentes principales, análisis de agrupamiento y análisis multivariado de la varianza. Los valores máximos y mínimos fueron: producción de forraje de 9.8 a 17.92 g planta⁻¹, altura de 7.3 a 23 cm, densidad estomática (DE) de 149.72 a 265.730 mm² y área estomática (AE) desde 150.46 hasta 291.24 μm estoma⁻¹. La eficiencia fotoquímica (YII) mostró rango de 0.06 a 0.49, la tasa de transferencia de electrones (ETR) fue de 10.02 hasta 123.65, la disipación de calor regulada (YNPQ) y la disipación de calor no regulada (YNO) fueron de 0.05 a 0.76 y de 0.10 a 0.44, respectivamente. Se encontró una correlación lineal directa de AE y YNPQ entre altura y producción de forraje. Los dos primeros componentes principales explicaron el 58.8 % de la variación total. Se encontraron 11 poblaciones sobresalientes en producción de forraje y potencial de protección contra el estrés.

Palabras clave. Gramínea nativa, diversidad, adaptación, productividad.

ABSTRACT

Sideoats grama [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] is a grass native to arid areas with a greater capacity for distribution and establishment. The objective was to relate the photosynthetic efficiency, stomatal characteristics and forage production under greenhouse conditions of 51 populations of sideoats grama from the state of Chihuahua and three commercial varieties: Niner, Vaughn and Diana. Photosynthetic efficiency (FE) was measured 95 days after sowing, then samples were taken for stomatal characterization and, finally, the forage was measured and cut. The experiment was a completely randomized block design with four replications per population. Correlation analyses, principal components, cluster analysis, and multivariate analysis of variance were performed. The maximum and minimum values were: forage production from 9.8 to 17.92 g plant⁻¹, height from 7.3 to 23 cm, stomatal density (DE) from 149.72 to 265.730 mm² and stomatal area (AE) from 150.46 to 291.24 μm stoma⁻¹. The photochemical efficiency (YII) showed a range from 0.06 to 0.49, the electron transfers rate (ETR) was from 10.02 to 123.65, the regulated heat

dissipation (YNPQ) and the unregulated heat dissipation (YNO) were from 0.05 to 0.76 and from 0.10 to 0.44, respectively. A direct correlation of AE and YNPQ between height and forage production was found. The first two principal components explained 58.8 % of the total variation. 11 outstanding populations in forage production and potential for protection against stress were found.

Keywords: Native grass, diversity, adaptation, productivity, dryness.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema pastizal cubre cerca de una tercera parte de la superficie terrestre (Reinermann *et al.*, 2020). Sin embargo, gran parte de la superficie de estos ecosistemas se encuentra degradada por cambio de uso de suelo o sobrepastoreo, lo que lleva a la pérdida de servicios ecosistémicos como producción de forraje, cosecha de agua, captura de carbono y mantenimiento de la biodiversidad. Por esta razón, es de gran importancia la implementación de programas de restauración de pastizales, sin embargo, la mayoría de estos programas han fracasado debido a la pobre capacidad de establecimiento que presentan la mayoría de las especies utilizadas (James *et al.*, 2011; Larson *et al.*, 2015). En zonas áridas, la poca disponibilidad de agua y temperaturas extremas provocan que las plantas comúnmente se encuentren ante algún grado de estrés. A su vez, esto genera un déficit en las tasas de eficiencia fotosintéticas y, por lo tanto, en los procesos fenológicos, morfológicos y metabólicos de las plantas, así como las características estomáticas, las cuales regulan el intercambio de gases y la eficiencia en el uso del agua, siendo estos indicadores claves de la salud y bienestar de las plantas (Luna *et al.*, 2021; Tsai *et al.*, 2022). El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una gramínea nativa que se distribuye en gran parte del norte de México (Martínez *et al.*, 2020). Esta especie es utilizada ampliamente para la rehabilitación de pastizales ya que su variabilidad morfológica y genética le permiten tener capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas, además de tener una excelente calidad nutricional (Morales *et al.*, 2016; Álvarez *et al.*, 2021). Sin embargo, la información sobre su eficiencia fotosintética y características estomáticas es escasa. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue relacionar la eficiencia fotosintética, las características estomáticas y la producción de forraje en pasto banderita. Los resultados de este estudio contribuirán en la selección de genotipos más resistentes y productivos, lo que beneficiaría la industria ganadera y la conservación de los pastizales en las zonas áridas del norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. Se realizó el monitoreo de variables ambientales de temperatura (T; 21.2 ± 6.2 °C), humedad relativa (HR; 53.46 %), medición de la radiación neta (RN; 98 nm) y la radiación fotosintéticamente activa (RFA; 226.11 nm). Se utilizó semilla de 51 poblaciones de pasto banderita que fueron recolectadas en el año de 2016 en 29 municipios del estado de Chihuahua. Además, se utilizaron cuatro variedades comerciales de esta especie: Niner, El Reno, Vaughn, Diana. El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por población, dando un total de 216 plantas.

La eficiencia fotosintética se evaluó a los 95 días después de la siembra y se midieron los parámetros de fluorescencia de las clorofilas: eficiencia fotoquímica (YII) del fotosistema II (PSII), tasa de transferencia de electrones (ETR) y eficiencia de la disipación de calor regulada en PSII (YNPQ) y eficiencia de la disipación de calor no regulada en PSII (YNO). Para realizar las mediciones se empleó un Analizador de Rendimiento de Fotosíntesis MINI-PAM marca Walz y un

leaf clip 2035-B. Las mediciones se llevaron a cabo alrededor del mediodía con una radiación alta (entre las 11:00 y 14:00 h). Este mismo procedimiento se realizó por la noche, cuando las hojas se encontraban en total reposo (entre las 22:00 y 0.00 h). Para la evaluación de la caracterización estomática se seleccionaron tres hojas maduras y en buen estado. Con ayuda de un portaobjetos y cianoacrilato se obtuvieron 2,916 impresiones que se observaron y analizaron en un microscopio Carl Zeiss modelo Axio Imager 2 a 400X y con la ayuda del software Zen 2 Core se cuantificó el número de estomas por campo para obtener la densidad estomática (estomas mm⁻²). Luego, se midió el área (µm) de tres estomas y se promediaron para obtener el área estomática (AE) total de cada campo.

A los 126 días después de la siembra (15 de octubre del 2022) se realizó la primera evaluación de las plantas. En cada muestreo se midió la altura de todos los individuos y se cortó la biomasa para su posterior secado en una estufa a 65° C por un tiempo de 72 horas. Este procedimiento se llevó a cabo 3 veces más con un lapso de 15 días entre los cortes. Los valores obtenidos en los cuatro muestreos se promediaron por repetición para su posterior análisis.

Se realizaron análisis de estadísticos descriptivos e inferenciales. También, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson, considerando un nivel de significancia del 0.05. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de componentes principales y se utilizó el método de agrupamiento k-means y el número óptimo de grupos se determinó con base al método Elbow. Para establecer diferencias multivariadas (P<0.05) entre grupos, se realizó un análisis multivariado de la varianza (MANOVA) y, un análisis univariado de la varianza (ANOVA). El procesamiento de datos se realizó con el paquete estadístico R versión 4.3.0. (R Core Team, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pasto banderita resulto se una planta anfiestomática. Los rangos de producción de forraje fluctuaron desde 9.82 hasta 17.92 g planta⁻¹ (Cuadro 1). Los valores promedio de YII resultaron en una media de 0.330 y las medias para YNO (0.223) y YNPQ (0.447) afirmaron que estas variables son proporcionales a YII. Bajo este supuesto, la mitad de las poblaciones presentaron una disipación de calor regulada superior a los 0.451, mostrando diferencias entre poblaciones para eficientizar los mecanismos de defensa contra la fotoinhibición.

Cuadro 1. Estadísticos de tendencia central y su variación en 10 variables de 54 poblaciones de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] del estado de Chihuahua

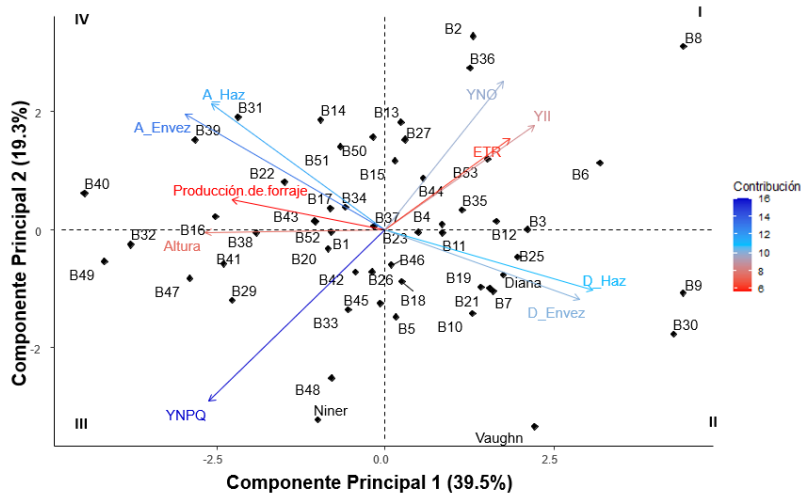
Variable	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	CV
D_Haz	149.72	255.54	181.59	173.82	11.93
D_Envés	151.28	265.73	195.91	192.63	11.60
A_Haz	150.46	287.80	232.23	229.05	12.16
A_Envéz	168.07	291.24	233.87	234.33	11.18
YII	0.06	0.49	0.33	0.32	23.37
ETR	10.02	123.65	54.10	51.55	54.23
YNPQ	0.05	0.76	0.44	0.45	29.19
YNO	0.10	0.44	0.22	0.20	43.41
Altura	7.37	23.00	14.01	13.12	24.75
P. Forraje	9.82	17.92	13.72	13.33	14.60

D_Haz=Densidad de estomática en el haz; D_Envés=Densidad de estomática en el envés; A_Haz=Área estomática en el haz; A_Envés=Área estomática en el envés; YII=Eficiencia fotoquímica; ETR=Tasa de transferencia de electrones; YNPQ=Disipación de calor regulada; YNO=Disipación de calor no regulada.

La relación entre densidad estomática en el envés y en el haz muestran una correlación positiva muy alta (r_{xy}=0.89); sin embargo, ambos mostraron una asociación negativa con el área estomática en el envés y en el haz, lo que indica que los dos lados de las hojas tienden a tener menor proporción

de estomas de mayor tamaño. El área estomática presento una asociación directa respecto a la producción de forraje ($r_{xy}=0.40, 0.39$) y altura ($r_{xy}=0.21, 0.32$), lo que infiere que menos estomas de mayor tamaño, propician una producción de materia seca más elevada. También se encontró asociación negativa con la eficiencia con la eficiencia fotoquímica (YII) del PSII ($r_{xy}=-0.30$ y -0.29), lo que sugiere que la disminución de la fotosíntesis puede ser causada por la limitación estomática, sin poner en riesgo la producción de la planta. Lo anterior, puede ser explicado con la asociación negativa entre YII con YNPQ ($r_{xy}=-0.68$) y la producción de forraje ($r_{xy}=-0.33$), ya que el incremento de las tasas de YNPQ y disminución de YII es atribuido a menor desperdicio de energía, mejor protección contra el daño de la radiación y al uso eficiente del agua (Kromdijk *et al.*, 2016). Por lo tanto, la optimización en YNPQ supone mejorar el desarrollo y crecimiento en el pasto banderita, dando como resultado plantas tolerantes al estrés y con buen potencial productivo. El análisis de componentes principales (ACP) mostró que los primeros dos componentes explicaron el 58.8 % de la dispersión total de las 10 variables medidas en las 54 poblaciones de pasto banderita (CP1 39.5 % y CP2 19.3 %; Figura 1).

Figura 2. Dispersión de la diversidad de 54 poblaciones de pasto banderita [*Bouteloua curtipenduela* (Michx.) Torr.] en función de los dos primeros componentes principales.



D_Haz=Densidad de estomática en el haz; D_Envés=Densidad de estomática en el envés; A_Haz=Área estomática en el haz; A_Envés=Área estomática en el envés; YII=Eficiencia fotoquímica; ETR=Tasa de transferencia de electrones; YNPQ=Disipación de calor regulada; YNO=Disipación de calor no regulada.

En este sentido, el CP1 ordenaría de mayor a menor las poblaciones con menor proporción de estomas de mayor tamaño, mayor disipación de calor regulada, de mayor altura y producción de forraje; por lo que podría indicarse como un índice de eficiencia en la protección contra el estrés y alto potencial de producción forrajera. El CP2 contrasta las poblaciones con menor potencial de adaptación. Las poblaciones fueron clasificadas en cinco grupos mediante un análisis de conglomerados jerárquico, usando el método Elbow. El MANOVA mostró diferencia estadística multivariada entre los grupos ($P<0.0001$). El grupo I presentó a las poblaciones con los valores más bajos de densidad estomática, pero los más altos en cuanto al área estomática, obteniendo como resultado la producción de forraje más alta. Los grupos que muestran estomas pequeños y numerosos disminuyeron la tasa de crecimiento y de producción, pero cuentan con mecanismos protectores eficientes con capacidad de reacción rápida a condiciones estresantes. Los Grupos I y V resultaron con menores tasas de ETR y, por lo tanto, los valores más bajos en la eficiencia del YII. Un ETR reducido trae consigo un exceso de energía y una fotoinhibición grave (Cuadro 2).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 2. Grupos obtenidos del análisis de agrupamiento de 54 poblaciones de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]

Grupo	Poblaciones
I (11)	B39, B38, B16, B31, B52, B47, B41, B29, B32, B40, B49
II (8)	B8, B6, B9, B30, B11, B7, B3, B12
III (13)	B2, B36, B15, B13, B14, B17, B4, B35, B27, B50, B22, B51, B37
IV (15)	B44, B43, B42, B46, B45, B1, B20, B33, Diana, B18, B21, B34, B23, B53, B25
V (7)	B10, B19, B5, B48, B26, Vaughn, Niner

CONCLUSIONES

La eficiencia fotosintética (YII) es un factor importante para la regulación del exceso de energía, controlando la desactivación de los fotosistemas y provocando el descenso de la tasa de transferencia de electrones (ETR), dando lugar a la estrategia más rápida para el control del fotodaño: la disipación de calor regulada (YNPQ). Por lo que las plantas con mayor YNPQ y menores tasas de YII, ETR y YNO tienen mayor capacidad de resistir y tolerar estímulos adversos. La presencia de pocos estomas de mayor tamaño, aunado a la buena respuesta de los mecanismos de protección, dieron a la planta una mayor producción y desarrollo, prediciendo una mejor adaptación a los crecientes factores estresantes en zonas áridas.

Se recomienda evaluar las características morfológicas y la producción de materia seca con relación a las variables ambientales del sitio de origen de las poblaciones, para determinar los factores que influyen sobre la capacidad de adaptación y su viabilidad para uso en el establecimiento de programas de rehabilitación de pastizales en diferentes condiciones agroecológicas.

LITERATURA CITADA

- James, J. J.; Sverjcar, T. J.; Rinella M. J. 2011. Demographic processes limiting seedling recruitment in arid grassland restoration. *British Ecological Society*, 48(4), 961-969. doi:10.1111/j.13652664.2011.02009.
- Larson, J. E.; Sheley, R. L.; Hardegree, S. P.; Doescher, P. S.; James, J. J. 2015. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. *British Ecological Society*, 51(1), 199-209. doi:10.1111/1365-2664.12350.
- Luna-Flores, W.; Estrada-Medina, H.; Jiménez-Osornio, J. J.; Pinzón-López, L. L.; 2021. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 343-353.
- Tsai, M. Y.; Kuan, C.; Guo, Z. L.; Yang, H. A.; Chung, K. F.; Kimmy C. M. 2022. Stomatal clustering in *Begonia* improves water use efficiency by modulating stomatal movement and leaf structure. *Plant Environment Interactions*, 3(4), 141-154. doi:10.1002/pei3.10086.
- Álvarez-Holguín, A.; Morales-Nieto, C. R.; Corrales-Lerma, R.; Prieto-Amparán, J. A.; Villarreal-Guerrero F.; Sánchez-Gutiérrez, R. A.; 2021. Genetic structure and temporal environmental niche dynamics of sideoats grama [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] populations in México. *PLoS One*, 16(7). doi:10.1371/JOURNAL.PONE.0254566.
- Morales-Nieto, C. R.; Avendaño-Arrazate, C.; Melgoza-Castillo, A.; Gil-Vega, K. del C.; Quero-Carrilla, A.; Jurado-Guerra, P.; Martínez-Salvador, M. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Rev Mex Cienc Pecu*, 7(4), 455-469.
- Reinermann, S.; Asam, S.; Kuenzer, C. 2020. Remote sensing of grassland production and management—A review. *Remote Sensing*, 12(12), 1949.

RELACIÓN ENTRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y DOS ÍNDICES DE VEGETACIÓN EN UN PASTIZAL EN EL ESTADO DE DURANGO

RELATIONSHIP BETWEEN BIOMASS PRODUCTION AND TWO VEGETATION INDICES IN A PASTURE IN THE STATE OF DURANGO

Daniel Mota Ituarte¹, Amaury Esquivel Romo^{1*}, Apolinar González Macilla¹, Luis Jesús Barrera Flores¹, Fernando Arellano Rodríguez²

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Km 32, Ej. Venecia, Durango, México. CP 35111.

²Universidad Autónoma Agraria Antonino Narro, Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé, Torreón, Coahuila, CP. 27054

*Autor por correspondencia: amauryer@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue establecer la correlación entre la producción de biomasa aérea con los índices de vegetación: NDVI y SAVI, durante dos años consecutivos, en un pastizal en el norte del estado de Durango, México. La producción de biomasa aérea se determinó, a través de la metodología de corte directo, se utilizaron 16 estaciones en el predio cada una con cuatro subestaciones, además se emplearon 4 aros de poliducto color naranja con un diámetro de 1.6 m y un área de 2.01m², esta metodología se utilizó de manera mensual durante dos años, mientras que los índices de vegetación NDVI y SAVI fueron concretados a partir de imágenes del satélite Sentinel-2 se llevó a cabo una regresión lineal simple para correlacionar la producción de biomasa con los dos índices. Los resultados de este estudio muestran que no existe una correlación NDVI (año 2020 R²= 0.26 y año 2021 R²=0.23), entre la producción de biomasa aérea y la predicción de biomasa a través del uso de los índices de vegetación, SAVI (año 2020 R²= 0.37 y el año 2021 R²=0.23). Los resultados obtenidos muestran que existe poca variabilidad en el espectro de luz que refleja la biomasa con respecto al suelo, por esta razón se propone trabajar a resoluciones de mayor resolución.

Palabras Clave: Biomasa aérea, Pastizal, Vegetación, NDVI y SAVI

ABSTRACT

The objective of the study was to establish the correlation between the aboveground biomass production with the vegetation indices: NDVI and SAVI, during two consecutive years, in a pasture in the north of the state of Durango, Mexico. Aerial biomass production was determined through the direct cut methodology, 16 stations were used on the property, each with four substations, in addition 4 orange polyduct rings with a diameter of 1.6 m and an area of 2.01 m², this methodology was used monthly for two years, while the NDVI and SAVI vegetation indices were specified from Sentinel-2 satellite images, a simple linear regression was carried out to correlate biomass production with the two indices. The results of this study show that there is no NDVI correlation (year 2020 R²= 0.26 and year 2021 R²=0.23), between aerial biomass production and biomass prediction using vegetation indices, SAVI (year 2020 R²= 0.37 and the year 2021 R²=0.23). The results obtained show that there is little variability in the light spectrum that reflects the biomass with respect to the soil, for this reason it is proposed to work at higher resolutions.

Keywords: Aerial biomass, Grasslands, Vegetation, NDVI and SAVI

INTRODUCCIÓN

El estado de Durango presenta una alta diversidad ecosistémica, las áreas de pastizal son un ecosistema importante ya que ocupan prácticamente la mitad de su territorio (Elizondo *et al.*, 2007). El ecosistema de pastizal mantiene funciones ecológicas importantes (White *et al.*, 2000; Xu y Guo, 2015), como la captura de agua, el almacenamiento de carbono y la estabilidad del sitio (previniendo la exposición y la erosión del suelo). Además, el ecosistema de pastizales proporciona forraje para el ganado y los animales salvajes sin necesidad de aplicar fertilizantes sintéticos (Layke *et al.*, 2012). Los pastizales se están degradando o tienen el potencial de degradarse bajo el estrés de las actividades humanas (pastoreo o recreación), especies invasoras o cambios climáticos (Jin *et al.*, 2014). Debido a esta problemática, las nuevas tecnologías pueden tener un rol decisivo en el desarrollo de soluciones de monitoreo que faciliten la toma de decisiones en el manejo del hato, como el ajuste de carga y la suplementación (Hernández *et al.*, 2019), dichas tecnologías como es la sensoria remota, basada en los satélites, proveen imágenes multitemporales con rapidez y de calidad adecuada, eficaces para monitorear la vegetación en los agostaderos y con menor esfuerzo que los métodos tradicionales de campo (Muñoz, 2013; Gaitán *et al.*, 2013; Cabada *et al.*, 2019). En las últimas décadas, diferentes índices de vegetación (VI) se han calculado a partir de datos espectrales de imágenes de satélite, éstos se han desarrollado con el fin de obtener información sobre el estado de la vegetación y sus características. El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se usa comúnmente para evaluar el "vigor", (Paruelo *et al.*, 1997) que puede calcularse por la producción del ecosistema, el NDVI se ha utilizado para medir la productividad primaria neta. El Índice de vegetación ajustado al suelo SAVI es un índice que intenta minimizar las influencias del resplandor del suelo utilizando un factor de corrección de destello del suelo, éste con frecuencia se utiliza en regiones áridas en donde la cubierta de vegetación es baja (Ren *et al.*, 2011). Por lo anterior el objetivo fue, establecer un sistema de monitoreo permanente para determinar la productividad mensual de vegetación durante dos años consecutivos y comprobar su relación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en el rancho ganadero de la colonia agrícola y ganadera La Cieneguilla, municipio de Hidalgo Durango, México, con coordenadas 25° 39' N, 104° 39' O, la altura promedio del sitio es de 1910 m de altitud. El clima predominante en el sitio es estepario, semiárido templado (BS1 kw) y árido semicálido (BWhw), presenta dos periodos claros: el periodo de lluvias (agosto-noviembre) y el periodo de seca (diciembre-julio), el promedio de la precipitación anual es de 450 mm y la temperatura promedio anual es de 20 °C (Espinoza *et al.*, 2000). El suelo es migajón arenoso y migajón arcilloso-arenoso, con pendientes del 1 al 8 %. El tipo de vegetación está clasificado como pastizal natural, con dominancia de *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths. El área de estudio está englobada en la Región Hidrológica No. 36 Nazas-Aguanaval (Gutiérrez *et al.*, 2015).

Variabes evaluadas.- Las variables del estudio fueron el rendimiento de producción de biomasa (variable dependiente) la cual se determinó en una superficie de 1 ha y la frecuencia fue un día al mes durante dos años consecutivos y los valores de NDVI y SAVI como (variables independientes). Para obtener el valor del NDVI para los puntos de biomasa establecidos dentro del rancho la Cieneguilla, se procedió a realizar lo siguiente: de la base de datos Copernicus, de la agencia espacial de la Unión Europea, se obtuvo la información de imágenes de alta resolución que genera el satélite Sentinel-2, usando específicamente las bandas 4 y 8, que corresponden a las bandas

rojo e infrarrojo cercano respectivamente, una vez que se tiene estos archivos, se procedió a trabajar en el programa ArcMap 10.4.1, se empleó la calculadora Ráster y usando las ecuaciones de Rouse *et al.* (1974) donde el $NDVI = \frac{IRC-R}{IRC+R}$ y de Huete (1988) respectivamente donde el $SAVI = \frac{IRC-R}{IRC+R} * (1 + L)$. al final se sobrepusieron los puntos de biomasa, previamente georreferenciados, y se ejecutó una extracción de valores de puntos empleando la herramienta *Spatial Analys Tools*, con la cual se generó un archivo con extensión “.dbf”, por lo tanto, se pueden visualizar utilizado el programa Microsoft Excel 365.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En referencia a la variable de índices de vegetación, el NDVI tuvo un comportamiento de predicción de la cobertura vegetal de 26 % para el año 2020, (Figura 1) mientras que para el año 2021 fue de 23.1 %, producto del modelo de regresión lineal con respecto a la producción de biomasa.

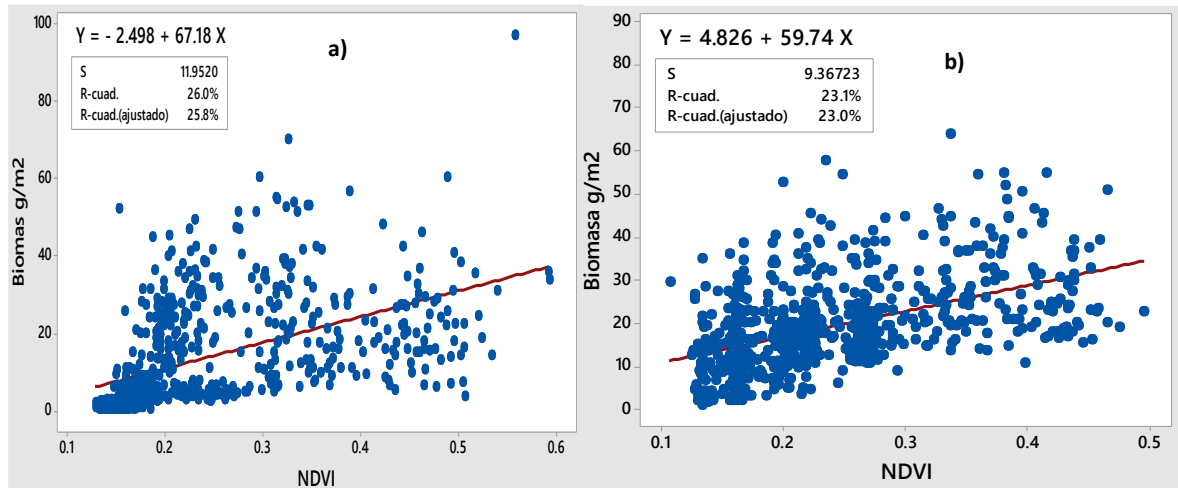


Figura 1. Modelo de regresión lineal simple entre el índice de vegetación NDVI (a, año 2020 y b año 2021) y la producción de biomasa en el rancho ganadero la Cieneguilla, en el municipio de Hidalgo, Durango.

Sin embargo, los resultados obtenidos, contrastan con lo reportado por (Lussem *et al.*, 2019), quienes realizaron una estimación de la biomasa en pastizales templados con modelos de superficie de dosel de alta resolución a partir de imágenes *Red, Green and Blue* (RGB) e índices de vegetación basados en *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), y determinaron resultados de R^2 de 0.57 a 0.73, con lo cual se establece que es necesario llevar a cabo la combinación de metodologías más objetivas, para encontrar una correlación positiva.

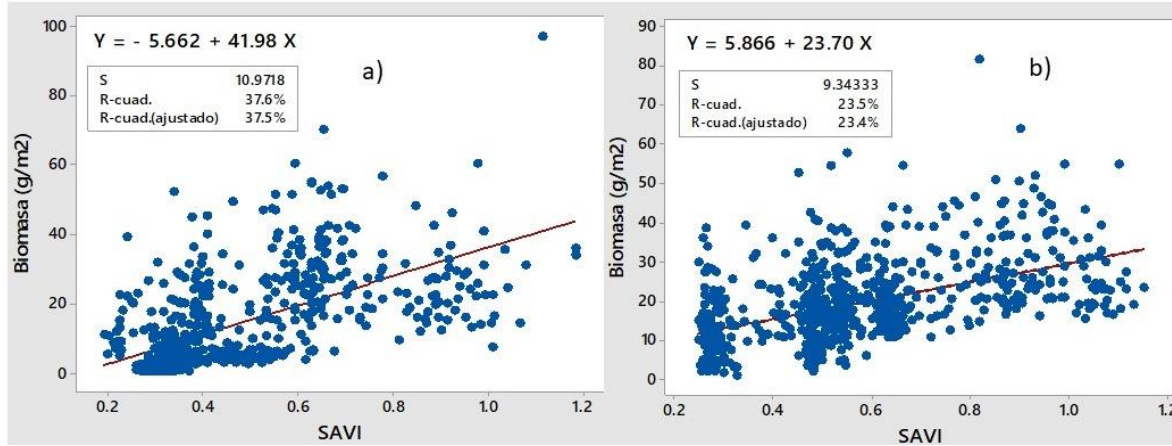


Figura 2. Modelo de regresión lineal simple entre el índice de vegetación SAVI (a año 2020 y b año 2021) y la producción de biomasa en el rancho ganadero la Cieneguilla, en el municipio de Hidalgo, Durango.

En lo que respecta al SAVI mostro un comportamiento de predicción de la producción de biomasa de 37.6 % para el año 2020, y para el año 2021 de 23.5 % (Figura 2), dichos valores porcentuales indican que la predicción de la productividad de biomasa, a partir del SAVI resultan bajos debido a que no existe correlación con respecto a la variable dependiente, dicho comportamiento se puede explicar con el fundamento de que; éste índice no detecta la variabilidad en la colorimetría del suelo con respecto a la vegetación senescente a lo largo del año. Es fundamental establecer planes de gestión en el manejo de los sitios de pastizal en función de que existen fluctuaciones en espacio y tiempo de la biomasa que representan un indicador correspondiente a la dinámica de estos ecosistemas. Y el uso de los índices de vegetación representa una alternativa de bajo costo los productores (Gonzaga, 2015).

CONCLUSIONES

Con la culminación de este estudio se determinó que no existe una correlación entre los dos índices de vegetación utilizados (NDVI y SAVI), durante los dos años consecutivos del estudio, con la producción de biomasa a partir del corte directo, debido a que la utilización de estos índices solo predice en promedio 24.5% NDVI para los dos años la producción de biomasa, mientras que para el índice SAVI la predicción de la producción de biomasa fue en promedio de 30.55%.

LITERATURA CITADA

- Cabada, T. C. A., Hernández, M. L. A. y Medina, C. N. J. (2019). Implementación de vehículos aéreos no tripulados y sensores remotos para el monitoreo de la biomasa forrajera en zonas áridas. *Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. La Paz, Baja California Sur, México.* pp 1-2.
- Elizondo, M. S. G., Elizondo, M. G., y Linares, M. A. M. (2007). Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés.
- Espinoza, C., L. Aguilar A., E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (2000). Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). México, DF.
- Gaitán, J. J., Bran, D., Oliva, G., Ciari, G., Nakamatsu, V., Salomone, J. y Maestre, F. T. (2013). Evaluating the performance of multiple remote sensing indices to predict the spatial variability of ecosystem structure and functioning in Patagonian steppes. *Ecological indicators*, 34, 181-191. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.05.007>
- Gonzaga C. (2015). Aplicación de Índices de Vegetación Derivados de Imágenes Satelitales para análisis de Coberturas Vegetales en la Provincia de Loja, Ecuador. 31 Revista Cedama. Vol. 5. Nº 1. Pp.30-41. Recuperado de: <http://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/43/41>
- Gutiérrez G. U. N., Castellanos P. E., Quiñones V. J.J., Serrato C. J.S., Martínez R. J.J., Orona C. I., Chairez H. I. (2015). Cobertura vegetal estimada por fotografías digitales relacionada con la biomasa en un sitio de pastizal

- del norte de México. *Revista internacional de botánica Experimental FYTON* ISSN 0031 9457 (2015) 84: 312-318
- Hernández M. L. A., Medina, C. N., Cabada, T. C. A., Avalos, C. R., (2019). Avances en la aplicación del NDVI para el monitoreo de la biomasa forrajera en un matorral arbocraescaulescente asociado con pasto buffel. *Campo Experimental Todos Santos, CIRNO, INIFAP*.
- Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.* 25: 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Jin Y, Yang X, Qiu J, Li J, Gao T, Wu Q, Zhao F, Ma H, Yu H, y Xu B. (2014). Remote Sensing-Based Biomass Estimation and Its Spatio-Temporal Variations in Temperate Grassland, Northern China. *Remote Sensing*, 6(2), 1496–1513. <https://doi.org/10.3390/rs6021496>
- Layke C, Mapendembe A, Brown C, Walpole M. y Winn J. (2012) Indicadores de las Evaluaciones de Ecosistemas del Milenio globales y subglobales: un análisis y próximos pasos. *Indicadores ecológicos*. 17, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.025>
- Lussem U, Bolten A, Menne J, Gnyp ML, Schellberg J, y Bareth G. (2019). Estimating biomass in temperate grassland with high resolution canopy surface models from UAV-based RGB images and vegetation indices. *Journal of Applied Remote Sensing*, 2019. 13(3), 034525. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.13.034525>
- Muñoz A. P. (2013). Apuntes de teledetección: Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales, Información para el Desarrollo y la Innovación. Pag. 1-15.
- Paruelo JM, Epstein HE, Lauenroth WK, & Burke IC. ANPP estimates from NDVI for the central grassland region of the United States. *Ecology*, 1997. 78(3), 953-958. <https://doi.org/10.2307/2266073>
- Ren, H., Zhou, G. y Zhang, X. (2011). Estimación de la biomasa aérea verde de la estepa desértica en Mongolia Interior basada en el método del área de la curva de reflectancia de borde rojo. *Ingeniería de biosistemas*, 109 (4), 385-395. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.05.004>
- Rousse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Fredeen, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C. pp. 309-317.
- White, R. P., Murray, S., Rohweder, M., Prince, S. D., y Thompson, K. M. (2000). *Grassland ecosystems* (p. 81). Washington, DC, USA: World Resources Institute.
- Xu, D., y Guo, X. (2015). Some Insights on Grassland Health Assessment Based on Remote Sensing. *Sensors*, 15(2), 3070–3089. <https://doi.org/10.3390/s150203070>

COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL ENSILADO DE DOS CULTIVARES DE SORGO FORRAJERO YIELD COMPONENTS AND NUTRITIONAL VALUE OF SILAGE FROM TWO FORAGE SORGHUM CULTIVARS

Francisco Muñoz López^{1*}, Perpetuo Álvarez Vázquez², Leopoldo Pérez Rojas², Antonio Flores Naveda², María Julia García², Josué García Lopez²

¹Estudiante de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, Torreón, Coahuila. México. C.P. 27054

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

* Autor por correspondencia: paco_notas96@outlook.com

RESUMEN

El sorgo es un cultivo importante por sus usos a nivel mundial en especial en la ganadería, existiendo gran cantidad de genotipos diferentes. El objetivo fue comparar componentes del rendimiento, su aportación al rendimiento, y valor nutricional de dos genotipos de sorgo (SUPER SORGO SE19 y SUPER SORGO SE45). Se empleó un diseño bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se evaluó; Rendimiento de Forraje (RF), Composición Morfológica (CM), Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC) a una edad de 133 días después de la siembra (DDS). El RF y CM no presentaron diferencia estadística entre genotipos ($p \geq 0.05$), no así entre componentes ($p < 0.05$). 3,392 kg MS ha⁻¹ fue el promedio del RF. El tallo, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con 2,189 y 2,576 kg MS ha⁻¹, para ambos cultivares. Así mismo, la mayor aportación al rendimiento la hizo el tallo con 69 %, seguido por la hoja, inflorescencia y material muerto con 15, 14 y 3 % respectivamente. El cultivar SG19 fue mayor en AF y FC, con 200 cm² planta⁻¹ y 42 % respectivamente. En conclusión, el RF y sus componentes morfológicos no fueron afectados por el genotipo, y bromatológicamente solo en FC el SG19 supero al SG45. El tallo apporto más al rendimiento total.

Palabras clave: Comportamiento productivo, producción de forraje, bromatología del sorgo, composición morfológica.

ABSTRACT

Sorghum is an important crop for its uses worldwide, especially in livestock, and there are a large number of different genotypes. The objective was to compare yield components, their contribution to yield, and nutritional value of two sorghum genotypes (SUPER SORGO SE19 and SUPER SORGO SE45). A completely randomized block design with three replications was used. Forage yield (FR), morphological composition (MC), crude protein (CP) and crude fiber (CF) were evaluated at 133 days after sowing (DDS). The RF and CM showed no statistical difference between genotypes ($p \geq 0.05$), but not between components ($p < 0.05$). The average RF was 3,392 kg DM ha⁻¹. The stem, with 2,189 and 2,576 kg DM ha⁻¹, exceeded the leaf, dead material and inflorescence for both cultivars. Likewise, the greatest contribution to yield was made by the stem with 69 %, followed by the leaf, inflorescence and dead material with 15, 14 and 3 % respectively. Cultivar SG19 was higher in AF and FC, with 200 cm² plant⁻¹ and 42 % respectively. In

conclusion, the RF and its morphological components were not affected by genotype, and bromatologically only in FC did SG19 outperform SG45. The stem contributed more to the total yield.

Key words: productive behavior, forage production, bromatology of sorghum , morphological composition.

INTRODUCCIÓN

El sorgo es un cultivo considerado importante por sus diferentes usos a nivel mundial, por lo que, existe un gran número de variedades, genotipos y cultivares, que se les puede dar diferente utilización por presentar comportamiento productivo diferente. Por otra parte, la producción de forraje es una de las actividades primarias más importantes en México y en el mundo ya que constituye la fuente primaria de producción de alimentos altos en proteínas (Huevo, leche y carne). Es así que en la región norte del estado de Coahuila una de las actividades principales es la ganadería la producción de forraje depende de la precipitación pluvial y esta varía de acuerdo con la época del año, disminuyendo la disponibilidad del forraje en la época de invierno e inicios de primavera, esto ocasiona pérdidas en la ganadería regional, se busca una alternativa para disminuir la problemática mediante la siembra de especies forrajeras como lo es el sorgo forrajero ya que puede utilizarse como pastoreo, en verde, en henificado y ensilado, además estos forrajes tienen una alta capacidad de rebrote característica que permite realizar hasta tres cortes por ciclo (INIA, 2005). Por lo anterior, el objetivo fue comparar componentes del rendimiento, su aportación al rendimiento y valor nutricional de dos genotipos de sorgo (SUPER SORGO SE19 y SUPER SORGO SE45).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de marzo a julio de 2020, en condiciones de temporal, en el área experimental el bajío de la UAAAN, Saltillo, Coahuila, México (25° 23' LN y 101° 00' de LO, altitud de 1,783 m, clima templado semiseco, temperatura promedio de 18 °C y precipitación media anual de 340 mm). Se utilizó una parcela de 450 m² (9 x 50 m). donde se establecieron dos genotipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*]; SE19 y SE45. La densidad de siembra utilizada fue de 48,000 plantas ha⁻¹. Como unidad experimental se tomaron 5 surcos de 16.6 m para cada genotipo. Se aplicaron 3 riegos por semana por semana durante la etapa de germinación y posteriormente dos riegos por semana en etapas de desarrollo hasta floración, con riego por goteo con cintilla calibre 6000. Se empleó el diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones. Se midieron las variables productivas a los 133 DDS; Rendimiento de Forraje (RF), Para determinar rendimiento de forraje se cortaron 5 plantas de cada genotipo, por cada repetición, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial, y su estimación en kg MS ha⁻¹ con el dato de densidad de plantas por hectárea. Composición Morfológica (CM), para esta variable la muestra utilizada para determinar rendimiento de forraje fueron separadas en hoja, tallo, material muerto e inflorescencia y cada componente se secó en una estufa de aire forzado modelo FE-243^a, marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 h, hasta alcanzar un peso constante y se registró el peso de la materia seca parcial por componente, y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹, Para las variables bromatológicas se utilizaron cinco plantas por repetición, las cuales fueron molidas a un tamaño de partícula de 2 cm con machete y ensiladas en botellas de plástico con capacidad de un litro, totalmente selladas y contenidas en condiciones anaeróbicas, posteriormente a los 60 días, se sometieron a secado en una estufa de aire forzado modelo FE-243,

marca Felisa, a una temperatura de 55 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante y fueron molidas en un molino tipo Thomas-Wiley y se les determinó Proteína Cruda (PC), Para esta variable se pesó una muestra de alimento soca (estufa) de 1 g pesada la muestra se colocó en un matraz kjeldahl y se añadió una cuchara de mezcla catalítica (sulfato de Potasio + Sulfato de Cobre), en seguida se añadió 25 ml de H₂S₄ concentrado (98%) por las paredes del matraz introducir unas perlas de vidrio al matraz kjeldahl y colocar éste en el aparato digestor kjeldahl para poner a ebullición, la temperatura no debe ser mayor de 300°C, porque se perdería nitrógeno. La digestión se terminó cuando el líquido fue claro, se apagaron las parrillas, dejar enfriar y antes de la solidificación de la sal se agregar 250 ml de agua destilada. Si se solidificó el material disolver la sal totalmente. Para la destilación se prepararon los matraces Erlenmeyer de 500 ml y añadir 50 ml de H₃B₀₃ al 48, se añadió colorante mixto (10 gotas), se colocaron los matraces bajo los condensadores, introduciendo los tubos dentro de los mismos para recibir el destilado y coleccionar 250 o 300 ml de volumen. A los matraces de Kjeldahl digeridos y con agua se añadió 110 ml de NaOH al 45% y unos gránulos de zinc (catalizador), se conectó el destilador rápidamente, ya una vez ajustado el tapón del condensador, se mezcló el contenido del balón rotándolo suavemente se prendieron las parrillas y se destiló el volumen suficiente. Se tituló el amonio recogido con H₂S₄, estandarizado (0.1M) o HCl (0.1N), hasta que desapareció el color verde. Se tuvo cuidado en el punto de equivalencia que consiste en un equilibrio entre la parte ácida y la parte básica, por e110 en la titulación se debe tomar en cuenta el primer cambio de color, para Fibra Cruda (FC), Se pesaron 2 g de muestra desengrasada y se colocaron en un vaso de Berzelius. Después se agregaron 100 ml de ácido sulfúrico 0.255 N y se abrió la llave del digestor Labconco, y se colocó el vaso en una parrilla. A partir del punto de ebullición de la muestra, se tomó el tiempo de 30 minutos y se inició un calentamiento con agua destilada, el filtro se colocó sobre el embudo, una vez pasados los 30 minutos se filtró la muestra y se lavó con agua caliente. Con la ayuda de una espátula se vació la muestra en un vaso tipo bohemia, y se agregaron 100 ml de hidróxido de sodio 0.313 N. A partir del punto de ebullición se tomó el tiempo de 30 minutos. Posteriormente se retiró la muestra, se filtró y lavo con agua caliente. En un crisol, sacado previamente en una estufa, se colocó la muestra y se dejó 12 horas en una estufa de secado dr200. Pasadas las 12 horas se sacó el crisol de la estufa y se pesó. Finalmente se colocó el crisol en la mufla durante 2 horas, y se enfrió en el desecador durante 10 minutos y se pesó. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM de SAS (Statistical Analysis System Versión 9.0 para windows), con una comparación de medias con la prueba Tukey al 5 % de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestra que, entre genotipos, el rendimiento total y entre componentes morfológicos no se presentaron diferencias estadísticas ($p > 0.05$), sin embargo, el SE19 supero al SE45 en un 8% con 294 kg MS ha⁻¹. El promedio en el rendimiento de forraje fue de 3,392 kg MS ha⁻¹. No obstante, entre componentes dentro de cada genotipo se presentaron diferencias ($p < 0.05$). El tallo en ambos genotipos y en el promedio, supero a la hoja, material muerto e inflorescencia con valores de 2,189 y 2,576 kg MS ha⁻¹, para los genotipos SE19 y SE45, respectivamente. En promedio el tallo aportó al rendimiento total 2,382 kg MS ha⁻¹, seguido por la hoja (470 kg MS ha⁻¹), inflorescencia (448 kg MS ha⁻¹) y material muerto (90 kg MS ha⁻¹). Al respecto Amador y Boschini (2000), reportan en sorgo negro forrajero, una producción máxima de materia seca a los 108 DDS con 10,400 kg MS ha⁻¹, mientras que a una edad semejante a este estudio (133 vs 136 DDS), reportan 7,381 kg MS ha⁻¹. En el Cuadro 2, se muestran los valores del rendimiento total por componente donde no se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p > 0.05$). La mayor aportación promedio la hizo el tallo con 69 % seguido por la hoja con 15 %, la inflorescencia con 14 % y el menor estadísticamente el material muerto con 3 % ($p < 0.05$). Los resultados que se

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

obtuvieron fueron mayores, comparados con Amador y Boschini (2000), quienes reportaron que a los 136 días obtienen un porcentaje de tallo de 65.8 %, en cuanto a la hoja del 9.19 %, inflorescencia 11.28 %, en sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*). En el Cuadro 3, se muestran los valores del estudio bromatológico donde no se presentaron diferencias estadísticas entre genotipos ($p > 0.05$), a excepción del 1% de fibra ($p < 0.05$). El porcentaje mayor de fibra cruda se registró en el genotipo SE19 con 42 % de, respecto al genotipo SE45 con valor de 35 % ($p < 0.05$). No obstante, estos resultados son superiores a los encontrados por Tuna y Bressani (1992) en diez materiales criollos evaluados en el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola: los valores reportados por estos autores fueron entre 2.82 y 3.03. El promedio de proteína cruda fue de 4.19 %, el genotipo SE19 supero con solo 0.3 unidades al SE45. De acuerdo con Amador y Boschini (2000), el porcentaje de proteína disminuye a medida que la edad de la planta avanza, con valores de 25.97 % a los 38 DDS a 7.70 % a los 136 DDS.

Cuadro 1. Rendimiento total (kg MS ha⁻¹) y su composición morfológica (kg MS ha⁻¹) de dos genotipos de sorgo gigante [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados a 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	RMS	Pr > F
SE19	2189 ^{Aa}	532 ^{Ba}	85 ^{Ba}	437 ^{Ba}	3245 ^a	0.0020
SE45	2576 ^{Aa}	408 ^{Ba}	95 ^{Ba}	458 ^{Ba}	3539 ^a	0.0023
\bar{x}	2382 ^A	470 ^B	90 ^{Ba}	448 ^B	3392	0.0019
Pr > F	0.015	0.741	0.57	0.161	0.02	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente (Tukey; $p > 0.05$). MM = Material muerto.

Cuadro 2. Aportación al rendimiento (%) de los componentes morfológicos de dos genotipos de sorgo gigante [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Tallo	Hoja	MM	Inflorescencia	Pr > F
SE19	69 ^{Aa}	17 ^{Ba}	3 ^{Ca}	13 ^{BCa}	<.0001
SE45	71 ^{Aa}	12 ^{Ba}	3 ^{Ca}	14 ^{Ba}	<.0001
\bar{x}	61 ^A	15 ^B	3 ^C	14 ^B	<.0001
Pr > F	0.1	0.4	0.6	0.09	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente ($p > 0.05$). MM = Material muerto.

Cuadro 3. Porcentaje (%) Proteína Cruda y Fibra Cruda del ensilaje de dos genotipos de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) *moench*], cosechados a 133 días después de la siembra, y cultivados en condiciones de temporal, en Saltillo, Coahuila, México.

Genotipo	Proteína Cruda	Fibra Cruda
SE19	4.3 ^a	42 ^a
SE45	4.0 ^a	35 ^b
\bar{x}	4.19	38

Pr > F

0.68

0.009

Columnas con la misma letra minúscula no indica diferencia ($p > 0.05$)

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje y sus componentes morfológicos y su aportación a este no fue afectado por el genotipo, cuando se cosecho a los 133 días después de la siembra. El componente que más aportó al rendimiento fue el tallo con un 71 %, seguido de la hoja con 12 %, la inflorescencia con un 14 % y el material muerto con 3 %. Los genotipos solo fueron diferentes en el porcentaje de fibra cruda y proteína cruda, siendo mayor el SE19 respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Amador, A.; Boschini, C. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43711212>.
- INIA-Campo Agrícola Experimental Anáhuac (CAEANA). 2005. Guía para cultivar Sorgo Forrajero en el norte de nuevo león Cd. Anáhuac, Nuevo león. México.
- Tuna, E., & Bressani, R. 1992. Composición química de once variedades de sorgo (*Sorghum bicolor*) antes y después del reventado del grano. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 42(3):291-291.
<https://www.alanrevista.org/ediciones/1992/3/art-9/>

GRAMÍNEAS INVASORAS EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE AL NORTE DE MEXICO

INVASIVE GRASSES IN THE CHIHUAHUAN DESERT IN NORTHERN MEXICO

Brenda Yazmín Muro-Robles¹, Lizeth Ruacho-González^{2*}, Jesús Guadalupe González-Gallegos², M. Socorro González-Elizondo², Martha González-Elizondo² y Yolanda Herrera-Arrieta²

¹Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental, Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional.

²Academia de Sistemática y Ecología Vegetal, Centro Interdisciplinario de investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional.

* Autor por correspondencia: liz_3626@hotmail.com

RESUMEN

A nivel mundial se considera que las plantas exóticas invasoras son una de las principales causas de pérdida de biodiversidad. El ser humano se ha encargado de trasladar a organismos fuera de sus zonas de distribución natural con la finalidad de obtener algún beneficio; tal es el caso de gramíneas que son utilizadas en la ganadería o la agricultura y que luego de ser introducidas al país, han encontrado ambientes óptimos para su establecimiento y dispersión sin ningún tipo de control. El objetivo de este estudio fue identificar las especies de gramíneas invasoras con presencia en el Desierto Chihuahuense (DCh), específicamente en la zona norte de México, la cual alberga la mayor zona de pastizales del país. Se realizaron consultas de información en diversas colecciones botánicas y bases de datos electrónicas para la obtención de registros de presencia de especies de interés, y así identificar su distribución actual en el DCh. Se encontraron 55 especies de gramíneas invasoras presentes en el área de estudio.

Palabras clave: Pastizales; introducciones; pasto africano; plantas exóticas

ABSTRACT

Worldwide, invasive alien plants are one of the main causes of biodiversity loss. The human being has overseen moving organisms out of their natural distribution zones in order to obtain some benefit; such is the case of grasses that are used in livestock or agriculture and that, after being introduced into the country, have found optimal environments for their establishment and dispersal without any type of control. The objective of this study was to identify the invasive grass species present in the Chihuahuan Desert (DCh), specifically in northern Mexico, which is home to the largest grassland area in the country. Information queries were made in various botanical collections and electronic databases to obtain records of the presence of species of interest, and thus identify their current distribution in the DCh. 55 species of invasive grasses were found in the study area.

Keywords: grasslands; introductions; african grass; exotic plants

INTRODUCCIÓN

Las especies que son transportadas de manera accidental o intencional, fuera de su rango de distribución natural se consideran como exóticas o introducidas (Richardson y Pysek, 2006, 2012; Quiroz *et al.*, 2009). Una vez que se establecen y dispersan sin control en un nuevo ambiente, las especies exóticas son capaces de desarrollar comportamiento invasor y ocasionar graves impactos

en la región donde se han introducido. Estos organismos han sido considerados como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (Castro-Diez *et al.*, 2004; Aguilar, 2005; Richardson y Pysek, 2006 Badii *et al.*, 2015). Algunos de los impactos que llegan a ocasionar son la reducción de la economía, pérdida de cultivos, desplazamiento de especies nativas, transmisión de patógenos, reducción de la biodiversidad en general, cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, entre otros (Mack *et al.*, 2000; Aguilar, 2005; Vilá *et al.*, 2011).

En México se han introducido una gran cantidad de especies vegetales y los efectos ocasionados por su presencia no fueron cuantificados por muchos años (Koleff *et al.*, 2010). La mayoría de las introducciones al país se han realizado de manera intencional por los beneficios obtenidos, principalmente económicos (Mendoza-Alfaro *et al.*, 2014). Como ejemplo de ello, se cuenta con una gran variedad de pastos exóticos introducidos al país principalmente con fines ganaderos y agrícolas (March-Misfut y Martínez-Jiménez, 2007). Sin embargo, en su momento no se consideraron los posibles efectos que llegarían a ocasionar en nuevos ambientes, la ocurrencia de estas especies se ha extendido más allá de las zonas de cultivo iniciales desplazando vegetación nativa, facilitando incendios más severos y frecuentes, y en algunos casos han cambiado la estructura en los ecosistemas (March-Misfut y Martínez-Jiménez, 2007).

De acuerdo con Dávila *et al.* (2018) en México se cuenta con la presencia de 154 especies de pastos introducidos. Esto representa aproximadamente el 10% del total de plantas vasculares introducidas al país (1,584 taxones) reportadas por Ramírez-Albores y Badano (2021). Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar cuáles de las gramíneas introducidas al país se encuentran presentes en el Desierto Chihuahuense al norte de México, para determinar la distribución actual de las que presentan comportamiento invasor y que se distribuyen dentro del área de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se realizó en el norte de México en el área comprendida por los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León, en la porción correspondiente al Desierto Chihuahuense (Figura 1). La variación altitudinal oscila entre los 1000-1500 msnm, con lluvias que fluctúan entre los 200 y 500 mm anuales y predominan los climas secos (Rzedowski, 1978; Morrone, 2019).

Presencia y distribución

Se revisaron publicaciones científicas (Herrera-Arrieta y Cortés-Ortíz, 2010; Valdés-Reyna, 2015; Espinosa-García y Villaseñor, 2017; Herrera-Arrieta y Peterson, 2018; Sánchez-Ken, 2018; Ramírez-Albores y Badano, 2021), colecciones botánicas (ANSM y CIIDIR), así como bases de datos electrónicas (Flora del Norte de México, Red de Herbarios del Noroeste de México, Datos abiertos de la UNAM y NATURALISTA) con la finalidad de cotejar la información e identificar las especies reportadas como invasoras que se encuentran en el Desierto Chihuahuense.

Se obtuvieron registros georreferenciados que se proyectaron en ArcMap 10.1 sobre las capas de división política (INEGI, 2021) para verificar que los datos de cada punto georreferenciado estuvieran correctos. Los datos que presentaron algún error fueron revisados, procesados y corregidos mediante la descripción del sitio de colecta y la posterior asignación de las coordenadas correctas con ayuda del programa Google Earth siguiendo las recomendaciones de CONABIO (2008) y Chapman y Wieczorek (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo una matriz de datos con 2007 registros de gramíneas invasoras en el área de estudio, los cuales pertenecen a 55 especies y 34 géneros (Figura 2; Tabla 1). Si se compara la información generada con publicaciones previas acerca de las introducciones de gramíneas al país, el listado obtenido representa el 36% de los pastos introducidos al país registrados por Dávila *et al.* (2018), aproximadamente el 25% de las 224 especies introducidas registradas por Sánchez-Ken (2018) y el 15% de las especies reportadas recientemente por Ramírez-Albores y Badano (2021).

Los géneros que presentan con la mayor cantidad de especies introducidas son *Eragrostis* (7 spp.), *Digitaria* (4 spp.) y *Setaria* (4 spp.), similar al reporte de Dávila *et al.* (2018) quienes reportan a estos géneros dentro de un grupo que aportan la mayoría de las especies presentes en el país.

Los géneros para los que se obtuvo la mayor cantidad de registros de presencia son *Eragrostis*, *Sorghum*, *Echinochloa*, *Melinis* y *Cynodon* (Figura 3). Estos géneros han sido reportados previamente por Dávila *et al.* (2018) por aportar altos porcentajes de presencia de especies en el país. El género *Eragrostis* se ha reportado que aporta la mayor riqueza de especies tanto nativas como introducidas en México (Dávila *et al.*, 2018; Sánchez-Ken, 2018), lo que se refleja en el presente trabajo al ser el que aporta la mayor cantidad de especies y al contar con el mayor número de registros de presencia.

Las especies con menos registros son 17 (menos de 10 puntos para cada una). *Aegilops cylindrica* (5 registros) en Chihuahua, *Bothriochloa ischaemum* (5) en Coahuila, *Bromus tectorum* (5) En Chihuahua y sur de Coahuila, *Dichanthium annulatum* (5) Chihuahua y Coahuila, *Digitaria ischaemum* (4) Chihuahua y sur de Coahuila, *Elymus repens* (4) Coahuila, *Eragrostis ciliaris* (4) Chihuahua y norte de Durango, *Poa pratensis* (4) Coahuila, *Stenotaphrum secundatum* (4) sur de Coahuila, *Schismus barbatus* (2) al norte de Chihuahua, *Agrostis stolonifera* (1) al norte de Coahuila, *Bothriochloa pertusa* (1) al sur de Coahuila, *Coix lacryma-jobi* (1) sur de Coahuila, *Phleum alpinum* (1) sur de Coahuila, *Schismus arabicus* (1) al norte de Chihuahua, *Urochloa panicoides* (1) en Durango y *Vulpia myuros* (1) en Chihuahua.

En cuanto a la distribución por estados se encontró que Coahuila (727 spp.) es el que más especies tiene, seguido de Durango (641 spp.), Chihuahua (588) y Nuevo León (47 spp.).

Entre las especies reportadas *Aegilops cylindrica*, *Arundo donax*, *Bothriochloa pertusa*, *Bromus tectorum*, *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Coix lacryma-jobi*, *Cynodon dactylon*, *Echinochloa colona*, *Elymus repens*, *Eragrostis curvula*, *Eragrostis lehmanniana*, *Lolium perenne*, *Melinis repens*, y *Poa pratensis* han sido catalogadas como especies de alto riesgo de invasividad por evaluaciones realizadas por CONABIO y Muro-Robles, 2023, eso debido a las estrategias desarrolladas por las plantas como la capacidad de adaptación a las variaciones ambientales de las zonas donde se distribuyen, la alta producción de semillas viables que se dispersan a distancias considerables, la rápida germinación de las mismas o bien, la capacidad de reproducirse rápidamente de manera clonal cubriendo grandes superficies (McGaugh *et al.*, 2006; Racelis *et al.*, 2012; Clements *et al.*, 2021).

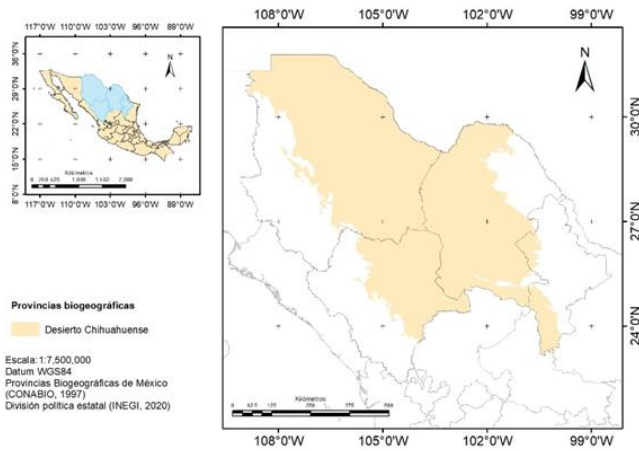


Figura 1. Localización del área de estudio.

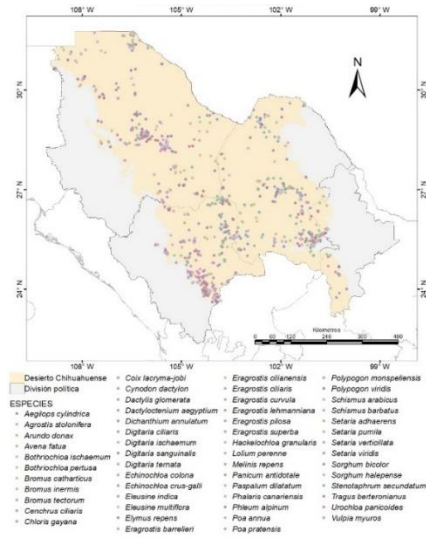


Figura 4. Distribución actual de pastos introducidos e invasores presentes en el Desierto Chihuahuense al norte de México

Tabla 1. Listado de las gramíneas introducidas e invasoras presentes en el Desierto Chihuahuense al norte de México

Gramíneas introducidas invasoras presentes en el Desierto Chihuahuense			
<i>Aegilops cylindrica</i>	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	<i>Eragrostis curvula</i>	<i>Polypogon viridis</i>
<i>Agrostis stolonifera</i>	<i>Dichanthium annulatum</i>	<i>Eragrostis lehmanniana</i>	<i>Schismus arabicus</i>
<i>Arundo donax</i>	<i>Digitaria ciliaris</i>	<i>Eragrostis pilosa</i>	<i>Schismus barbatus</i>
<i>Avena fatua</i>	<i>Digitaria ischaemum</i>	<i>Eragrostis superba</i>	<i>Setaria adhaerens</i>
<i>Bothriochloa ischaemum</i>	<i>Digitaria sanguinalis</i>	<i>Hackelochloa granularis</i>	<i>Setaria pumila</i>
<i>Bothriochloa pertusa</i>	<i>Digitaria ternata</i>	<i>Lolium perenne</i>	<i>Setaria verticillata</i>
<i>Bromus catharticus</i>	<i>Echinochloa colona</i>	<i>Melinis repens</i>	<i>Setaria viridis</i>
<i>Bromus inermis</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Panicum antidotale</i>	<i>Sorghum bicolor</i>
<i>Bromus tectorum</i>	<i>Eleusine indica</i>	<i>Paspalum dilatatum</i>	<i>Sorghum halepense</i>
<i>Cenchrus ciliaris</i>	<i>Eleusine multiflora</i>	<i>Phalaris canariensis</i>	<i>Stenotaphrum secundatum</i>
<i>Chloris gayana</i>	<i>Elymus repens</i>	<i>Phleum alpinum</i>	<i>Tragus berteronianus</i>
<i>Coix lacryma-jobi</i>	<i>Eragrostis barrelieri</i>	<i>Poa annua</i>	<i>Urochloa panicoides</i>
<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Eragrostis cilianensis</i>	<i>Poa pratensis</i>	<i>Vulpia myuros</i>
<i>Dactylis glomerata</i>	<i>Eragrostis ciliaris</i>	<i>Polypogon monspeliensis</i>	

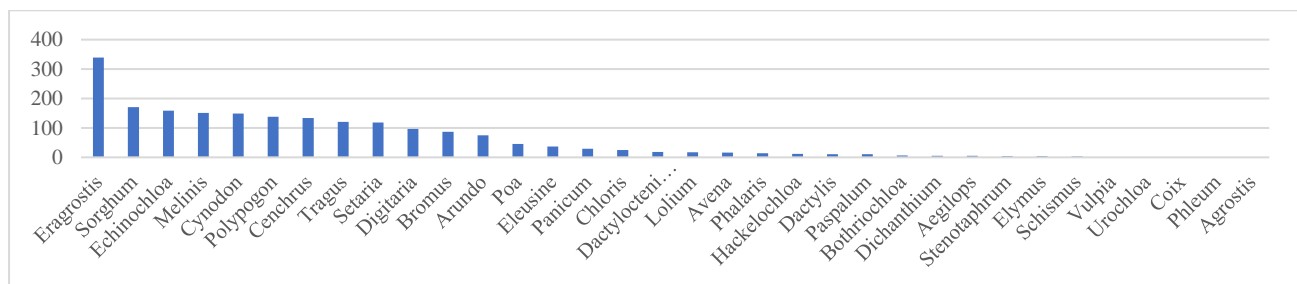


Figura 3. Registros de presencia georreferenciados de los géneros de la familia Poaceae obtenidos luego de la consulta de las diversas fuentes de información

CONCLUSIONES

El alto número de especies reportadas representa una luz roja en el cuidado y manejo de los pastizales del norte de México. La presencia de especies con alta invasividad son un tema que debería ser tratado como prioridad tanto por el sector público como por los propietarios del pastizal. Es necesario continuar con la recopilación de información biológica y geográfica de estas especies, de modo que puedan ayudar asertivamente en la aplicación de métodos de control para reducir los efectos negativos que ocasionen por su presencia, así como controlar oportunamente su dispersión.

LITERATURA CITADA

- Aguilar, V. 2005. Especies invasoras: una amenaza para la biodiversidad y el hombre. *Biodiversitas*: 7-10.
- Badii, M.H., A. Guillen, G. Pérez y J. Aguilar. 2015. Extinción de especies y su implicación. *Daena: International Journal of Good Conscience* 10: 157-171.
- Castro-Díez, P., F. Valladares y A. Alonso. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas* 13: 61-68.
- Chapman, A.D. y J. Wiecek (eds). 2006. Guide to best practices for georeferencing. Global Biodiversity Information Facility, Copenhagen, 80 pp.
- Clements, D.R., M.K. Upadhyaya, S. Joshi y A. Shrestha. 2021. Global plant invasions on the rise. En: D.R. Clements, M.K. Upadhyaya, S. Joshi y A. Shrestha (eds.) *Global plant invasions*. Springer, Switzerland, pp 1-28.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. Georreferenciación de localidades de colecciones biológicas. Manual de procedimientos. CONABIO, México, 177 pp.
- Dávila, P., M.T. Mejía-Saulés, A.M. Soriano-Martínez y Y. Herrera-Arrieta. 2018. Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462-514.
- Espinosa-García, F.J. y J.L. Villaseñor. 2017. Biodiversity, distribution, ecology and management of non-native weeds in Mexico: a review. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88:76-96.
- Herrera-Arrieta, Y. y A. Cortés-Ortiz. 2010. Listado florístico y aspectos ecológicos de la familia Poaceae para Chihuahua, Durango y Zacatecas, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 4: 711-738.
- Herrera-Arrieta, Y. y P.M. Peterson. 2018. *Grasses of Chihuahua, Mexico*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, D.C.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2021. División política estatal. Catálogo de metadatos geográficos, Escala 1:250000. CONABIO.
- Koleff, P., A.I. González y G. Born-Schmidt. 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. CONABIO, México, D.F., pp. 91.
- Mack, R.N., D.S. Chair, W.M. Lonsdale, H. Evans, M. Clout y F. Bazzaz. 2000. Invasiones biológicas: causas, epidemiología, consecuencias globales y control. *Tópicos en Ecología* 5: 1-21.
- March-Misfut, I.J. y M. Martínez-Jiménez. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad: prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Jiutepec, 73 pp.
- McGaugh, S., D. Hendrickson, G. Bell, H. Cabral, K. Lyons, L. Meecham y O. Muñoz-J. 2006. Fighting an aggressive wetlands invader: a case study of giant reed (*Arundo donax*) and its threat to Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. *Desert fishes Council* pp 1-15.
- Mendoza-Alfaro, R., C. Ramírez-Martínez, C. Aguilera-González y M.E. Meave del Castillo. 2014. Principales vías de introducción de las especies exóticas. En: R.E. Mendoza-Alfaro y P. Koleff-Osorio (coords.) *Especies acuáticas invasoras en México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., pp. 43-73.
- Morrone, J.J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*: e902980.
- Quiroz, C.L., A. Pauchard, A. Marticorena y L.A. Cavieles. 2009. Manual de plantas invasoras del centro-sur de Chile. Laboratorio de Invasiones Biológicas, Chile, 45 pp.
- Racelis, A.E., R.B. Davey, J.A. Goolsby, A.A. Pérez-de León, K. Varner y R. Duhaime. 2012. Facilitative ecological interactions between invasive species: *Arundo donax* stands as favorable habitat for cattle ticks (Acari: Ixodidae) along the U.S.-Mexico border. *Journal of Medical Entomology* 49: 410-417.
- Ramírez-Albores, J.E. y E.I. Badano. 2021. Alien species as a counterpart of a megadiverse country as Mexico. *Management of Biological Invasions* 12: 828-845.
- Richardson, D.M., y P. Pysek. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography* 30: 409-431.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Richardson, D.M., y P. Pysek. 2012. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *Tansley review* 196: 383-396.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. 1era ed., Limusa, México, D.F.
- Sánchez-Ken, J.G. 2018. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana* 126: e1379.
- Valdés-Reyna, J. 2015. *Gramíneas de Coahuila*. 1era ed. CONABIO, México, D.F.
- Vilá, M., J.L. Espinar, M. Hejda, P.E. Hulme, V. Jarosík, J.L. Maron, J. Pergl, U. Schaffner, Y. Sun y P. Pysek. 2011. Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecology Letters* 14: 702-708.

ESTABLECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y SOBREVIVENCIA DE VARIEDADES DE BUFFEL EN EL TRÓPICO SECO DE SINALOA

STABLISHMENT, PRODUCTION AND SURVIVAL OF VARIETIES OF BUFFEL IN THE DRY TROPICS OF SINALOA

Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez^{1*}, Alfredo Loaiza-Meza¹, Venancio Cuevas-Reyes², Tomás Moreno-Gallegos¹, Jesús Pérez-Márquez¹

¹Campo Experimental Valle de Culiacán, CIRNO-INIFAP

²Campo Experimental Valle de México, CIRCE-INIFAP

*Autor para correspondencia: gutierrez.obed@inifap.gob.mx

RESUMEN

El aprovechamiento de los pastos y forrajes como alimento para el ganado, es un factor importante dentro del proceso de desarrollo de la ganadería. La falta de forraje es el problema que aqueja a los ganaderos de la región centro-sur de Sinaloa, debido a lo anterior los objetivos del presente trabajo fueron evaluar el establecimiento y producción de diferentes variedades de pastos y analizar la calidad de semilla de pastos establecidos en el trópico seco del estado de Sinaloa. El trabajo se realizó en el rancho el Guayabito ubicado en el km 72 de la carretera Internacional Mazatlán-Culiacán. Se establecieron parcelas demostrativas de Búffel (*Pennisetum ciliare*); las variedades establecidas fueron: Pecos, Laredo, Nueces, Formidable y Común. Las variables evaluadas fueron: establecimiento, producción de forraje a los 45 días post establecimiento, análisis de emergencia a la semilla colectada durante el ciclo 2022 y sobrevivencia durante el ciclo 2023. Se utilizó el programa estadístico SAS para la evaluación de los resultados. Se encontró diferencia estadística en el establecimiento de pasto ($p \leq 0.05$). Los pastos que presentaron el mayor establecimiento fueron: Formidable y Pecos. Formidable presentó el mayor rendimiento de forraje verde con más de $8000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. La sobrevivencia de los pastos fue superior al 70 % en cada uno de los casos, los que presentaron una sobrevivencia superior al 90 % fueron las variedades Pecos y Laredo. El pasto Buffel Var. Formidable y Pecos no se recomienda su uso en resiembras mediante el método tradicional de siembra por semilla, sin embargo, si se recomienda su uso mediante material vegetativo, esto último ayuda para la producción de forraje.

Palabras clave: Esquejes, material vegetativo, sobrevivencia

ABSTRACT

The use of pastures and forages as livestock feed is an important factor in the livestock development process. The lack of fodder is the problem that afflicts ranchers in the center-south region of Sinaloa. Due to the above, the objectives of this work were to evaluate the establishment and production of different varieties of grasses and to analyze the seed quality of grasses established in the Dry Tropics of the state of Sinaloa. The work was carried out at the "Guayabito ranch" located at km 72 of the Mazatlán-Culiacán International highway. Demonstration plots of *Pennisetum ciliare* were established; established used were: Pecos, Laredo, Nueces, Formidable and Común. The variables evaluated were: Establishment, forage production 45 days after establishment, emergency analysis of the seed collected during the 2022 cycle and survival during the 2023 cycle.

The SAS statistical program was used to evaluate the results. Statistical difference was found in the pasture establishment ($p < 0.05$). The pastures that presented the highest establishment were: Formidable and Pecos. Formidable presented the highest forage yield with more than 8000 kg ha⁻¹. The survival of the pastures was higher than 70% in each of the cases, those that presented a survival higher than 90% were the Pecos and Laredo varieties. Buffelgrass Formidable and Pecos are not recommended for reseeding using the traditional method of sowing by seed, however, if their use is recommended using vegetative material, the latter helps for forage production.

Keywords: cuttings; vegetative material; survival

INTRODUCCIÓN

El estado de Sinaloa cuenta con una superficie de 5,609,200 ha, ésta representa el 2.9 % de la superficie total del país. De esta superficie, el 55 % está destinada a la actividad ganadera, el principal sistema ganadero en el estado es el doble propósito y sistema vaca-cría. La cantidad y calidad de los forrajes en los sistemas de ganado doble propósito en los trópicos se reduce en forma drástica durante la época seca, lo que resulta en una disminución en la producción de leche y parámetros reproductivos de los animales (Castro *et al.*, 2017). El aprovechamiento de los pastos y forrajes como alimento para el ganado, es un factor importante dentro del proceso de desarrollo de la ganadería, ya que, en la mayoría de los casos, la actividad pecuaria se relaciona fuertemente con los recursos existentes o potenciales; sin una buena alimentación del ganado difícilmente se podrán obtener mejoramiento en los aspectos productivos, reproductivos, genéticos y de salud animal. Los objetivos generales fueron evaluar el establecimiento y producción de diferentes variedades de pastos y analizar la calidad de semilla de pastos establecidos en el trópico seco del estado de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el rancho “El Guayabito” ubicado en el km 72 de la Carretera Internacional Mazatlán-Culiacán en Sinaloa. Se establecieron parcelas demostrativas de Pasto *Pennisetum ciliare* (var: Pecos, Laredo, Nueces, Formidable y Común). Para esto, se utilizó material vegetativo proveniente del Rancho “El Amole” en el Quelite, Mazatlán, Sinaloa. Se seleccionaron plantas madre que tuvieran una edad aproximada de 10 años, de ahí se obtuvo material vegetativo que se llevó en costales para su trasplante en el siguiente predio. El material vegetativo se estableció con una separación de 50 cm entre cada planta y a 80 cm entre cada surco; esto fue después de las primeras lluvias torrenciales el día 9 de agosto del 2022. Se evaluó el establecimiento y producción a los 45 días de haberse establecido los materiales vegetativos. El 17 de agosto del año 2023 se evaluó la sobrevivencia de los materiales establecidos. Para la evaluación de producción se cortó un metro lineal de forraje de cada una de los materiales vegetativo (por triplicado). Para el establecimiento, se contabilizaron el número de esquejes vivos durante el mes de octubre. Así mismo, durante el mes de noviembre cuando se consideró que la planta ya tenía madurez fisiológica se colectó semilla de cada uno de ellos para realizar las pruebas de emergencia posteriormente. Para la evaluación de la emergencia se establecieron 100 semillas del pasto a evaluar en charolas para germinación (cuatro repeticiones), estas estaban provistas de sustrato; una vez puesta la semilla en los hoyos, se cubrió la semilla con una capa de 0.5 cm aproximadamente del sustrato. Para determinar el porcentaje de emergencia se contabilizó semanalmente el número

de plántulas emergido. La sobrevivencia se evaluó durante el ciclo 2023, con la ayuda de un flexómetro se midieron 5 m lineales, se realizaron tres repeticiones a cada variedad de buffel, y se contabilizó el número de plantas vivas (no se consideró el vigor de la planta). El análisis de los datos se realizó mediante un arreglo en bloques completamente al azar. Se utilizó el programa estadístico SAS para la evaluación de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró diferencia estadística en el establecimiento de pasto ($p \leq 0.05$). Los pastos Búffel var. Formidable y Pecos, fueron los que presentaron el más alto porcentaje de establecimiento en campo con un 93.75 %, la variedad que presentó el menor porcentaje de establecimiento fue el Búffel Var. común con 67.50 % (Cuadro 1). Búffel var. Formidable presentó el mayor rendimiento de forraje con más de 8000 kg·ha⁻¹; la que presentó la menor producción fue Búffel común con 3000 kg·ha⁻¹ (Figura 1). Estos datos concuerdan con los reportados por Sánchez-Gutiérrez *et al.* (2017) donde encontraron valores de producción desde 1,302 hasta 7,442 kg MS ha⁻¹. La semilla de pasto Búffel presentó bajos porcentajes de germinación en general. Sin embargo, el que presentó los valores más bajos fue Búffel Var. Formidable. Datos reportados por Gutiérrez *et al.* (2022) reportan valores de germinación de hasta 55% para Búffel; sin embargo, en ninguna de las variedades se pudo obtener tal porcentaje de emergencia o germinación. Estas se han establecido en el Desierto Chihuahuense y han demostrado rendimientos superiores a 7,000 Kg MS ha⁻¹ (Sáenz-Flores *et al.*, 2015). Las variedades Laredo, Pecos y Formidable son los que presentaron los más altos porcentajes de sobrevivencia a la época de sequía (Figura 2). La evaluación realizada se hizo 9 meses después de la última precipitación presentada en el predio.

Cuadro 1. Establecimiento y emergencia de cinco variedades de Búffel (*Pennisetum ciliare*).

Variedad	Establecimiento (%)	Altura de planta (cm)	Emergencia (%)
Común	67.50 ± 2.68 ^a	86.00 ± 5.50 ^a	7.00 ± 1.49 ^b
Formidable	93.75 ± 2.68 ^c	95.00 ± 5.50 ^a	0.40 ± 1.49 ^a
Laredo	88.75 ± 2.68 ^c	95.00 ± 5.50 ^a	6.40 ± 1.49 ^b
Nueces	80.00 ± 2.68 ^b	92.00 ± 5.50 ^a	1.10 ± 1.49 ^a
Pecos	93.75 ± 2.68 ^c	115.00 ± 5.50 ^b	9.30 ± 1.49 ^{bc}

^{abc} literales diferentes en columnas indican diferencia estadística ($p < 0.05$)

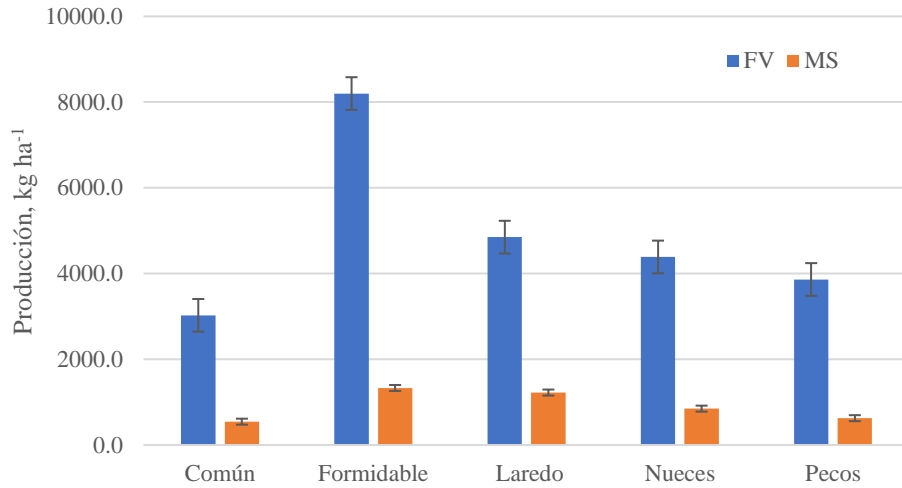


Figura 1. Rendimiento en forraje verde (FV) y Materia Seca (MS) de cinco variedades de Búffel establecidas en campo.

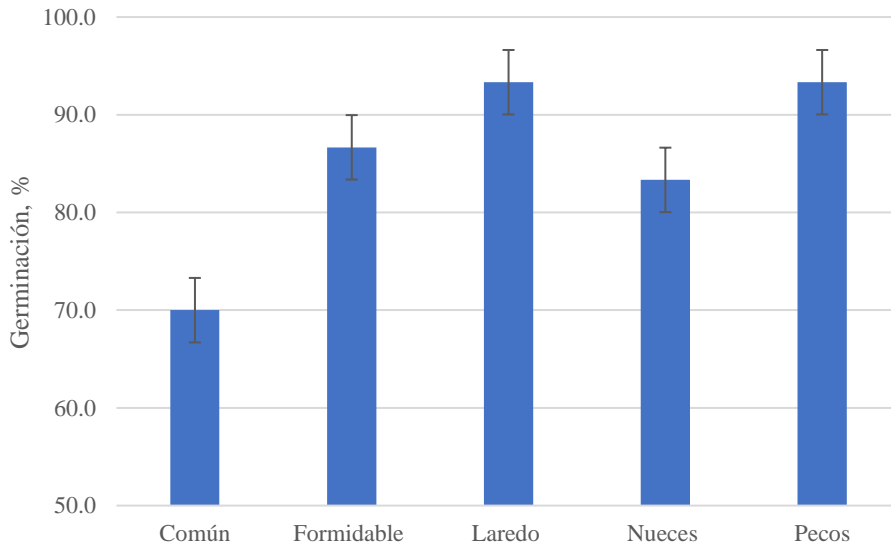


Figura 2. Sobrevivencia de cinco variedades de Búffel establecidas en campo después de 8 meses de sequía.

CONCLUSIONES

Las Variedades Formidable y Pecos no se recomienda su uso en resiembras mediante el método tradicional de siembra por semilla, sin embargo, si se recomienda su uso mediante material vegetativo, esto último ayuda al establecimiento y la producción de forraje.

LITERATURA CITADA

Castro, R. E, E. Sierra; J.E. Mojica; J. E. Carulla; C. E. Lascano. 2017. Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. Archivos de Zootecnia, 66(253): 99-106.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Gutiérrez-Gutiérrez, O. G.; O. Rivero-Hernández; J. H. Vega-Mares; A. Melgoza-Castillo. 2022. Patrones de germinación en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense. *Botanical Sciences*, 100(4):989-999.
- Sáenz-Flores, E.; R. A. Saucedo-Terán; C. R. Morales-Nieto; P. Jurado-Guerra; C. R. Lara-Macías; Melgoza-Castillo A; Ortega-Gutiérrez JÁ. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*, 9(2):111-9.
- Sánchez-Gutiérrez, R. A; C. R. Morales Nieto; J. Hanson; E. Santellano-Estrada; P. Jurado-Guerra; J. F. Villanueva-Avalos; A. Melgoza-Castillo. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1): 13-26.

RENDIMIENTO DE FORRAJE ESTACIONAL DE LEGUMINOSAS AL SURESTE DE COAHUILA MÉXICO

LEGUMES FORAGE PRODUCTION IN THE SOUTHEAST OF COAHUILA

Olivas-Pérez Ana Laura^{1*}, Álvarez-Vázquez Perpetuo², Antonio Flores Naveda², Pedroza-Sandoval Aurelio³, García-López Josué Israel², Neymar Camposeco Montejo², Xochitl Ruelas-Chacon²

¹Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coah. México.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coah. México.

³Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Carretera Gómez Palacio - Ciudad Juárez, Bermejillo, 35230 km 40, Dgo.

*Autor por correspondencia: analauroalivasperez@gmail.com

RESUMEN

En México se han introducido 12 ecotipos de *Lotus corniculatus* L. para su investigación, como fuentes de forraje, de los cuales seis han mostrado mejores características de adaptación. No obstante, por la escasa información que se ha obtenido, sobre el potencial productivo y calidad nutritiva de esta leguminosa, es necesario ampliar el estudio. El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo y rendimiento de forraje de tres ecotipos de *L. corniculatus* en las temporadas de verano, otoño e invierno 2022, utilizando como testigo la alfalfa variedad Premium, en condiciones semi-controladas de invernadero. Se utilizaron 60 macetas (unidad experimental) las cuales fueron sometidas a cortes establecidos respecto a la temporada y cultivar. Se evaluó; Rendimiento de Forraje (RF) y Composición morfológica (CM), bajo un diseño de bloques complementado al azar y se realizó un ANOVA mediante PROC GLM del SAS y una comparación de medias con Tukey ($p < 0.05$). En el RF la alfalfa obtuvo los mayores valores en las tres temporadas, seguido por el 255301, los mayores valores reflejados por este ecotipo fueron en otoño, donde se tuvieron condiciones ambientales ideales para el desarrollo de trébol. En cuanto a CM, el componente hoja fue el que mayor aporte tuvo, en el caso de los ecotipos de *L. corniculatus*, el 255301 superó en las tres temporadas. La producción de forraje del trébol pata de pájaro mostró competitividad ante la alfalfa en al menos un ecotipo estudiado.

Palabras clave: Trébol pata de pájaro, ecotipo, composición morfológica, rendimiento de materia seca.

ABSTRACT

In Mexico, 12 ecotypes of *Lotus corniculatus* L. have been introduced for research, as sources of forage, of which six have shown better adaptation characteristics. However, due to the scant information that has been obtained on the productive potential and nutritional quality of this legume, it is necessary to expand the study. The objective was to evaluate the productive behavior and forage yield of three ecotypes of *L. corniculatus* in the 2022 summer, autumn and winter seasons, using Premium variety alfalfa as a control, under semi-controlled greenhouse conditions. 60 pots (experimental unit) were used, which were subjected to cuts established with respect to the season and cultivar. It was evaluated; Forage Yield (RF) and Morphological Composition (CM), under a completely randomized block design and an ANOVA was performed using PROC GLM of the SAS and a comparison of means with Tukey ($p < 0.05$). In the RF, alfalfa obtained the highest

values in the three seasons, followed by the 255301. The highest values reflected by this ecotype were in autumn, where there were ideal environmental conditions for the development of clover. Regarding CM, the leaf component was the one that had the greatest contribution, in the case of the ecotypes of *L. corniculatus*, the 255301 exceeded in the three seasons. Forage production of bird's foot clover showed competitiveness against alfalfa in at least one ecotype studied.

Keywords: bird's foot clover, ecotype, morphological composition, yield

INTRODUCCIÓN

La ganadería en México utiliza como fuente principal el maíz y la alfalfa, no obstante, estos cultivos requieren altos volúmenes de agua para producir forraje (Pedroza-Sandoval *et al.*, 2014), generando la necesidad de introducir cultivos alternativos con la capacidad de sobrevivir con menores requerimientos hídricos sin generar cambios en el aporte nutricional. El *L. corniculatus* es una especie que tiene alta capacidad de adaptación como la tolerancia a la inundación, sequía, adaptación a suelos ácidos y con altos niveles de Al y Mn (Guillen y Widdup, 2008). No obstante, por la gran variación de resultados a nivel internacional y la escasa información que hay en el país, sobre el potencial productivo y calidad nutritiva de esta leguminosa en los diferentes ecosistemas de México, es necesario ampliar el estudio de estas, para determinar el potencial productivo de los diferentes ecotipos. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el comportamiento productivo y rendimiento de forraje de tres ecotipos de *Lotus corniculatus* L. (232098, 226796, 255301) en las temporadas de verano, otoño e invierno 2022, utilizando como testigo la alfalfa variedad Premium, en condiciones semi-controladas de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se llevó a cabo del 20 de junio del 2022 al 20 de marzo del 2023, en el invernadero del departamento de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN Saltillo, con coordenadas 25°21' N 101°02' O con un clima templado semiseco y una temperatura media de 18° C. Las condiciones ambientales fueron estimadas mediante un higrómetro digital a un 1 m de altura del área experimental. Se utilizaron 60 macetas (unidad experimental) de 18 kg las cuales se dividieron por tres ecotipos de *L. corniculatus* y un testigo, la alfalfa var. Premium, se sometieron a un corte que se establecieron según la literatura respecto a la temporada y cultivar evaluado; en verano a 42 y 28 días, en otoño a 49 y 35 días y en invierno a 84 y 42 días para trébol pata de pájaro y alfalfa, respectivamente. Se evaluó el RF al sumar el peso seco de los componentes morfológicos de la planta por tratamiento, los cuales se secaron en una estufa de aire forzado durante 72 h, hasta mantener un peso constante. La CM se tomó un 10 % del total en verde y se separó en: hojas, tallos, material muerto e inflorescencia, de los cuales se calculó la aportación al rendimiento de materia seca. Se realizó un ANOVA mediante el procedimiento PROC GLM del SAS versión 9.4, y una comparación de medias con Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante tres estaciones (verano, otoño e invierno) se pudo observar que el rendimiento de forraje de alfalfa fue el de mayor producción, seguido del ecotipo 255301 (cuadro 1); los valores reflejados por este ecotipo fueron en otoño, donde se tuvieron condiciones ambientales ideales para el desarrollo de trébol pata de pájaro. En cuanto a CM (Figura 1), el componente hoja fue el que mayor aporte tuvo, en el caso de los ecotipos de *L. corniculatus*, el 255301 supero en las 3 temporadas, los mayores valores se obtuvieron de la alfalfa. Los mayores valores promedio se reflejaron en otoño, sin embargo, los ecotipos 232098 y 226796 no mostraron buena adaptación después de la temporada de verano. Los componentes que menos aportaron fueron el material

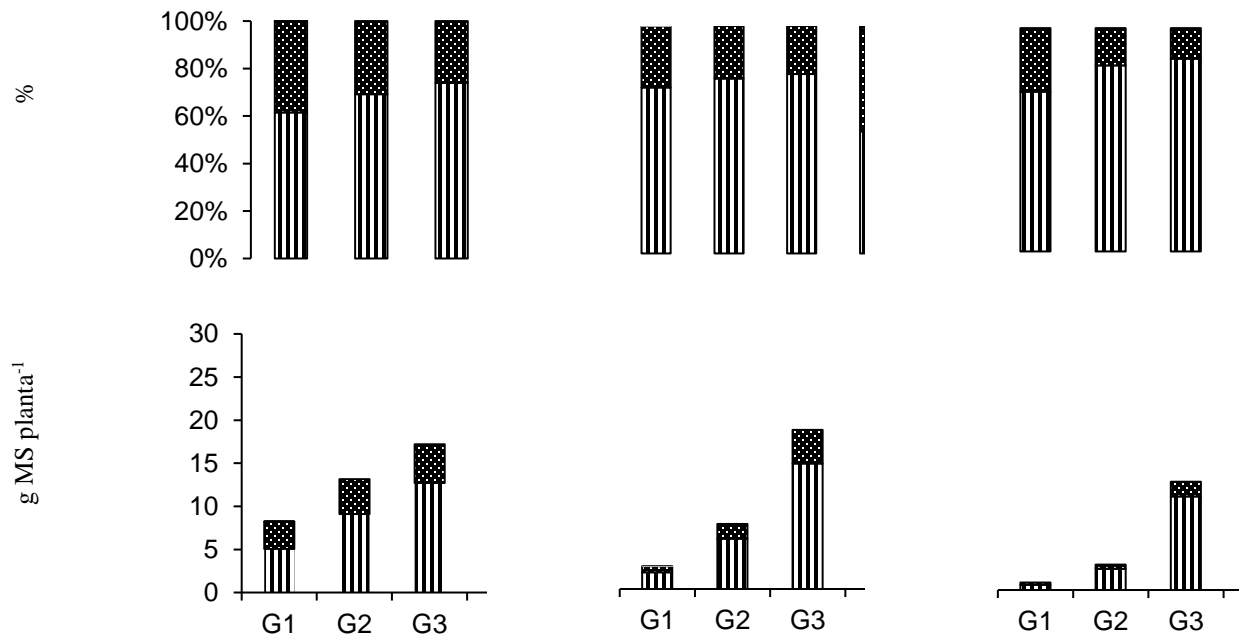
XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

muerto e inflorescencia. La alfalfa produjo la menor cantidad de hoja respecto a los ecotipos, la inflorescencia se observó solo en la producción de alfalfa donde el invierno reflejo la mayor cantidad entre ellos. Landeros (2020) reporto que el componente hoja tuvo el mayor aporte en el cultivar 232098 durante todos sus cortes, aunque este mostraba una tendencia descendente, al contrario de esta investigación donde este ecotipo fue el que reflejo los menores valores. En otra investigación García *et al.* (2014), encontró en promedio de siete cortes 641.2 kg MS ha⁻¹ para el componente hoja y 383.9 kg MS ha⁻¹ para el tallo, para el cultivar 255301, este cultivar ha reportado los mejores valores en diversas investigaciones del país al igual que en esta investigación.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje de ecotipos de *Lotus corniculatus* L., y alfalfa (*Medicago sativa* L.) durante las estaciones de verano, otoño e invierno en el sureste de Coahuila, México.

Cultivar	Estaciones del año			Total	SIG
	Verano	Otoño	Invierno		
232098	8.2 ^{Aa}	2.8 ^{Bb}	0.8 ^{Cb}	11.8 ^B	0.0115
226796	13.1 ^{Aa}	7.6 ^{Bab}	3.0 ^{Cb}	23.7 ^B	0.0152
255301	17.0 ^{Aa}	18.8 ^{Aa}	12.6 ^{Bb}	48.4 ^A	0.0181
Alfalfa	16.2 ^{Ab}	29.0 ^{Aa}	24.6 ^{Aab}	69.8 ^A	0.0248
x	13.2 ^a	14.5 ^a	10.2 ^b	38.4	0.0063
SIG.	0.28	0.00	<.0001	0.00	

Medias seguidas por la misma letra mayúscula en la misma columna y medias seguidas por misma letra minúscula en la misma fila, no difieren (Tukey: $p > 0.05$). Sig. = Significancia.







Verano		Otoño		Invierno			
	Hoja		Tallo		Material muerto		Inflorescencia

Figura 1. Cambios Morfológicos estacionales de tres genotipos de *L. corniculatus* y alfalfa en el sureste de Coahuila Mexico. G1=232098, G2=226796, G3=255301 y A=Alfalfa

CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje mostro diferentes resultados según el cultivar y la frecuencia de corte. El ecotipo 255301 registró los mayores valores en todas las temporadas en comparación con los demás ecotipos, sin embargo, la alfalfa supero al trébol en las temporadas de otoño e invierno. El componente hoja, registró los mayores aportes en los cuatro cultivare seguido por el tallo, el material muerto y la inflorescencia. Este último solo se presentó en la alfalfa en las temporadas de verano e invierno.

LITERATURA CITADA

- García-Bonilla, D. V., Guerrero-Rodríguez, J. D. D., García de los Santos, G., Lagunes-Rivera, S. A. (2014). Rendimiento y calidad de forraje de ecotipos de *Lotus corniculatus* en el Estado de México. *Nova Scientia*, 7(13), 170-189. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v7n13/v7n13a10.pdf>
- Guillén R. and Widdup K. (2008). Program of improvement in *Lotus corniculatus* L.: Base Germplasm characterization. [Programa de mejoramiento en *Lotus corniculatus* L.: Caracterización del germoplasma base]. *Lotus Newsletter*. 38: 2 - 67. <http://www.inia.org.uy/sitios/lnl/vol382/guillen1.pdf>
- Landeros Velázquez, J., & Álvarez Vázquez, P. (2020). Análisis del crecimiento de trébol pata de pájaro (*Lotus corniculatus* L.), en función de la edad de rebrote., [Tesis de Licenciatura] 62 p. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47152>
- Pedroza Sandoval, A., Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Cantú Brito, J. E., Piceno Sagarnaga, C., & Yáñez Chávez, L. G. (2014). Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. *Terra Latinoamericana*, 32(3), 231-239.

DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE AGOSTADERO Y CAPACIDAD SUSTENTADORA DEL EJIDO JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ, GUADALUPE VICTORIA

DETERMINATION OF THE STOCKING RATE AND CARRING CAPACITY OF THE EJIDO JOSÉ GUADALUPE RODRÍGUEZ, GUADALUPE VICTORIA

Mayra Yaneth Palacios Perez^{1*}, Francisca Nataly Lopez Nevarez²

¹Pasante de Licenciatura en UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

²Pasante de Licenciatura en UJED-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5, Durango, Dgo. Méx. C.P. 34170.

*Autor por correspondencia: Mayra-palacios@live.com.mx

RESUMEN

El estudio se realizó en el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez, comunidad perteneciente al municipio de Guadalupe Victoria, del estado de Durango, cuenta con una superficie de 5,996 ha, aproximadamente, y se divide en 4 potreros. El objetivo fue determinar el coeficiente de agostadero (IA) y la capacidad sustentadora (CS) del agostadero, a través, de la determinación de la productividad forrajera (materia seca). Para ello se utilizó el método de corte directo con ayuda de un cuadrante de 1 m², se realizaron muestreos en varios puntos del predio, a lo largo de los meses de octubre, 2022 a febrero de 2023, con 21 zonas de muestreo por potrero. Se utilizó el método descrito por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2016). Los resultados obtenidos para todo el agostadero fueron de una producción de 1,078.5 kg de MS/ha; con respecto a IA y CS, se obtuvo una CS de 656 UA/año y un IA de 9.13 ha/UA/año. De acuerdo con los resultados, se considera que la carga animal actual del predio es inadecuada para la conservación del pastizal, de continuar con esa utilización, existe un evidente riesgo de promover procesos de degradación y retrogresión ecológica en el pastizal.

Palabras clave: Pastizal, carga animal, unidad animal (UA), materia seca.

ABSTRACT

The study was carried out in the rangeland of Ejido José Guadalupe Rodríguez, a community belonging to the municipality of Guadalupe Victoria, in the state of Durango, it has an area of approximately 5,996 ha and is divided into 4 pastures. The objective was to determine the stocking rate (SR) and the carring capacity (CC) of the range, through the determination of forage productivity (dry matter). For this, the direct cutting method was used with the help of a 1 m² quadrant, sampling was carried out at various points on the property, throughout the months of October 2022 to February 2023, with 21 sampling areas per paddock. The method described by the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food (SAGARPA, 2016) was used. The results obtained for the entire rangeland were a production of 1,078.5 kg of DM/ha; Regarding AI and SR, a CC of 656 AU/year and an AI of 9.13 ha/AU/year were obtained. According to the results, it is considered that the current animal load on the property is inadequate for the conservation of the grassland; if this use continues, there is an obvious risk of promoting degradation processes and ecological retrogression in the grassland.

Keywords: grassland, stocking rate, animal unit (AU), dry matter

INTRODUCCIÓN

La ganadería destaca como una de las principales actividades económicas en México, aportando empleo y suministrando alimentos y materias primas. En Durango, la producción ganadera extensiva predomina en todos los municipios (SAGARPA, 2005). Bajo este sistema, los animales se crían en grandes extensiones de tierra, generalmente al aire libre y en contacto directo con el medio ambiente, alimentándose principalmente de pastizales formados por comunidades vegetales en las que predominan los pastos con pocos árboles y arbustos (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2022). Constituyen el soporte de los sistemas de pastoreo en diferentes países, ya que proporcionan alrededor del 75% del forraje necesario para satisfacer la creciente demanda de alimentos de origen animal (Stumpf et al., 2020; Cesín-Vargas, 2018; Gutiérrez Luna et al., 2018). Dentro de las características negativas del sistema extensivo, se destaca su baja eficiencia en el uso del suelo y su impacto en el deterioro ambiental. Este sistema incluye actividades que conllevan a la deforestación, la erosión y la pérdida de biodiversidad, lo que resulta en que la ganadería extensiva atente directamente contra la sostenibilidad ecológica mundial (Villalva Gómez et al., 2019). Mantener un equilibrio entre el uso de recursos y la ganadería es crucial para el agostadero.

Definir la carga animal que el pastizal puede soportar es una de las decisiones más importantes, ya que esto determinará la condición del pastizal a futuro, la eficiencia productiva de los animales y el ingreso neto de la empresa ganadera (Carrete Carreón et al., 2013). Previo a realizar este procedimiento es necesario disponer de registros de la disponibilidad de MS en el agostadero para regular la carga animal de manera adecuada, para esto es necesario realizar una toma de muestras para evaluar la vegetación herbácea en el agostadero, las mediciones deben ser aleatorias y abarcar toda el área a pastorear, el número de muestras depende de la homogeneidad de las praderas, siendo 10 suficientes en praderas uniformes y 20 o más en praderas heterogéneas. Tras la recolección, se pueden procesar en laboratorios, o con uso de microondas o bien secado al sol (Canseco et al., 2007).

Existen diferentes formas para determinar el CA y CS, pero el método común implica en primer lugar determinar la cantidad de MS/ha. A continuación, tomando en cuenta que el tiempo de permanencia en el potrero del ganado es de un año y el requerimiento diario de una UA (450 kg) es del 3% de su peso vivo, es decir 13.5 kg, se determina que su requerimiento anual de forraje será de 4,927.5 kg de MS (Beltrán López y Loredó Osti, 2005). Tomando en cuenta los kg de MS que requiere una UA al año, se divide esta cantidad entre los kilos de materia seca disponibles o utilizables por hectárea, tomando en cuenta que la recomendación utilizar únicamente el 50% es decir, del total de forraje producido anualmente, la mitad debe permanecer sin consumir por el ganado (Carrete Carreón et al., 2013).

Esta medida se convierte en una solución a la que tanto profesionales de la salud animal como productores deben recurrir. Es por esto que los objetivos de esta investigación fueron: determinar el coeficiente de agostadero y la capacidad sustentadora, así como también, determinar la producción forrajera (materia seca) en el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez, que forma parte del municipio de Guadalupe Victoria, en el estado de Durango (24.3138 latitud norte y 104.0807

longitud oeste) El ejido se encuentra ubicado a 14.9 km al norte de la cabecera municipal, por carretera Ramón Corona. Esta zona se caracteriza por recibir precipitaciones entre los 400 a los 700 mm anuales, se encuentra a una altitud promedio de 2,033 metros sobre el nivel del mar.

Se pueden encontrar diferentes tipos de vegetación en el área de estudio, se distingue el pastizal mediano abierto y el p. mediano arbosufrutescente, por lo que está constituido principalmente por especies herbáceas graminiformes. El agostadero tiene una extensión total de 5,996 ha, aproximadamente, y se divide en 4 potreros: El jocoque (1,747 ha), Los libres (1,736 ha), La ceja (1,044) y El borrego (440 ha).

El muestreo se llevó a cabo desde octubre de 2022 hasta febrero de 2023 en el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez por medio del corte directo con ayuda de un cuadrante de 1 m². además del cuadrante se utilizó un par de tijeras para cortar el pasto, bolsas de papel, marcadores, un GPS y una libreta para el registro de datos. Se tomaron 21 muestras de cada potrero, lo que resulta en un total de 84 muestras. Para obtener una muestra se tomaba el cuadrante y se lanzaba en una parte indeterminada del pastizal. Luego de ubicar geográficamente el punto de la toma con ayuda del GPS, se cortaba el forraje que se encontraba dentro de su área, a ras de suelo. Las muestras se recolectaron en bolsas de papel, identificadas con la fecha, el nombre del potrero y el número de muestra. Posteriormente las muestras se colocaron en un recipiente para su transporte y se tomó el peso verde utilizando una báscula digital, con el fin de calcular el rendimiento de materia verde por ha. Luego, las muestras se secaron al sol siguiendo el proceso para henificación, lo que permite extraer una porción importante de la humedad que contiene el forraje en su estado natural. Finalmente, las muestras se pesaron nuevamente para determinar así la cantidad de MS por potrero. Para la determinación de coeficiente de agostadero y capacidad sustentadora se tomó en cuenta el procedimiento descrito por Carrete Carreón *et al.* (2013) y Beltrán López y Loredó Osti (2005).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se describe la producción en kg de MS/ha producidos en cada uno de los potreros, así como también los resultados obtenidos de la capacidad sustentadora y el coeficiente de agostadero.

Cuadro 1. Resultados obtenidos de producción de forraje (kg MS/ha), coeficiente de agostadero y capacidad sustentadora de cada potrero del agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez.

Potrero	Producción kg MS/ha	Capacidad sustentadora (UA/año)	Coeficiente de agostadero (ha/UA/año)
El jocoque	1,007.6	178.61	9.78
Los libres	880.0	155.01	11.19
La ceja	1,411.4	149.51	6.98
El borrego	1,015.2	42.32	9.70
General	1,078.5	656.18	9.13

De acuerdo a los resultados obtenidos en relación a la producción de MS en el agostadero, se registró una producción de 1,078.5 kg MS/ha en todo el agostadero. Se recomienda utilizar el 50% de esta producción, es decir, 539.25 kg MS/ha. Este valor se encuentra dentro del rango normal reportado por COTECOCA (1979) para la zona del área de estudio que abarca p. mediano abierto y p. mediano arbosufrutescente, que va desde 456.02 a 579.41 kg MS/ha.

Sin embargo, se observa que únicamente el potrero "Los Libres" se encuentra ligeramente por debajo del promedio, con una producción forrajera aprovechable de 440 kg MS/ha. Esto indica que este potrero podría requerir una mayor atención o manejo para mejorar su producción y acercarse

al promedio de los demás potreros en el agostadero ya que los demás se encuentran en una condición óptima de producción de MS.

Los datos recopilados sobre el coeficiente de agostadero, según los reportes de COTECOCA, indican que el potrero "La Ceja" se encuentra en condición excelente, ya que su coeficiente de agostadero está en el rango de 7.50 a 8.50 ha/UA/año, que es considerado óptimo. Por otro lado, los potreros "El Jocoque" y "El Borrego" se encuentran en condición buena, ya que su coeficiente de agostadero está dentro del rango de 10.85 a 10.80 ha/UA/año, lo cual indica un nivel aceptable, estos potreros reportaron coeficientes de 9.78 y 9.70 ha/UA año, respectivamente.

En cuanto al potrero "Los Libres", su coeficiente de agostadero es de 11.19 ha/UA/año, lo que lo coloca en una condición regular según la clasificación de COTECOCA (1979). Aunque se encuentra por encima del rango considerado regular, todavía se encuentra dentro de un nivel por debajo para los pastizales considerados buenos.

En general, el agostadero en su conjunto entra en la clasificación de bueno, ya que la mayoría de los potreros presentan coeficientes de agostadero dentro de los rangos adecuados para una buena capacidad sustentadora. Estos resultados son esenciales para una gestión efectiva del agostadero y una planificación adecuada del pastoreo para garantizar un uso sostenible de los recursos naturales disponibles.

En relación a la capacidad sustentadora, el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez obtuvo una capacidad total de 656.28 UA/año. Sin embargo, esta cifra es superada en todos los potreros que conforman el agostadero, lo que indica que se está excediendo la carga animal recomendada. Esta situación señala una inadecuada carga animal en el agostadero. Es importante tener en cuenta que una carga animal excesiva puede tener consecuencias negativas en la calidad del pastizal y en el equilibrio del ecosistema.

CONCLUSIONES

El promedio de MS producido en todo el agostadero del Ejido José Guadalupe Rodríguez fue de 806.35 kg MS/ha el cual equivale a 9.13 ha/UA/año es decir una capacidad sustentadora de 656 UA/ año.

El potrero con la mayor producción de MS fue "La Ceja", registrando 1,411.4 kg MS/ha, seguido por "El Borrego" con 1,015.2 kg MS/ha y, a continuación, "El Jocoque" con 1,007.6 kg MS/ha. Finalmente, el potrero con la menor producción de MS fue "Los Libres" con 880 kg MS/ha.

Una vez más, "La Ceja" destacó como el potrero con el mejor coeficiente de agostadero, registrando 6.98 ha/UA/año. Le siguió "El Borrego" con 9.70 ha/UA/año y, a continuación, "El Jocoque" con 9.78 ha/UA/año. Por otro lado, "Los Libres" se posicionó como el potrero que requiere más superficie por UA, con 11.19 ha/UA/año. Por otra parte, en términos de capacidad sustentadora, el potrero con la mejor capacidad fue "El Jocoque", registrando una capacidad de 178.61 UA/año, seguido por "Los Libres" con 155.01 UA/año, luego "La Ceja" con 149.51 UA/año, y finalmente "El Borrego" con 42.32 UA/año.

De acuerdo con los datos obtenidos, se concluye que el agostadero presenta sobrecarga, ya que la población global de 4,893 animales excede la capacidad sustentadora del ejido (656). Esto indica que la cantidad de animales presentes en el agostadero es mayor a la que puede ser sostenida de manera adecuada por los recursos disponibles en la zona.

LITERATURA CITADA

- Beltrán López, S.; Loredó Osti, C. 2005. ¿Cuántos animales puedo pastorear en mi agostadero? Desplegable técnico No. 1. INIFAP- CIRNE-Campo Experimental San Luis. 2 p.
- Canseco, C.; R. Demanet; O. Balocchi; J. Parga; V. Anwandter; A. Abarzúa; N. Teuber; J. Lopetegui. 2007. Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. En: K. N. Teuber; L. O. Balocchi; M. J. Parga (Eds). Manejo del pastoreo. INIA Remehue. INIA Remehue, Universidad Austral de Chile, Universidad de La Frontera Fundación para la Innovación Agraria. Osorno, Chile. pp 23-50.
- Carrete Carreón, F. O.; González González, F. J.; Sánchez Arroyo, J. F.; Quero Carrillo, A. R.; Murillo Ortiz, M. 2013. Ajuste de carga animal. Folleto para productores. FMVZ-UJED. 20 p.
- Cesín-Vargas, A. 2018. Manejo de pastizales en la ganadería extensiva. Agricultura, sociedad y desarrollo 15(3): 465-468.
- CONABIO (Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2022. Biodiversidad Mexicana: Pastizal. Consultado en línea 09/04/23. https://www.biodiversidad.gob.mx/eco_sistemas/pastizales
- Gutiérrez Luna, R.; Velásquez Valle, M. A.; Sánchez Cohen, I.; Gutiérrez Luna, S.; Martínez Trejo, G. 2018. Aprovechamiento sostenible de pastizales a través del ajuste de carga animal en zonas secas. Folleto técnico No. 94. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Zacatecas. 59 p.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural). 2005. Evaluación alianza del campo 2005. Consultado en línea 15/05/23. <https://www.agricultura.gob.mx/sites/default/files/sagarpa/document/2018/11/20/1565/20112018-2005-dgo-fg.pdf>
- Stumpf, F.; M. K. Schneider; A. Keller; T. Mayr; T. Rentschler; R. G. Meuli; M. Schaepman; F. Liebisch. 2020. Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. Ecological Indicators 113(106201): 1-12.
- Villalva Gómez, J.; F. C. Cobos Mora; E. Hasang Morán. 2019. Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. Journal of Science and Research 4(1): 180-195.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DEL PASTO *Urochloa brizantha* EN RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE BIOL

FORAGE PRODUCTION OF GRASS *Urochloa brizantha* IN RESPONSE TO BIOL APPLICATION

Petra González Hernández^{1*}, Erika Andrea Hernández², Karla Lissette Silva Martínez¹, Oscar del Ángel Piña¹, Diego Vázquez Aguilar³

¹Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, desvío Lindero-Tametate s/n, Col. La Morita. Tantoyuca, Veracruz. C.P. 92100,

²Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277.

³Programa de Ganadería, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

*Autor por correspondencia: petraglzhdez@gmail.com

RESUMEN

El uso excesivo de fertilizantes químicos ha llevado a la degradación de los suelos al acabar con su biota original. Para contrarrestar estos daños la utilización de fertilizantes orgánicos se ha convertido en una alternativa al mejorar la intensificación de la producción de los pastos favoreciendo las características físicas, biológicas y químicas del suelo. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue estimar el rendimiento y altura del pasto *Urochloa brizantha* fertilizado con biol. El trabajo se realizó en el rancho "Tamaya", ubicado en la localidad de Santa Cruz, municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo. Los tratamientos evaluados fueron: 1) Testigo sin fertilización, 2) Biol en suelo y 3) fertilización química, sobre el rendimiento de materia seca del pasto Toledo, cosechado cada 21 días para un total de cinco cortes se empleó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Se midió la altura de planta y el rendimiento de materia seca. La información se analizó mediante análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). La fertilización con Biol demostró efectos positivos sobre la altura de la planta con 45.72 cm en promedio. No se observaron diferencias significativas para rendimiento de materia seca entre tratamientos, sin embargo, los resultados con biol fueron mayores a los reportados por otros autores.

Palabras clave: Fertilización orgánica, rendimiento MS, altura

ABSTRACT

The excessive use of chemical fertilizers has led to the degradation of soils by destroying their original biota. To counteract these damages, the use of organic fertilizers has become an alternative by improving the intensification of pasture production, favoring the physical, biological and chemical characteristics of the soil. Therefore, the objective of this study was to estimate the yield and height of *Urochloa brizantha* grass fertilized with biol. The work was carried out at the "Tamaya" ranch, located in the town of Santa Cruz, municipality of Huejutla de Reyes, Hidalgo. The evaluated treatments were: 1) Control without fertilization, 2) Biol in soil and 3) chemical fertilization, on the dry matter yield of Toledo grass, harvested every 21 days for a total of five cuts, a complete block design was used at randomized split plot arrangement with three

replications. Plant height and dry matter yield were measured. The information was analyzed by analysis of variance and the comparison of means with the Tukey test ($p < 0.05$). Biol fertilization showed positive effects on plant height with an average of 45.72 cm. No significant differences were observed for dry matter yield between treatments, however, the results with biol were higher than those reported by other authors.

Keywords: Organic fertilization, DM yield, height

INTRODUCCIÓN

La ganadería y la agricultura moderna ha provocado que la degradación de los suelos sea constante y de manera acelerada, en consecuencia, de los malos manejos y uso excesivo de agroquímicos en especial los fertilizantes elaborados de manera sintéticas como los nitrogenados (Aguirre *et al.*, 2006). Por ello, la utilización de fertilizantes orgánicos (biol) contribuye a una mayor productividad de pasturas, en comparación con los fertilizantes inorgánicos, los cuales provocan un efecto contaminante, pérdida progresiva de la fertilidad del suelo, alteración y muerte de microorganismos (Benbi, 2013). La eficiencia de cultivos que utilizan N, presente en este tipo de abonos, depende de diversos factores como suelo, planta, clima y manejo (Reyes *et al.*, 2018). El biol es un biofertilizante orgánico líquido, resultado de la descomposición en ausencia de oxígeno de residuos producidos por animales (excretas), y es utilizado para mejorar la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos en los cultivos (Jiménez *et al.*, 2010). Algunos de sus beneficios es el intercambio catiónico del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes y mantener su humedad, además puede ser empleado como fertilizante líquido, es decir se puede aplicar rociado o junto con agua de riego en sistema automático de irrigación (Peñañiel y Ticona, 2015). La generación de tecnologías de bajos costos como el biol es importante ya que ayuda a mantener o incrementar los rendimientos de los cultivos que son de mucha importancia para el país (Warnars y Oppenoorth, 2014). Sin embargo, se sabe poco sobre la utilización y efecto del abono orgánico en cultivos de alto rendimiento forrajero. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del biol sobre la altura y rendimiento de materia seca del pasto *Urochloa brizantha* cv. Toledo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El experimento se llevó a cabo en el rancho “Tamaya”, ubicado en la localidad de Santa Cruz, municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo, México, en el km 16.5 de la carretera estatal Huejutla – Santa Cruz. El clima de la región es cálido húmedo (García, 2004) con temperatura y precipitación promedio anual de 31.1°C y 1,500 mm, respectivamente. La altura sobre el nivel del mar es de 145 m. Con las siguientes coordenadas 19°12'43.22 de Latitud Norte y 98°29'33.89 de Longitud Oeste. La textura del suelo es de tipo arcillosos, pH de 8.46 y concentraciones de nitrógeno, fósforo y potasio de 11.9 mg/kg, 15.6mg/kg y 273 mg/kg respectivamente.

Especies evaluadas. La especie forrajera evaluada fue *Urochloa brizantha*, cv. Toledo, la cual se sembró en el mes de noviembre de 2022.

Periodos evaluados. La temporada seca en la localidad de Santa Cruz municipio de Huejutla de Reyes, Hidalgo inicio en los meses de enero a julio, los meses abril y mayo corresponde a la estación de primavera y el mes de junio a la estación verano con temperaturas altas. El experimento dio inicio una vez que se estableció el pasto y después del corte de uniformización el cual se realizó en el mes de marzo al 30 de junio del 2023, con una frecuencia de corte cada 21 días de rebrote dentro de las dos estaciones del año. La parcela útil de muestreo fue de 1m², la cosecha se realizó

a una altura de 15 cm del nivel del suelo. La muestra recolectada fue pesada en fresco, guardada en bolsa de papel y secada en horno de aire a 60°C hasta obtener su peso constante.

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico. Los tratamientos evaluados fueron: 1) testigo, 2) tratamiento con fertilización orgánica (biol), el cual fue preparado con 50 kg de estiércol fresco, 10 kg de hojas de leguminosa (*gliricidia sepium*), 5 kg de ceniza, 2 kg de pílón, 2 l de leche, 0.5 kg de levadura y 130 l de agua en un tambo de 200 l de capacidad; la dosis de aplicación fue de 2 litros al suelo y 3). Fertilización con urea, dosis anual de N 150 kg ha⁻¹, los cuales fueron distribuidos en una dosis de 12.53 g m² cada 21 días. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. El pasto se estableció en 6 parcelas experimentales de 5m de ancho por 5m de largo con una distancia entre surcos de 50 cm y entre parcelas de 1.5m. El área de muestreo efectiva para la frecuencia de corte dentro de cada parcela principal fue de 1m² con distancias de 50cm entre subparcelas. Durante todo el proceso de establecimiento y evaluación, las plantas fueron regadas mediante las lluvias de precipitación de temporal aproximadamente cada 25 días, solamente en el mes de julio se realizó un riego de auxilio por la sequía, procurando mantenerlas a capacidad de campo.

VARIABLES DE RESPUESTA. Se determinaron las variables altura de planta, para ello se utilizó una regla graduada en cm, con la cual se medía la altura de planta en la parcela tomado 10 lecturas por tratamiento. Para el rendimiento de forraje, se cosecho el forraje en 1m² el cual se pesó en una báscula electrónica para estimar la Producción de Forraje Verde (PFV kg ha⁻¹). Del forraje cosechado, se tomó una submuestra de 200 g, la cual se secó en una estufa de aire forzado a 60°C por un periodo de 48h o hasta obtener su peso constante, con esta información se obtuvo Rendimiento de Materia Seca (RMS, kg ha⁻¹), del pasto *Urochloa brizantha*. El análisis de datos se realizó mediante el programa R Studio. Para la comparación de las medias mínimo cuadradas se utilizó el procedimiento de Tukey con una $P \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura planta: La fertilización con biol generó resultados estadísticamente significativos sobre la altura de planta al presentar un valor promedio de 45.72 cm en comparación con el tratamiento testigo y fertilizado con un valor promedio de 38.35 cm y 41.73 cm, respectivamente, como se presenta en el cuadro 1. Los resultados encontrados en este estudio fueron mayores a los reportados por González *et al.*, (2020), quienes aplicaron un fertilizante orgánico en los pastos Insurgente e híbridos de *Urochloa*, encontrando la altura promedio más alta en plantas del cultivar Cobra (30.9 cm), seguido por el cultivar Mulato II (28 cm).

Cuadro 1. Altura de planta (cm) del pasto *U. Brizantha* cv. Toledo con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Promedio
Testigo	45.66 ^b	38.86 ^b	42.13 ^b	35.10 ^b	30.00 ^a	38.35 ^b
Biol suelo	55.93 ^a	52.20 ^a	47.00 ^a	43.20 ^a	30.26 ^a	45.72 ^a
Fertilización urea	47.46 ^b	47.40 ^a	45.26 ^a	40.06 ^a	28.66 ^a	41.73 ^a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$).

El incremento de este indicador de crecimiento puede estar relacionado con la composición de los abonos orgánicos, debido a que sus componentes son fundamentalmente sustancias húmicas, de las cuales se conocen sus efectos y participación en los distintos procesos fisiológicos-bioquímicos en las plantas, con intervención positiva en la respiración y velocidad de las reacciones enzimáticas

del Ciclo de Krebs, lo cual propicia una mayor producción de ATP, así como efectos selectivos sobre la síntesis proteica y aumento de la actividad de diversas enzimas (Nardi *et al.*, 2002). Atiyeh *et al.*, 2000, mencionan que los abonos orgánicos contienen una carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos que favorecen el crecimiento de las plantas.

Rendimiento de materia seca: No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos y los cortes para el rendimiento de materia seca Cuadro 2. Sin embargo, los resultados de la fertilización orgánica fueron superiores a los obtenidos por Apollon *et al* 2022 donde reportan un rendimiento de 112 kg ha⁻¹ para la misma especie y edad de corte. Por otra parte, Polo, 2021, reporta rendimientos similares a los de este trabajo con valores medios de 2193 kg/ha/corte para la especie *Brizantha* cultivada a los 30 días.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg) del pasto *U. Brizantha* cv. Toledo con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5
Testigo	2733 ^a	1975 ^a	1707 ^a	1600 ^a	2000 ^a
Biol suelo	2920 ^a	2043 ^a	1600 ^a	1680 ^a	1920 ^a
Fertilización urea	2280 ^a	2033 ^a	1653 ^a	1600 ^a	1920 ^a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

Aunque no hubo diferencias entre los tratamientos y los cortes en el rendimiento de materia seca los valores encontrados con la fertilización orgánica fueron superiores a los reportados en otros estudios, lo cual podría indicar que este tipo de abonos son eficientes en la producción de forrajes.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. J. F. 2006. Biobertilizantes micorbianos. Experiencias Agronómicas del Programa Nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 201 p.
- Apollon, W., Jean-Baptiste, Y., Wagner, B. J., Luna, M. A. I., Silos, E. H. 2022, Efecto de la fertilización orgánica e inorgánica en la producción y calidad de *Brachiaria brizantha*. Rev. Mex. Cienc. Agríc.vol. 13núm. 1. 1-13.
- Atiyeh, RM.; Subler, S.; Edwards, CA.; Bachman, G.; Metzger, JD.; Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiology 44: 579-590.
- Benbi, D.K. 2013. Greenhouse Gas Emissions from Agricultural Soils: Sources and Mitigation Potential. Journal of Crop Improvement 27 (6): 752–72.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5ª ed. México, D.F.: Instituto de Geografía-UNAM; <https://publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>.
- González, M.A.; Garay, M.J.; Estrada, Dr. B.; Bernal, Fl. Á.; Limas, M.A. y Joaquín, C. S. 2020. Rendimiento y contenido de proteína en forraje y ensilado de pasto Insurgente e híbridos de *Urochloa*. Rev. Mex.Cienc. Agríc.24(esp.):177-189.
- Jiménez, O. M. M., Granados, L., Oliva, & Barrón, Y. 2010. Calidad nutritiva de brachiaria humidicola con fertilización orgánica e inorgánica en suelos ácidos. In *Arch. Zootec* (Vol. 59, Issue 228).
- Nardi, S.; C. Pizzeghello.; L. Ferrarese.; L. Trainotti.; G. Casadoro. 2002. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology & Biochemistry*, 32 (3): 415-419.
- Peñañiel., R. W. y Ticona G. D. 2015. Elementos nutricionales en la producción de fertilizante biol con diferentes tipos de insumos y cantidades de contenido ruminal de bovino - matadero municipal de La Paz. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, 2(1), 87-90.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Polo, L. E. A. 2021. Efecto de la fertilización orgánica sobre el rendimiento de materia seca de especies de *Brachiaria*. *Periodicidad: Semestral*, 1(2) 64-69.
- Reyes, P. J. J., Luna, M. R. A., Zambrano, B. D., Vázquez, M. V. F., Rodríguez, P. A. T., Ramírez, A. M. Á., Guzmán, A. J. A., González, R. J. C., y Torres, R. J. A. 2018. Efecto de abonos orgánicos en el crecimiento y rendimiento agrícola de la berenjena (*Solanum melongena* L.). *Biotecnia*, 20(1),8-12
- Warnars, L. y Oppenoorth, H. 2014. El biol, el fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. Ed. Hivos people unlimited.pp.52

PORCENTAJE Y VELOCIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN PROPÁGULOS DE *Tripsacum dactyloides* CON ENVEJECIMIENTO ACELERADO

PERCENTAGE AND VELOCITY OF PLANTLET EMERGENCY IN RESPONSE TO ACCELERATED AGING ON *Tripsacum dactyloides* PROPAGULES

Raúl Plascencia Jiménez¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo^{1*}, Leonor Miranda Jiménez¹, Guadalupe Montserrat Valencia Trejo¹, Adrián Hernández Livera¹, Cándido López Castañeda¹

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.

*Autor por correspondencia: queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó índice de velocidad de emergencia (IVE) y porcentaje de emergencia (%E) en *Tripsacum dactyloides* L. (TD) con prueba de envejecimiento acelerado (PEA). También, se evaluó pureza (PF), peso volumétrico (PV), peso de 1000 semillas (P1000S), viabilidad (VT), semilla pura germinable y viable (SPG y SPV) en dos tipos de propágulo: Cúpula (Cúp) y Cariópside (Cs) de un ecotipo de TD. El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. La duración de PEA-Cúp fue: 0 (Testigo; T₁), 60 (T₂), 72 (T₃), 84 (T₄), 96 (T₅), 108 (T₆) y 120 horas (T₇); para Cs: 0 (Testigo; T₁), 12 (T₂), 24 (T₃), 36 (T₄), 48 (T₅), 60 (T₆) y 72 horas (T₇), todos a 41±2°C y 100% de humedad relativa. Cumpliendo los supuestos de ANOVA, se utilizó un diseño Bloques al Azar, siete tratamientos y cuatro repeticiones (GLM y Tukey P<0.05). La PF observada fue 99.3, 99.7 y 29% para Cúp, Cs y de Cúp/Cs. El PV fue 39 y 80 kg hL⁻¹ Cúp y Cs. P1000S 24.5 y 8.5 g Cúp y Cs. VT 79% Cs. Los IVE desde 0.5 a 2.3; 0.5 a 2.6 plantas d⁻¹; %E, de 17.6 a 72% y 10 a 47% para Cúp y Cs. Se encontró 72, 21 y 23% SPG, para Cúp, Cs y SPV en Cúp; 45 y 79% de SPG y SPV en Cs. La PEA no mostró efecto en IVE y %E (P>0.05), es necesario evaluar otros tratamientos para incrementar IVE y %E en propágulos de TD.

Palabras clave: Germinación, Envejecimiento Acelerado, Cúpula, Cariópsides.

ABSTRACT

It was evaluated emergence velocity index (IVE) and emergence percentage (%E) in *Tripsacum dactyloides* L. (TD) with accelerated aging test (PEA). The study was conducted at the Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo; also, physical purity (PF), volumetric weight (PV), thousand seeds weight (P1000S), viability (VT) and germinable and viable pure seed (SPG and SPV) for two propagules: cupule (Cúp) and caryopsis (Cs) for one TD ecotype. PEA time included 0 (control; T₁), 60 (T₂), 72 (T₃), 84 (T₄), 96 (T₅), 108 (T₆) and 120 hours (T₇); for Cs: 0 (control; T₁), 12 (T₂), 24 (T₃), 36 (T₄), 48 (T₅), 60 (T₆) and 72 hours (T₇) all of those to 41±2°C and 100% of relative humidity. Fulfilling ANOVA requirements a completely randomized design was used, with seven treatments and four repetitions for cúp and Cs and Tukey (P<0.05). PF was 99.3, 99.7 and 29% for Cúp, Cs and Cúp/Cs. PV was 39 and 80 kg hL⁻¹ Cúp and Cs. P1000S 24.5 and 8.5 g Cúp and Cs. VT 79% for Cs. IVE from 0.5-2.3 and 0.5-2.6 plants d⁻¹ for Cúp and Cs. %E, 17.6 to 72% and 10 to 47% for Cúp and Cs. It was found 72, 21 and 23 for SPG from Cúp/Cs and SPV for Cúp, and 45 and 79% for SPG and SPV for Cs. PEA did not show an effect (P>0.05) on IVE and %E for Cúp and Cs. It is necessary to search others propagule treatments to increasing both IVE and %E in TD seeds.

Key words: Germination, Accelerated Aging, Cúpule and Caryopsis germination.

INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos constituyen la base sólida para enfrentar condiciones desafiantes en la región de evolución y cuyo valor se mantendrá para la atención de dichas condiciones. Las especies nativas han evolucionado ante condiciones adversas. Su valor y potencial se pueden manifestar de varias formas: alimento, forraje, medicina, ornamental, industrial, resiliencia ante cambio climático y otras condiciones desafiantes etc., (Pensiero y Zabala, 2017). El objetivo fue evaluar el índice de velocidad de emergencia, porcentaje de emergencia de plántulas en propágulos de un ecotipo selecto de *Tripsacum dactyloides* L., mediante la prueba de envejecimiento acelerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27' N y 98° 54' O, a 2220 msnm. Se colectó semilla de *Tripsacum dactyloides* (L.) manualmente de julio a septiembre del 2022; lo anterior, siguiendo la metodología establecida por Miranda-Jiménez *et al.*, (2022) con inflorescencia estaminada madura (completamente seca); posteriormente, la semilla se clasificó por morfología (color) y se determinó porcentaje de llenado de cariósides (Cs). En el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados, se evaluó la calidad física de propágulos cosechado (cúpula; Cúp) y Cs. Se determinó viabilidad de Cs y se realizó la prueba de envejecimiento acelerado (PEA) para determinar vigor de propágulo. Se determinó pureza física (PF); lo anterior con una muestra de trabajo de 50 gramos de Cúp y de cinco gramos de Cs. Se separó y pesó la semilla pura, otras semillas (cultivos y maleza) y materia inerte (semilla rota, de maleza y residuos vegetales). Se calculó porcentaje por componente, de las muestras de Cúp y Cs a partir de su peso en gramos. Para peso volumétrico (PV), se pesaron cinco gramos de Cúp y 1 gramos de Cs. Posteriormente, se determinó en probeta graduada de 10 ml, el volumen que ocuparon las Cúp y Cs, respectivamente. El peso volumétrico (kg hL^{-1}) se calculó mediante la fórmula:

$$PV\left(\frac{\text{kg}}{\text{hL}}\right) = \frac{\text{peso de semilla (g)}}{\text{volumen desplazado (ml)}} \times 100$$

Peso de 1000 semillas (P1000S). Mediante conteo de repeticiones se determinó el peso de 1000 (P1000S) de Cúp y Cs. A partir de la fracción de semilla pura se contaron ocho repeticiones de 100 cúpulas y 100 cariósides, se obtuvo el peso (g) por repetición. Con los resultados del pesaje de las ocho repeticiones, se calcularon varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (%CV); el cual, debe ser menor a 4%; por tanto, para estimar P1000S, para Cúp y Cs, se multiplicó por diez el promedio de 100 Cúp y Cs en las ocho repeticiones (ISTA 2005). Viabilidad de Semilla (VT): En cuatro repeticiones de 100 Cs, la semilla se colocó en osmoacondicionamiento en agua destilada por 18 h a temperatura ambiente; posteriormente, se realizaron cortes longitudinales a la Cs y se desechó uno de los cortes; las Cs se colocaron en vaso de precipitado, depositando la solución de cloruro-2,3, 5-trifenil tetrazolio (1% p/v; Delouche *et al.* 1971), de tal forma que las Cs se cubrieron por completo. Los vasos de precipitado conteniendo la semilla y solución, se colocaron en estufa a 35 °C, en oscuridad, por 24 h; posteriormente, la semilla se enjuagó con agua destilada y se depositó en cajas Petri con agua destilada, para evitar deshidratación y realizar rápidamente la lectura de coloración de semilla y diferenciar con eficiencia: viables y no viables. Las lecturas se realizaron

en estructuras del embrión y endospermo con apoyo de microscopio estereoscópico. Para determinar vigor de las semillas y observar si las Cúp y Cs presentan algún tipo de latencia, se realizó la PEA con la metodología de Delouche y Baskin (1973; modificada por Rincón y Molina, 1990); la cual, consiste en mantener semillas a 41 ± 2 °C y humedad relativa (HR) constante de 100% en cámara de ambiente controlado. Se utilizaron cajas plásticas tipo “sandwichera” de 10x10x7 cm, a las que se les agregaron 150 ml de agua destilada; por arriba del nivel de agua, en cada caja, se colocó una malla de alambre para evitar el contacto directo de Cúp y/o Cs con el agua. En cada caja se depositaron 100 Cúp y 100 Cs por tratamiento, formando una sola capa (cuatro repeticiones con 25 Cúp y/o Cs, respectivamente). Las cajas se sellaron con cinta adhesiva para evitar evaporación del agua y se introdujeron en cámara de ambiente controlado a 41 ± 2 °C y 100% HR. Los tratamientos para Cúp consistieron en la duración en la PEA: 0 (Testigo; T₁), 60 (T₂), 72 (T₃), 84 (T₄), 96 (T₅), 108 (T₆) y 120 horas (T₇). Los tratamientos para Cs tuvieron una duración en PEA: 0 (Testigo; T₁), 12 (T₂), 24 (T₃), 36 (T₄), 48 (T₅), 60 (T₆) y 72 horas (T₇). Concluida la PEA, la siembra de Cúp y Cs se realizó en tubetes de plástico de 60 cm³, utilizando una mezcla de suelo y arena en volumen (2:1). La siembra se realizó a 1 cm de profundidad. Se aplicó riego después de la siembra y posteriormente en intervalos de dos días para mantener húmedo el sustrato. Las variables evaluadas incluyeron índice de velocidad de emergencia (IVE) y porcentaje total de emergencia (%E) para Cúp y Cs, respectivamente. Para IVE, después de la emergencia de la primera plántula se realizaron conteos diarios de número de plántulas emergidas, tomando como parámetro la aparición del coleóptilo sobre el sustrato. Se consideró como primer día aquel de aparición de coleóptilo sobre el sustrato. Se consideró como primer día aquel de observación de la primera plántula emergida. El conteo terminó cuando se estabilizó la emergencia. Con estos valores se calculó el IVE aplicando la fórmula propuesta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{\sum_{i=1}^n Ni}$$

En donde: Xi= Número de plántulas emergidas por día; Ni= Número de días después de la siembra; n= Número de conteos.

Al término del estudio se calculó el %E; el cual, consistió en contabilizar cada plántula emergida hasta el último día de la evaluación y el resultado se obtuvo dividiendo el número total de plántulas emergidas, entre el número total de semillas sembradas y se multiplicó por cien.

$$\%E = \frac{\text{No. Plántulas emergidas en el ultimo conteo}}{\text{No. de semillas sembradas}} * 100$$

La semilla pura germinable se obtuvo con la siguiente formula:

$$SPG = \frac{\text{Pureza física (\%)} \times \text{Germinación (\%)}}{100}$$

Se realizó el análisis de varianza bajo un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones empleando el procedimiento de GLM y prueba de Tukey ($P < 0.05$) para

comparar medias entre tratamiento; para %E los datos se transformarán al arco seno para cumplir con los supuestos del análisis de varianza (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para **PF** de Cúp se obtuvo 99.3% (49.7 g) y 0.07% (0.35 g) fue material inerte (restos de inflorescencia) y para **PF** de Cs se encontró 99.7% (4.985 g) y 0.03% (0.015 g) fue material inerte (restos de glumas, lema y palea). La PF total de Cúp a Cs fue de 29%. Para **PV** de Cúp se obtuvo 39 kg hL⁻¹, valor base para realizar su mejora futura mediante manejo agronómico por la producción de Cúp con mayor llenado de Cs. Para Cs el promedio de PV de 80 kg hL⁻¹, valor adecuado para Cs; con este valor, se puede sugerir, que es necesario el incremento de Cs por número o peso de Cúp, por lo que se debe realizar manejo: riego, fertilización, frecuencia e intensidad de corte, homogeneización de la floración, entre otros, para incrementar el número de Cs por unidad (número o peso) de Cúp. Peso de **1000S** para Cúp, fue de 24.5 g; por tanto, un kg contiene 40, 816 Cúp y respecto a Cs fue de 8.5 g, por lo que, un kg contiene 117,647 Cs. El porcentaje de Cs por Cúp es 33% y, por tanto, un kg de Cúp contuvo 13,469 Cs. Para **VT**, se obtuvo 79% de viabilidad en Cs. Se observó variabilidad para **IVE** en **PEA** para Cúp, T₃ presentó los mayores valores 3.2 plántulas día⁻¹ (P<0.01) a 14 días después de la siembra (**DDS**). A 16 y 17 DDS los mayores valores fueron para T₁ y T₃ de 3.0 y 3.4 pl día⁻¹ (P<0.01), respectivamente. Por el contrario, de 20 a 30 DDS los mayores valores fueron para T₁, sin diferencia estadística con T₃ (P>0.05); sin embargo, diferentes con relación a los demás tratamientos. Los mayores promedios en la prueba fueron para T₃ y T₁, con valores de 2.3 y 2.2 pl día⁻¹, respectivamente (Fig. 1a; P<0.01). Con relación a Cs en **IVE** en la **PEA** los mayores valores fueron para T₄ en toda la prueba con un promedio de 2.6 pl día⁻¹, comparado con los demás tratamientos (Fig. 1b; P<0.01).

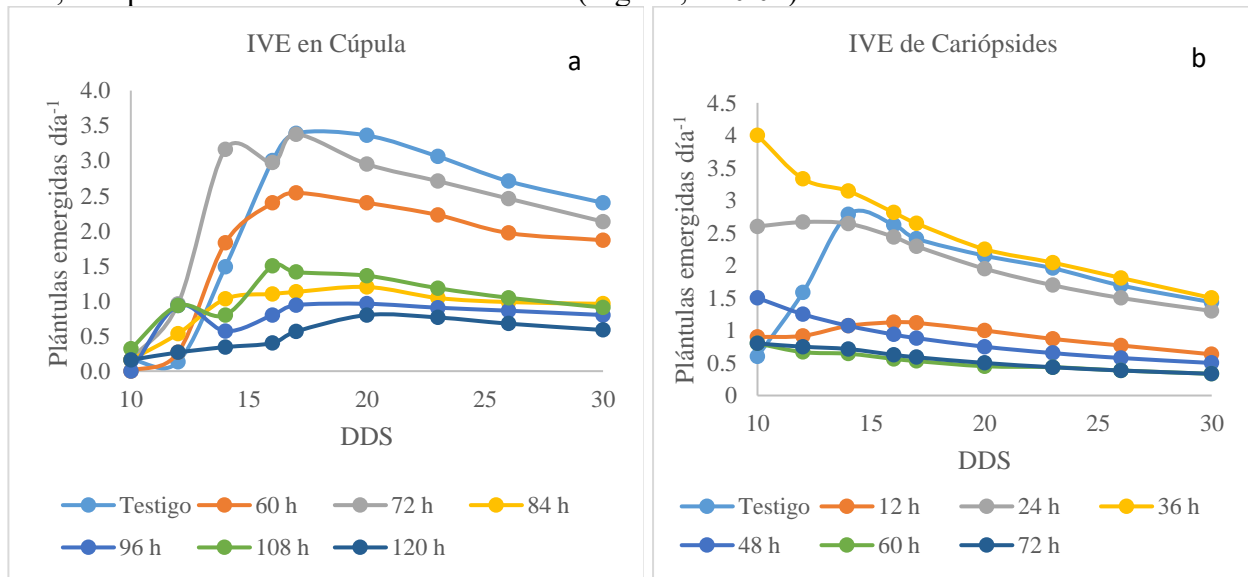


Figura 1. Índice de velocidad de emergencia (IVE) en cúpula (a) e IVE de cariósides (b), en prueba de envejecimiento acelerado (PEA).

El mayor %E en Cúp, a 14 DDS, se observó en T₃ (Fig. 2a; 44%; P<0.01) comparado con los demás tratamientos; sin embargo, a partir de 20 y hasta 30 DDS, los mayores valores (Fig. 2a; 72%; P<0.01) fueron para T₁, con relación a todos los demás tratamientos. Por otro lado, %E de Cs, los mayores promedios fueron para T₄ (Fig. 2b; 40%; P<0.01) a 10 DDS, con relación a los demás tratamientos; sin embargo, a partir de 14 y hasta 30 DDS no se encontraron diferencias (Fig. 2b; P>0.05) entre T₁, T₃ y T₄ con valores totales de 45, 39 y 47%, respectivamente, pero si diferentes

(Fig. 2b; $P < 0.01$) a los demás tratamientos. Hernández *et al.*, (2015) observaron que a mayor tiempo de las diásporas en PEA se disminuye la emergencia.

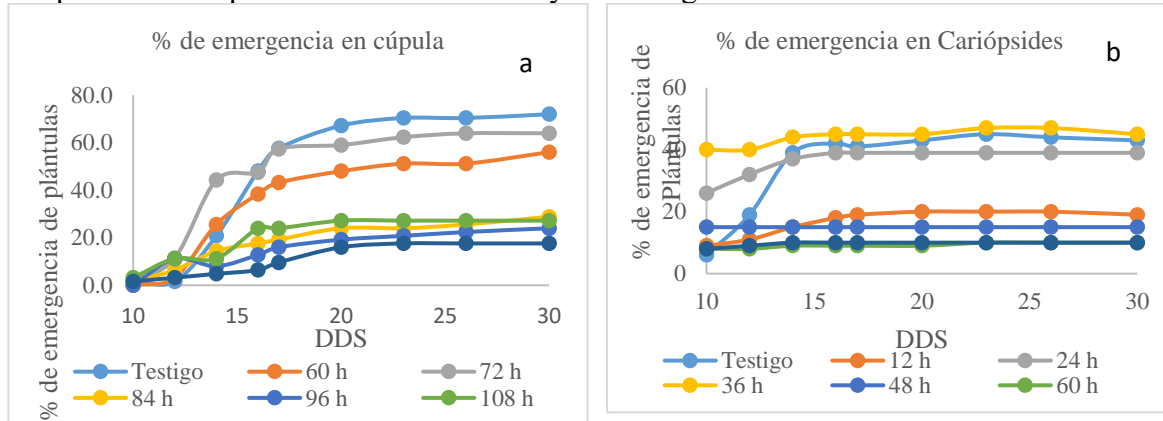


Figura 2. Porcentaje de emergencia de plántulas en pruebas de envejecimiento acelerado (PEA) en cúpula (a) y cariópsides (b).

La **SPG** para Cúp fue de 71.6%, SPG de Cúp a Cs 20.9% y SPG de Cs fue de 44.9%. SPV de Cúp a Cs fue de 22.9% y SPV de Cs 78.8%.

CONCLUSIONES

El envejecimiento acelerado con 72 h, puede ser una alternativa cuando se quiere obtener mayor Índice de velocidad de emergencia en cúpulas desde los primeros 14 días post-siembra. El envejecimiento acelerado por 36 h, incrementa el índice de velocidad de emergencia de cariópsides a partir de 10 días post-siembra, lo que puede ser una alternativa para rápido establecimiento de praderas. El envejecimiento acelerado afecta el porcentaje de emergencia de las plántulas en cúpulas; por otro lado, en cariópside, no hay efecto del envejecimiento acelerado en el porcentaje de emergencia de plántulas. Es necesario evaluar otros tratamientos para mejorar la germinación y porcentaje emergencia en cúpula y cariópside en esta especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Delouche, J. C.; T. Wayne; M. Raspet; M. Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de semillas con tetrazol. CRAT, AID. Buenos Aires, Argentina. p.256.
- Delouche, J. C.; C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Science Technology. 1: 427-452.
- Hernández, G. F, J.; A. R. Quero; P. Pérez; M. Velázquez; G. García. 2015. Germinación y emergencia de propagulos de pasto en respuesta a pruebas de vigor. Revista Mexicana Ciencias Agrícolas. 6(7): 1519-1532.
- International Seed Testing Association (ISTA). (2005). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switz. 243p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for Seedling Emergences and Vigor. Crop Science 2: 176-177.
- Miranda-Jiménez, L, AR Quero Carrillo, M Zárate-Ramos, JF Villanueva-Ávalos, A Vázquez-González. 2022. Producción de semilla en ecotipo selecto de *Tripsacum dactyloides*. In: Proc. IX Congreso Internacional de Pastizales. Zacatecas, Zac. pp: 397-401.
- Pensiero, J. F.; M. Zabala. 2017. Recursos fitogenéticos forrajeros nativos y naturalizados para los bajos submeridionales: prospección y priorización de especies para planes de introducción a cultivo. Revista FAVE-Ciencias Agrarias. 16(1): 67-98.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Rincón, F.; J. Molina. 1990. Efecto del método de envejecimiento artificial sobre la germinación de semillas de maíz. *Agronomía Mesoamericana* 1: 51-53.

Statistical Analysis System (SAS). 2003. User's Guide: statistics. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.

EFFECTO DEL AREA FOLIAR DE DOS HIBRIDOS DE MAÍZ Y SU RESPUESTA EN EL RENDIMIENTO FORRAJERO EN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

EFFECT OF LEAF AREA OF TWO CORN HYBRIDS AND ITS RESPONSE ON FORAGE YIELD IN FRANCISCO I. MADERO, HIDALGO

Jennifer Santiago Santander¹, Frida Sánchez¹, Martínez, Armando Díaz Batalla¹, Julio Nieto Aquino¹, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Leodan Tadeo Rodríguez Ortega¹, Alejandro Rodríguez Ortega¹, Judith Callejas Hernández¹

¹Universidad Politécnica Francisco I. Madero s/n, Francisco I. Madero, Hidalgo, México

*Autor para correspondencia: fjhernandez@upfim.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue estudiar el efecto del área foliar en el rendimiento de forraje de maíz de dos híbridos trilineales comerciales. Se sembró el 4 de abril de 2023 en suelo a capacidad de campo a los híbridos S1124b y S1780a. En cuatro fechas se midió altura de planta, perímetro de tallo y área foliar de cada hoja. También, a 122 días después de siembra (dds) se evaluó el rendimiento de forraje en verde y seco así como la composición morfológica (%). Se usó un diseño completamente al azar y análisis con Tukey (α 0.05). El área foliar fue diferente solamente en la tercera fecha (86 dds; $P < 0.05$) donde el 1124b superó al S1780a en 1.4 veces. No se encontraron diferencias en el rendimiento de forraje en verde o seco ($P > 0.05$), en verde, el híbrido S1124b en promedio 60 t ha⁻¹ y el S1780a mostró 51 t ha⁻¹. La mayor proporción de hojas se observó en S1780a ($P < 0.05$), mientras en tallo y elote en S1124b ($P < 0.05$). El rendimiento en verde es satisfactorio para la zona a pesar de no haber llegado a la primer línea de leche.

Palabras clave: Composición morfológica, forraje de maíz, *Zea mays*, híbridos trilineales.

ABSTRACT

The objective of the study was to study the effect of leaf area on maize forage yield of two commercial trilinear hybrids. The hybrids S1124b and S1780a were sown on April 4, in soil at field capacity. On four dates, plant height, stem perimeter and leaf area of each leaf were measured. Also, at 122 days after sowing (das) the green and dry forage yield as well as the morphological composition (%) were evaluated. A completely randomized and Tukey analyses (α 0.05) design was used. The leaf area was different only on the third date (86 das; $P < 0.05$) where 1124b exceeded S1780a by 1.4 times. No differences were found in fresh or dry forage yield ($P > 0.05$), in fresh, the S1124b hybrid averaged 60 t ha⁻¹ and the S1780a showed 51 t ha⁻¹. The highest proportion of leaves was observed in S1780a ($P < 0.05$), while in stem and corn in S1124b ($P < 0.05$). The green yield is satisfactory for the area despite not having reached the first line of milk.

Keywords: Morphological composition, maize forage, *Zea mays*, trilinear hybrids.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo más importante de México, debido a que se utiliza para consumo humano y animal, en los animales como forraje en seco o ensilado, así como grano (Ramírez *et al.*, 2023). En 2022 en México a nivel nacional se sembró 765,483.36 ha, y fueron cosechadas 4,731.29 ha con un rendimiento promedio de grano de 8.45 t ha⁻¹ (SIAP, 2022). En cuanto a forraje, fueron

sembradas 7,293,764.00 ha, y cosechadas 113,948.46 ha, así mismo. El rendimiento forrajero nacional en verde promedió 44.24 t ha⁻¹, mientras en Hidalgo fue de 28.77 t ha⁻¹.

Lo anterior se atribuye al énfasis en el rendimiento de forraje por densidad de siembra y selección correcta de híbridos para la producción de forraje y el incremento en área foliar. La radiación fotosintética activa es la fuente primaria de energía utilizada para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios de la planta, dando como resultado el área foliar la cual se define como la cubierta vegetal en cada fase fenológica (de Parra *et al.*, 2006). Estudios previos demuestran que los híbridos tardíos de diferentes variedades incrementan la producción de forraje al elevar la densidad de siembra a 80,000 plantas ha⁻¹, mientras que los híbridos de ciclo intermedio responden positivamente hasta 120,000 plantas ha⁻¹. En Estados Unidos, se registraron incrementos en la producción de materia seca del maíz de 1.7 a 4.7 t ha⁻¹ al incrementar la densidad de población de 64,200 a 88,900 plantas ha⁻¹ (Peña-Ramos *et al.*, 2006).

La altura de planta es dependiente entre muchos factores de la densidad de siembra y está correlacionada con el rendimiento y según Urbina-Briceño *et al.* (2023) hay un efecto por competencia lumínica, agua y nutrimentos. El área foliar en maíz según Hernández y Soto (2013) muestran que una mayor duración del área foliar implica un mayor aprovechamiento de la radiación solar, lo cual se manifiesta en un mayor crecimiento de las plantas y mayor acumulación de materia seca. Ante la necesidad de conocer el rendimiento forrajero en dos maíces trilineales en suelos del Valle del Mezquital, el objetivo fue evaluar en dos maíces trilineales en cuatro fechas; área foliar, altura de planta, perímetro de tallo, a 122 días después de siembra (dds) calcular el rendimiento de forraje y composición morfológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, unidad Tepatepec del 20 de marzo al 17 de Julio del 2023 con riego rodado. La fecha de siembra fue el 4 de abril. Los maíces trilineales fueron S-1124 blanco y S-1780 amarillo, ambos, de la empresa Semtek, los cuales son de ciclo intermedio a largo, recomendada para 2,000 metros sobre el nivel medio del mar. El material genético S-1124b es un híbrido trilineal con una altura de 290 cm, floración masculina a 63 - 73 días, mazorca de 15 a 16 cm de largo con un grano dentado y de color blanco. El material S-1780a es un híbrido de alto potencial y rendimiento, con adaptabilidad y altura de 262 cm.

La preparación de terreno constó de barbecho, se regó con agua del lugar, y después de 10 días se rastreó con dos pasos y se sembró a capacidad de campo. El control de malezas se realizó a 20 días después de la siembra (dds) con 2,4D amina a dosis de 1000 ml de i.a ha⁻¹ mezclado con atrazina a dosis de 1000 g de i.a ha⁻¹. Para controlar el picudo del maíz y gusano cogollero se realizó una aplicación de insecticida sistémico de manera foliar a 60 dds con Imidacloprit 19.6% + betacyfruthin 8.4% a una dosis de 250 ml ha⁻¹. Se aplicaron cinco riegos rodados con agua del lugar. El área foliar de cada hoja viva se midió a 43, 73, 86 y 100 dds. El área foliar se determinó al medir el largo y ancho de cada lamina foliar, y para obtener al área, se multiplicó por el factor 0.75 (López-Ortega *et al.* 2018). Así mismo en cada fecha se midió altura de planta desde la base del suelo y hasta el ápice máximo, y perímetro de tallo; tomada en el segundo internudo.

Para determinar el rendimiento de forraje en verde se cortó en dos surcos por 5 m de largo en tres repeticiones y se pesó, para determinar composición morfológica se cortaron 12 plantas y fueron

pesadas en báscula tipo reloj modelo BAS-10Z marca Truper (México), posteriormente las plantas fueron separadas en hojas, tallos, espigas y gineceo (brácteas y elote) y para obtener materia seca, fueron sometidas a 55°C por 72 h en estufa de aire forzado hasta peso constante y se pesó en una báscula marca Torrey, modelo L-EQ5/10 (México). Los datos climatológicos fueron obtenidos en la estación de bomberos de Francisco I. Madero. Para el estudio de las variables antes mencionadas, se empleó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS (2009) y las medias fueron separadas a 5% con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El umbral de temperatura del maíz fue suficiente, ya que los Híbridos S-1124b y S-1780a mostraron floración masculina a 84 dds y floración femenina a 91 dds. La precipitación fue deficiente (116 mm; Figura 1).

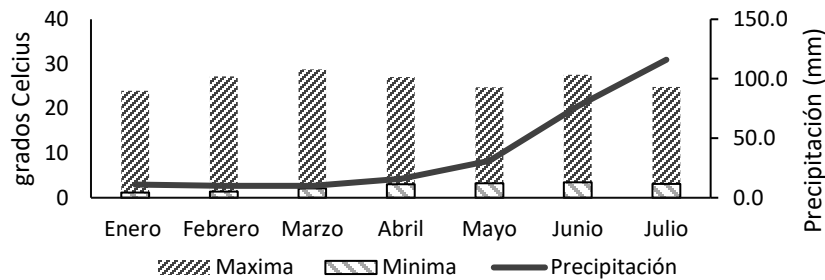


Figura 1. Temperaturas máximas, mínimas y precipitación mensual del municipio de Francisco I. Madero en el Valle del Mezquital.

Se observaron diferencias en altura de planta en la primera, segunda y tercera fecha (P<0.05; Figura 2), mientras el perímetro de tallo hasta la segunda fecha (P<0.05; Figura 2b). Al respecto Marcos *et al.* (2016) encontraron altura de 270 cm, lo cual, es similar a nuestro estudio. El material de maíz S1780a inició con un crecimiento lento, sin embargo, alcanzó al material S1124b para finalizar similares (P>0.05). La altura de la planta en el híbrido S-1124b fue de 298.6 cm, y en comparación con el híbrido S-1780a con 272 cm fue mayor. De acuerdo con Rivas *et al.* (2020), el incremento de la producción en materia verde y/o seca está ligado significativamente a la altura de la planta, hojas, floración, elote y tallos.

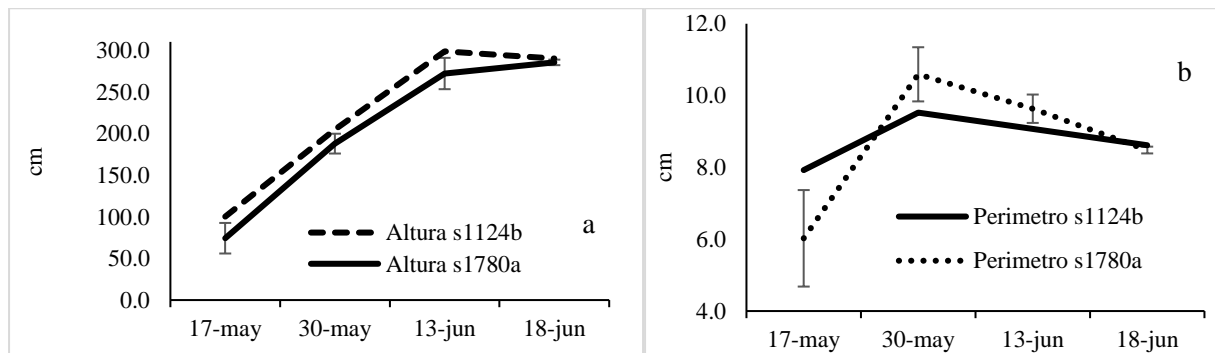


Figura 2. Altura de planta y perímetro de tallo de dos maíces híbridos en el Valle del Mezquital.

En el área foliar en dos maíces híbridos trilineales en el Valle del Mezquital, solo se observó diferencia en la tercera fecha de muestreo (P<0.05; Figura 3), sin embargo, el maíz S1780a superó a S1124b en las primeras fechas (P>0.05). La disminución del área foliar se debió a marchitez de

hojas por escasas de agua tanto de lluvia como de riego (Zavala-Borrego *et al.*, 2022), donde el efecto de diferentes niveles de evapotranspiración sobre el índice de área foliar, temperatura foliar, potencial hídrico foliar se ve reflejado en el rendimiento de maíz forrajero, es decir, la restricción de humedad afecta el índice de área foliar.

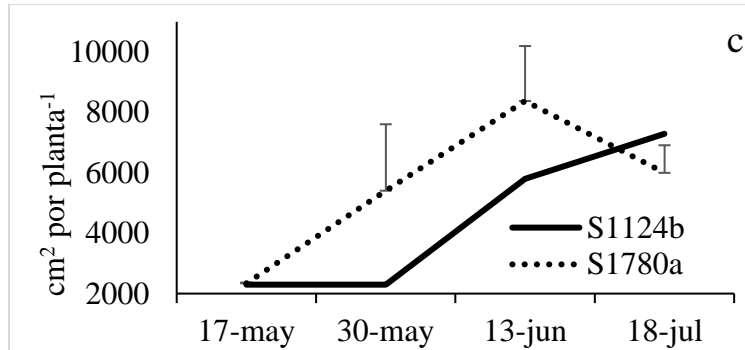


Figura 3. Área foliar de dos maíces híbridos trilineales en el Valle del Mezquital en 2023.

El rendimiento en verde a 122 dds de dos maíces trilineales en el campo experimental de la UPFIM, no fueron diferentes ($P > 0.05$; Figura 4a). Los rendimientos son semejantes a Zaragoza-Esparza *et al.* (2019) y Sánchez-Hernández (2011) los cuales mencionan rendimientos superiores a 40 ton ha^{-1} , lo que hace redituable los rendimientos obtenidos. La composición morfológica de dos maíces híbridos trilineales fue diferente ($P < 0.05$; Figura 4b). El híbrido S1780a fue superior al híbrido S1124b en hojas y brácteas en 1.01 y 1.19 veces, respectivamente, mientras el maíz S1124b superó en tallos, espigas y elote en 1.17, 1.84 y 1.5 veces al maíz S1780a, respectivamente. La abundancia de hojas es importante, ya que es el componente con menos proporción de lignina, y dependiendo de la abundancia del mesófilo; es la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen y por lo tanto la producción de sólidos en leche en forma de grasa (Hernández-Guzmán *et al.* 2023).

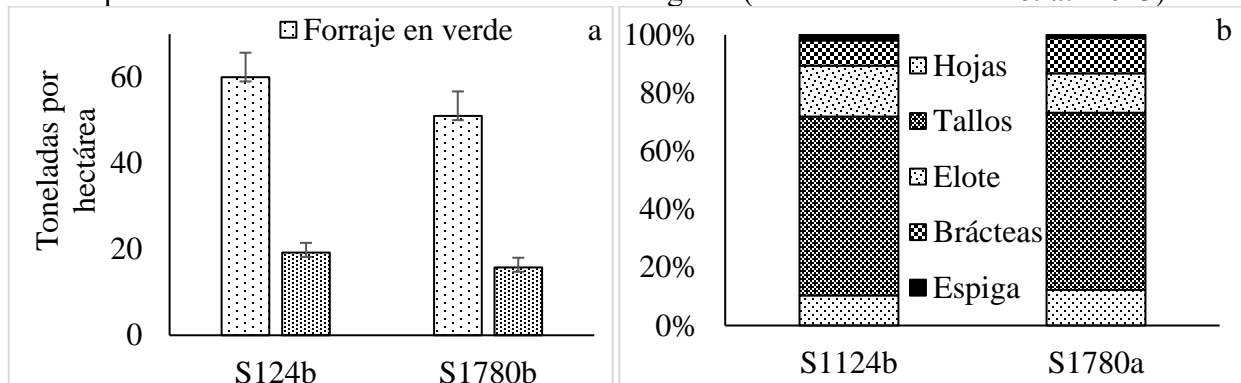


Figura 4. Rendimiento en verde y seco de dos maíces híbridos en el Valle del Mezquital (a) y composición morfológica de dos maíces trilineales a 122 días después de siembra (b) en la Unidad Tepatepec de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero en 2023.

CONCLUSIONES

Los híbridos trilineales evaluados S-1124b y S-1780a fueron diferentes en el área foliar, pero similares en rendimiento de forraje. La proporción de hojas fue mayor en S1124b, mientras la mayor proporción de tallos y elote en S1780a. Se observó adaptación de los híbridos a suelo y clima.

LITERATURA CITADA

- De Parra, R.W.; J. Valenzuela; T. De Leal A.; P. Madriz; M. Gutiérrez. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía Tropical* 56(1): 21-42.
- Hernández. G.F.J.; S.I. Mendoza P.; M.A. Mata E.; L.T. Rodríguez O.; P. Landa, S.; M. Velázquez M.; P. Alvarez V.; A.Rodríguez O. 2023. Importancia de los forrajes en la productividad lechera. Folleto técnico. 16 p. <https://upfim.edu.mx/wp-content/investigacion/libros/Importancia%20de%20los%20forrajes%20en%20la%20productividad%20lechera%2029jun2023.pdf?t=1688062688>
- Hernández, G.N.; R. Faz C.; Gómez; Ma. R Tovar G.; A. Zavala G. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Técnica Pecuaria en México* 39: 77-88.
- Hernández, C.N.; F. Soto C. 2013. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales* 34(2): 24-29.
- López-Ortega M.G.; M. Velázquez-Martínez; F.J. Hernández-Guzmán; M.A. Mata-Espinosa; A.R. Rojas-García. 2018. Rendimiento y calidad de semilla de ‘mijo Perla’ con uso de micorrizas *Glomus intraradices* y fertilizantes químicos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9 (7): 1514 -1523
- Marcos, S.B.; A.R. Martínez C.; G.A. López U.; C.A. López O.; T.T. Arteaga R. 2016. La biomasa de los sistemas productivos de maíz nativo (*Zea mays*) como alternativa a la captura de carbono. *Revista internacional de contaminación ambiental* 32(3): 361-367.
- Peña-Ramos, A.; F. González-Castañeda; G. Núñez-Hernández; L.H. Maciel-Pérez. 2006. Producción y calidad forrajera de híbridos precoces de maíz en respuesta a fecha de siembra, nitrógeno y densidad de población. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 207-207.
- Rivas, J.M.A.; S.I. Mendoza P.; D.M. Sangerman-Jarquín; M.A. Sánchez H.; C.A. Herrera C.; A.R. Rojas G. 2020. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación especial* 24: 94-104.
- SAS. 2009. Statistical Analysis System. SAS/STAT User’s Guide Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 5136 p.
- Sánchez-Hernández, M.; C. Aguilar-Martínez; N. Valenzuela-Jiménez; C. Sánchez-Hernández; C. Jiménez-Rojas; C. Villanueva-Verduzco. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22(2): 281-295.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2022. Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por cultivo. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Urbina-Briceño, C.; J.C. Vargas-Rojas; E.V. Vega-Villalobos; A. Alvarado-Hernández; G. Cabalceta-Aguilar; G. Garbanzo-León. 2023. Productividad de maíz (Diamantes 8843) bajo diferentes densidades de siembra y dosis de potasio. *Agronomía Costarricense* 47(1): 123-134.
- Zaragoza-Esparza, J.; M. Tadeo-Robledo; A. Espinosa-Calderón; C. López-López; J. García-Espinosa; B. Zamudio-González; A. Turrent-Fernández; F. Rosado-Núñez. 2019. Rendimiento y calidad de forraje de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista mexicana de Ciencias Agrícolas* 10(1): 101-111.
- Zavala-Borrego, F.; A. Reyes-González; V. P. Álvarez-Reyna; P. Cano-Ríos; V.M. Rodríguez-Moreno. 2022. Efecto de la tasa de evapotranspiración en área foliar, potencial hídrico y rendimiento de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(3): 407-420.

RECURSOS GENÉTICOS DE *Disakisperma dubium* EN CONDICIONES DE ESTRÉS HIDRICO
GENETIC RESOURCES OF *Disakisperma dubium* UNDER DROUGHT CONDITIONS

María de Jesús Carrillo Llanos¹, Milton Javier LunaPérez¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo^{1*}, Cándido López Castañeda¹, Leonor Miranda Jiménez¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

*Autor por correspondencia queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

Gigante *Disakisperma dubium* (Kunth) PM Paterson & N Snow, Sin. *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees., gramínea nativa de México semiárido, posee cualidades de tolerancia a condiciones áridas. El objetivo fue determinar el efecto de restringir humedad sobre la producción de biomasa aérea y radical en 21 ecotipos. Se trasplantó a tubos de PVC de 0.90 m de alto y 4” de diámetro, una planta individual, en dos tratamientos (riego y sequía) y tres repeticiones, se desarrollaron en ambiente ideal en invernadero, durante 295 días post-siembra cuando se suspendió riego por 88 días, se dio riego de recuperación y se evaluó producción aérea/radical. Se cumplieron los supuestos del análisis de varianza y se analizó utilizando diseño completamente al Azar y Tukey ($p < 0.05$) para separación de medias. Se midió el rendimiento de materia seca total (RMS_T), RMS para primer y segundo corte, RMS de hoja (RMS_H ; corte uno y dos) y RMS total de hoja (RMS_{TH}). Se realizó una cosecha destructiva que incluyó RMS_H y RMS de raíz (RMS_R). El corte se realizó a 5cm centímetros de altura, se determinaron componentes del rendimiento y de raíz en estratos de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm. Con ayuda de tamices metálicos (de número 10, 16 y 20) y de pinzas de disección se separaron raíces del sustrato. El RMS_T fue mayor bajo riego. La raíz se desarrolló a mayor profundidad en sequía ($p < 0.05$). Los ecotipos 74 y 219 poseen atributos destacados para enfrentar sequía y responder con buen RMS y deben seguir evaluándose.

Palabras clave: ecotipos, pasto, resistencia a sequía, desarrollo radical.

ABSTRACT

Green sprangletop *Disakisperma dubium* (Kunth) PM Paterson & N Snow, Sin. *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees., is a native to arid Mexico grass with good attributes for drought resistance. The objective was define the effect of limiting soil humidity on both aerial and root biomass among 21 ecotypes. Individual plants were transplanted on 90cm height x 4” diameter pots, under two treatments (irrigation and drought) with three replicates. These plants were placed under optimal green house conditions in greenhouse during 295 days after sowing when drought treatment was applied during the following 88 days when recovering watering was applied and aerial/radical dry matter production was evaluated. Analysis of variance principles were fulfilled and data was analysed using a completely randomized design and Tukey ($p < 0.05$) for means separation. Measured parameters included: total dry matter production (RMS_T), RMS for cutting 1 and 2, foliar RMS (RMS_H , for cutting 1 and 2) and foliar RMS_T (RMS_{TH}). Also one destructive sampling was performed including RMS_H and root’s RMS (RMS_R). Cutting height was 5cm above soil Surface and dry matter components were defined and RMS_R to 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, and 80-100 cm. Using metallic sieves (number 10, 16, and 20) fine roots were separated from soil sustrate. RMS_T was higher under watering conditions ($p < 0.05$). Root development was deeper under drought

conditions ($p < 0.05$). Ecotypes 74 and 219 possess outstanding attributes for drought resistance and produce higher RMST and must continue under evaluation experiments.

Keywords: ecotypes, grass, drought resistance, root development

INTRODUCCIÓN

Pasto gigante *Dakisisperma dubium* (Kunth) PM Paterson & N Snow, Sin. *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees., es una gramínea forrajera nativa de México árido y sus poblaciones naturales se han reducido debido a malas prácticas de pastoreo (Morales *et al.*, 2013); similarmente, representa un recurso importante para el ganado. El valor forrajero de esta especie ha sido reportado con hasta 14 % de proteína cruda y 55 % de digestibilidad (Melgoza *et al.*, 2008). Debido al valor forrajero, el sobrepastoreo provoca la reducción de sus poblaciones naturales (Holecheck *et al.*, 2011). La variabilidad dentro de especie resulta de adaptaciones a condiciones ambientales en la población (Valladares *et al.*, 2007); al respecto, para gramíneas nativas Quero-Carrillo *et al.* (2017) reportan seria erosión genética y pérdida silente de alelos potencialmente valiosos, resultando en seria pérdida de biodiversidad. La amplia distribución de Gigante en matorrales xerófitos, valles centrales del Desierto Chihuahuense y zonas de “pie de sierra”, refleja su adaptación a diversos ambientes. A simple vista, los ecotipos muestran diferencias morfológicas notorias; por tanto, es importante realizar evaluaciones *ex situ*, donde todos se establecen en un ambiente uniforme para detectar características de importancia dentro de especie, ligadas a la información genética (Erickson *et al.*, 2004). Es importante realizar estudios de diversidad vegetal mediante descriptores de morfología, definiendo morfotipos selectos para responder rápidamente a la sociedad. Como segundo paso, definir las relaciones reproductivas y niveles de ploidía dentro de los individuos de la especie de interés (citotipos) y finalmente, una muestra elite exponerla a la diversidad de problemas agronómicos que afectan a la especie bajo explotación de interés antropocéntrico; en este caso, la sequía (lo que define los fisiotipos de impacto; Quero-Carrillo *et al.*, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

Veintiún ecotipos provenientes de colectas realizadas en diversas zonas del país de pasto gigante *Dakisisperma dubium* Sin. *Leptochloa dubia*, se evaluaron en invernadero, en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. de México. La siembra se realizó con cariósides del mismo rango de peso en almácigo. Un mes después, plántulas individuales se establecieron en tubetes de 70 cm³ de volumen; posteriormente, una planta se estableció como repetición en tubos de PVC de 0.90 m de alto y 4” de diámetro contenidas en bolsa cilíndrica de polietileno de 1.1 m de alto y el mismo diámetro respecto al tubo, llena con suelo franco-arenoso composteado, tamizado (malla 0.5mm) y secado al sol durante 15 días. La humedad aprovechable fue 7 % del peso (Cuadro 1). Se establecieron dos tratamientos de humedad edáfica: 1) riego (R), donde el contenido de humedad se mantuvo cercano a CC durante todo el experimento 2) sequía (S), donde la aplicación de agua se suspendió a partir de 295 días después de la siembra (dds) y la sequía se suspendió mediante aplicación de riego y posterior mantenimiento a CC, a 383 dds, momento a partir del cual se programaron y aplicaron dos cortes de evaluación. El primer corte se aplicó únicamente a la parte vegetal aérea y, el segundo corte, fue destructivo y consistió en evaluación de materia seca (MS) de hoja y MS de raíz (Fig. 1). Se aplicó fertilizante a dosis única de 80-40-00, a 243 dds en ambos tratamientos (R y S), corte de uniformización a 5 cm a 295 dds.

Cuadro 1. Características edáficas y capacidad de humedad en el suelo utilizado en la evaluación de ecotipos de *Dakisisperma dubium*, nativos de México.

Textura	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	DA (Tm ⁻³)	CC (%)	PMP (%)
---------	-----------	----------	-------------	------------------------	--------	---------

Franco-Arenosa	79.0	12.0	9.0	0.89	50	43
----------------	------	------	-----	------	----	----

DA=Densidad aparente; CC=Capacidad de campo; PMP=Porcentaje de marchitamiento permanente; DA, CC y PMP se determinaron en el Laboratorio de Física de Suelos, Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2021.

Al día 383 (dds) se dió riego de recuperación al tratamiento de sequía y se mantuvo en condiciones óptimas. Veinticuatro días después del riego de recuperación, se realizó un primer corte de la parte aérea vegetal. Se evaluó: Rendimiento de MS total (RMS_T), MS de hoja del corte uno (MSH_1) y corte dos (MSH_2). Las plantas se separaron por componentes (hoja, vaina, tallo, inflorescencia, material muerto y otros) y se llevaron a secado en estufa de flujo forzado de aire (LUZEREN; modelo DHG9030A) a 70 °C durante 48 h. Se realizó un segundo corte 38 días después del primer corte, con la separación de componentes del rendimiento. Para obtener el MS de raíz, se midió la longitud de la raíz visible más larga, se sacaron las raíces desarrolladas dentro los tubos, contenidos en cada bolsa plástica transparente (también dentro del tubo) y se midieron con regla de madera graduada en cm. La bolsa plástica cilíndrica se dividió en secciones (estratos) de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80, y 80-100 cm de profundidad de raíz, a partir de la base de la corona. Con ayuda de tamices metálicos (calibre 10, 16 y 20) y pinzas de disección se obtuvo la mayor cantidad de raíces del suelo. Raíces y coronas se colocaron en sobres de papel, se etiquetaron y se llevaron a estufa de aire forzado, por 48 horas y a 70 °C. Se determinó MS de raíz (MSR) y se realizó el cálculo de cociente raíz:parte aérea. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con dos tratamientos de humedad edáfica (riego y sequía) y tres repeticiones. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2012) y Tukey ($\alpha = 0.05$) para comparación de medias.

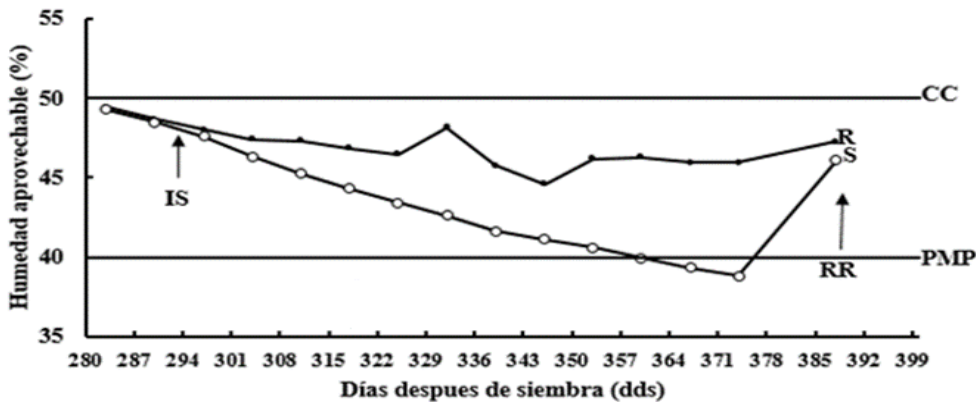


Figura 1. Contenido de humedad en el suelo en condiciones de invernadero en riego y sequía. CC = Capacidad de campo. PMP = Porcentaje de marchitez permanente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas se desarrollaron vigorosamente hasta el inicio de tratamientos. En el tratamiento de sequía el contenido de agua del suelo disminuyó consistentemente a partir de la suspensión del riego, lo que causó déficit hídrico vegetal (Fig. 1). El estrés hídrico disminuyó el rendimiento de MS (RMS). El RMS medio de ecotipos bajo condiciones de riego fue 2,660; mientras que, para sequía, fue de 2,310 kg MS Total planta⁻¹ ($p \leq 0.05$; RMS_T), diferencia 13.2 % menor para los genotipos en sequía (Cuadro 2). El genotipo 74, el de mayor producción bajo condiciones de sequía y similarmente, el que mostró estabilidad en ambos ambientes (riego y sequía), produciendo 2.7 % menos del RMS_T bajo condiciones de sequía respecto al riego; lo anterior, lo hace el material más estable para años húmedos y secos y, por tanto, el más destacado para la tendencia de años altamente variables y de menor precipitación total y distribución en el Desierto Chihuahuense (McIntosh *et al.*, 2019); lo cual, es importante para enfrentar el cambio climático. Este genotipo produjo 13.5 % menos RMS_T respecto al genotipo con mayor RMS_T bajo riego: genotipo 224 con

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

4, 237 kg de RMS_T. En el corte dos, el genotipo 74, en condiciones de sequía, mostró mayor RMS₂, respecto a su contraparte en riego (P<0.05). El RMS_H Total (RMS_{HT}) fue 25 % menor en sequía, respecto a riego (p≤0.05). Para el primer corte, el RMS_H del ecotipo 209, fue superior al resto de los materiales bajo sequía (p≤0.05); *i.e.* 20 % menor al mejor ecotipo bajo riego (383 vs 480 kg RMS_H planta⁻¹). El RMS_R fue 17% mayor bajo condiciones de riego respecto a sequía (p≤0.05). El muestreo destructivo mostró que únicamente el genotipo 92, destacado en RMS_R (p≤0.05) destacó en RMS_{TH}, lo cual, lo hace un ecotipo sobresaliente para evaluar en condiciones de campo. El efecto de la sequía en la planta depende de su duración e intensidad, genotipo y etapa fenológica en que ocurre este. La sequía terminal en cebada en condiciones de campo disminuyó 20, 11 y 16 % el rendimiento, la biomasa aérea y el número de granos m⁻² (López-Castañeda, 2011).

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca de parte aérea y radical de 21 ecotipos mexicanos de pasto gigante *Dakisisperma dubium* evaluados bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Eco.	RMS _T	Eco.	RMS ₁	Eco.	RMS ₂	Eco.	RMS _{HT}	Eco.	MS _{H1}	Eco.	MS _{H2}	Eco.	RMS _R
Riego													
224	4237 ^a	865	2617 ^a	224	1757 ^a	224	860 ^a	74	480 ^a	224	430 ^a	74	4860 ^a
74	3727 ^{ab}	74	2570 ^{ab}	190	1187 ^a	74	827 ^{ab}	224	440 ^{ab}	1608	397 ^{ab}	219	4643 ^a
184	3620 ^{ab}	224	2480 ^{ab}	74	1160 ^a	184	680 ^{ab}	184	427 ^{ab}	74	342 ^{bc}	224	3120 ^{bc}
μ	2660		1700		960		541		271		269		2532
77	1557 ^g	77	892 ^d	223	537 ^c	120	307 ^e	77	150 ^f	120	110 ^f	223	980 ^c
Sequía													
74	3663 ^a	209	2003 ^a	74	2620 ^a	112	530 ^a	209	383 ^a	224	296 ^a	16	2940 ^a
209	3546 ^{ab}	17	1590 ^{ab}	1608	1610 ^{ab}	202	523 ^{ab}	27	310 ^{ab}	219	266 ^b	92	2898 ^a
71	2680 ^{bc}	211	1520 ^{ab}	209	1543 ^{bc}	92	500 ^{ab}	47	293 ^{bc}	43	263 ^b	37	2520 ^{ab}
μ	2310		938		1082		407		228		122		2102
77	1390 ^c	1608	470 ^c	120	373 ^{bd}	16	270 ^g	219	123 ^d	184	176 ^d	22	1238 ^c

Rendimiento de Materia Seca Total (RMS_T), RMS cosecha uno (RMS₁) y dos (RMS₂); Rendimiento de MS de hoja (cosecha 1 y cosecha 2) RMS_{H1}, RMS_{H2}; Rendimiento de MS de raíz, RMS_R; Ecotipos, Eco. Literales iguales dentro de columna y tratamiento para riego y/o sequía no implican diferencia estadística (p≥0.05).

Los ecotipos bajo sequía mostraron mayor longitud de raíz respecto a aquellos bajo riego (p≤0.05; Cuadro 3). Bajo riego, la raíz dejó de explorar por humedad a 50cm de profundidad; mientras que, bajo sequía, los ecotipos exploraron toda la profundidad de macetas (p<0.05), con rangos de 26 a 41% de desarrollo radical por debajo de 50 cm de profundidad de suelo. El Ecotipo 74, destacado en RMS_T en sequía, mostró 26% de desarrollo radical por debajo de 50cm; mientras que, el Ecotipo 219, con excelente RMS_{H2} mostró 41% de RMS_R por debajo del estrato de 50cm (Cuadro 3). El desarrollo radical es importante para un excelente desarrollo de la planta y resistencia a sequía (Takahashi y Pradal, 2021) y, en gramíneas para pastoreo: cortes frecuentes y sequía. Se ha indicado que gramíneas desarrolladas bajo condiciones de sequía pueden producir rápidamente nuevas (*de novo*) coronas de raíz una vez aplicado el riego o en lluvias y no por reactivación de raíces; similarmente, bajo sequía, las raíces engrosan y reducen la cantidad de raíces laterales, para penetrar mejor suelos compactos y mejor exploración por humedad (Viana *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

Existe amplia variabilidad para responder a condiciones de sequía. Todos los materiales nativos toleraron más de 80 días de restricción total de humedad. El ecotipo 74 mostró buen

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

comportamiento para rendimiento de materia seca bajo humedad adecuada y condiciones de sequía. Junto con el ecotipo 219 que mostró buen desarrollo radical y producción foliar, representan los fisiotipos a considerar como destacados ante ambientes desafiantes. La sequía provoca que la raíz explore mayor profundidad de suelo con el fin de atender los requisitos de la planta.

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca de parte radical, largo de raíz, cociente raíz parte aérea, peso seco de raíz, por estratos, de 21 ecotipos de pasto gigante *Leptochloa dubia* (Kunth) Nees., mantenidas en sequía o riego, bajo condiciones de invernadero, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Eco.	RMS _{TR} (g pl ⁻¹)		LR (cm)		CRPA		Peso seco de raíz (g pl ⁻¹) por estrato (cm profundidad)									
	R	S	R ^b	S ^a	R	S	0-20		20-40		40-60		60-80		80-100	
							R	S	R	S	R	S	R	S	R	S
P-120	44.5	42.2	48.0	88.0	1.17	1.82	28.7	19.7	12.2	11.0	7.2	4.4	.	3.8	.	3.4
P-74	48.6	32.3	66.0	90.0	1.04	1.41	42.2	11.1	4.8	9.6	1.5	4.5	0.1	3.9	.	3.2
P-81	10.8	31.1	38.8	89.5	0.62	1.37	7.5	10.9	3.3	8.5	.	4.6	.	4.0	.	3.2
1608	45.5	33.6	25.5	90.0	4.23	0.90	51.8	11.3	13.7	9.4	.	4.5	.	4.5	.	3.9
P-219	46.4	32.8	22.5	90.0	2.91	0.83	33.6	11.9	12.8	10.5	.	4.2	.	3.3	.	2.9
P-224	31.2	38.9	34.5	90.0	2.19	2.03	46.5	12.7	14.7	10.2	.	9.3	.	3.8	.	2.9

RMS_{TR}: Rendimiento de materia seca total de raíz; LR, longitud de raíz; CRPA, cociente raíz: parte aérea; Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ($\alpha = 0.05$). Eco., ecotipo MSTR, MS total de raíz; LR, longitud de raíz; CRPA, cociente raíz: parte aérea; 0-20.....80-100, profundidad (cm).

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Erickson, VJ, NL Mandel, and FC Sorensen. 2004. Landscape patterns of phenotypic variation and population structuring in a selfing grass, *Elymus glaucus* (blue wildrye). *Can J Bot.* 82: 1776-1790.
- Holecheck, JL, RD Pieper, and CK Herbel. 2011. Range Management. Principles and Practices. Prentice-Hall. Inc. New Jersey. 501p.
- López-Castañeda, C. 2011. Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:907-918. (fecha de consulta en 11 de septiembre de 2022). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000300017&lng=es&tlng=es.
- McIntosh, MM, JL Holecheck, SA Spiegall, AF Cibisl, RE Estell. 2019. Long-term declining trends in Chihuahuan Desert forage production in relation to precipitation and ambient temperature. *Rangeland Ecology & Management.* 72: 976-987.
- Melgoza, A, CR Morales N, JS Siena, MH Rojo, G Quintana y T. Lebgue, 2008. Manual Práctico para la Identificación de los Principales Pastos en los Agostaderos de Chihuahua. 2da. ed. Unión Ganadera Regional de Chihuahua-Fundación PRODUCE Chihuahua. 214p.
- Morales NC, Quero AR, LeBlanc O, Hernández A, Pérez J, González S. 2006. Caracterización de la diversidad del pasto nativo *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr., mediante marcadores de AFLP. *Agrociencia.* 40: 711-720.
- Morales NCR, Rivero HO, Melgoza CA, Martínez SM, Jurado GP 2013. Caracterización morfológica y molecular de Diversidad forrajera del *Leptochloa dubia* (Poaceae), en Chihuahua, México. *Polibotanica.* 36: 79-94.
- Quero-Carrillo, AR, L Miranda J, JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 21: 63-85.
- Quero-Carrillo, AR, JF Villanueva-Ávalos, JF Enríquez-Quiroz, CR Morales-Nieto, ED Bolaños-Aguilar, J Castillo-Huchim, JJ Maldonado-Méndez. 2012. Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. CE Santiago Ixcuintla, Folleto Técnico 21. Santiago Ixcuintla, Nayarit. 47p.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Takahashi, H and C Pradal. 2021. Root phenotyping: important and minimum information required for root modeling in crop plants. *Breeding Science* 71: 109-116. doi:10.1270/jsbbs.20126
- Valladares, F, E Gianoli, and JL Gómez. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* 176: 749-763.
- Viana, WG, JD Scharwies, JR Dinneny. 2022. Deconstructing the root system of grasses through an exploration of development, anatomy and function. *Plant, Cell & Environment* 45:602-619. doi:10.1111/pce.14270

PROPÁGULOS GAMETOFÍTICOS POTENCIALES EN GRAMÍNEAS DE TEMPORAL ÁRIDO. *Pennisetum ciliare* L.

POTENTIAL GAMETOPHYTIC PROPAGULES IN GRASSES FOR ARID RAIN-FED CONDITIONS. *Pennisetum ciliare* L.

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Leonor Miranda Jiménez^{1*}, ¹Nancy Cadena Ramírez, ¹Raúl Plascencia Jiménez

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.

*Autor por correspondencia: lmiranda@colpos.mx

RESUMEN

La estructura de semilla de gramíneas puede modificarse para mejorar el peso específico y germinación del propágulo a sembrar. Se evaluaron parámetros físicos, pureza física y desplazamiento, por variación en la densidad específica de tres tipos de propágulo potencial en pasto Buffel *Pennisetum ciliare* L. Semilla de traspatio de Buffel fue adquirida y beneficiada mecánicamente a flósculo tradicional completo (FC), flósculo desaristado (FD) y cariósipide (Cs). Se demarcaron tres cuadros de 1m² en cancha deportiva donde se colocaron 100 propágulos de cada tipo: FC, FD y Cs con tres repeticiones en el tiempo y por tipo de propágulo. Se registró de 12:00 a 14:30 horas: velocidad del viento y desplazamiento fuera del m², así como los propágulos localizados para cada propágulo evaluado en toda la cancha, cada 10 min y al finalizar cada prueba. Los datos se analizaron mediante diseño completamente al azar y Tukey ($p \leq 0.05$) para separación de medias. Se detectaron diferencias en desplazamiento de propágulos ($P < 0.05$) fuera del cuadro. Las Cs no salieron del m² ($P \leq 0.05$). No hubo diferencias ($P \geq 0.05$) para desplazamiento entre FC y FD; sin embargo, el porcentaje localizado de FD a 2:30 hrs post-inicio del ensayo fue mayor ($p \leq 0.05$) para FD respecto a FC, con 34.3% y 12.3% de propágulos localizados, respectivamente. Se observaron diferencias en pureza física entre tipos de propágulo ($p \leq 0.05$). Existen ventajas entre diferentes tipos de propágulo potencial para la siembra de praderas de zonas áridas; las cuales aún no se aprovechan en la práctica. Se debe investigar más sobre germinación en campo.

Palabras clave: propágulo potencial, beneficio de semilla, densidad específica de semilla

ABSTRACT

Commercial seed structure of grasses may be modified in order to increase both its specific density and resultant propagule's germination for sowing. Physical traits, purity and displacement due to diverse specific density of three potential propagules for Buffelgrass *Pennisetum ciliare* L were evaluated. Commercial seed was bought and mechanically modified to whole traditional burr (floscule; FC), deawned burr (FD) and caryopsis (Cs). Three 1m² quadrants were marked within a basketball court and 100 each kind of propagule (FC, FD, and CS) were placed during several days and from 12:00 to 14:30 hrs both wind speed and propagule displacement out of the 1m² marked area, and propagule encounters within the court at the end of the evaluation. Data was analysed through a complete randomized design and Tukey ($p \leq 0.05$) for means separation. Differences for propagule displacement were registered ($p \leq 0.05$). The Cs did not move outside of the squared

meter. No differences were registered for displacement between FC and FD ($p>0.05$); however, found propagules after 2:30 hrs of wind exposition were different for FC and FD with 34.3% and 12.3%, respectively. Physical purity differences were found among propagule types ($p<0.05$). Hidden advantages do exist among propagule type for rain-prairies sowing within arid áreas and these are not yet used in practice. More research should be developed for germination among propagules.

Keywords: alternative propagules, seed benefit, seed's specific weight

INTRODUCCIÓN

Entre a diversidad de factores que determinan la probabilidad de éxito en el establecimiento de praderas de temporal árido y semiárido, la semilla a utilizar, es frecuentemente el único factor en las manos del técnico o investigador (Quero *et al.*, 2014). Bishaw *et al.* (2007) definían cuatro aspectos a incrementar para lograr la mayor calidad 1) Calidad física. 2) Calidad sanitaria. 3) Calidad genética 4) Calidad fisiológica. Las gramíneas nativas de México árido y aquellas no domesticadas presentan amplia diversidad de propagulos (**PROP**), todos los cuales cumplen con el concepto oficial de semilla (Ramírez-Segura *et al.*, 2022). En el caso de Buffel *Pennisetum ciliare* L., la inflorescencia es una panícula contraída con ramas primarias unilaterales tipo espiga, lo que resulta en tres posibles tipos de PROPs gametofíticos con potencial de uso para la siembra (Fig. 1; Fig. 2) y se pueden reconocer: 1) flósculo completo (**FC**). Ramas constreñidas conteniendo la espiguilla con una o dos flores fértiles y, por tanto, una o dos cariósides, denominado flósculo. Las ramas constreñidas proporcionan al FC aristas; las cuales reducen el peso específico del PROP permitiendo que este se disperse fácilmente por el viento y/o se adhiera a la piel de animales. Este FC comprende prácticamente el 100% de la semilla comercializada en México, de esta especie. 2) flósculo desaristado (**FD**). El beneficio mecánico puede eliminar gran parte de las aristas, especialmente aquellas que sobresalen al cuerpo del flósculo (Fig 3-derecha; las más largas). El FD puede ser “arropado” en la siembra con menos premura, dado su mayor peso específico respecto a FC. Las ventajas de utilizar FD incluyen a) se puede sembrar en surcos b) no se desplaza a terrenos vecinos durante la siembra c) mantiene brácteas protectoras de la cariósida d) mantiene germinación en “ondas” dado que no se eliminan factores naturales de latencia de semilla. 3) Cariósida (**Cs**). El beneficio industrializado del pasto puede liberar al Cs desde el flósculo que la contiene. Los beneficios del uso de Cs incluyen: a) nula dispersión por vientos fuertes, b) puede realizarse siembra en surcos o “al voleo” (Quero *et al.*, 2023; estas memorias) c) eliminación de factores de latencia presentes en las brácteas accesorias del flósculo d) mayor germinación. Otro beneficio del uso de FD y/o Cs es rápido establecimiento de pradera (al año de siembra). Los aspectos negativos del uso de Cs incluyen a) incremento de plántulas anormales por daño mecánico a la Cs durante el beneficio b) una onda de germinación única. Se determinaron los atributos físicos y el potencial de dispersión natural en cada tipo de PROP en esta especie; lo anterior como posible avance tecnológico en la siembra de PROPs de especies brozosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinaron parámetros físicos (longitud de flósculo, cuerpo del flósculo y de aristas), pureza física y capacidad dispersiva para cada tipo de propágulo (**PROP**): flósculo completo (**FC**), flósculo desaristado mecánicamente (**FD**) y cariósida (**Cs**; Fig. 2). Para determinar la capacidad

de dispersión de los diferentes tipos de PROP, se colocaron 100 PROPs al centro de un cuadrado delimitado con crayón en placa de cemento liso (cancha de básquetbol, construida en 1980, dividida en cuatro secciones). Durante varios días, al centro de tres de las cuatro secciones de la cancha de básquetbol se delimitaron tres cuadrados de 1m² donde se depositaron, al centro, cien PROPs de cada tipo en cada uno de tres tipos de PROP: FC, FD y Cs; tres cuadros a las 12:00; tres cuadros a las 12:03 pm y otros tres cuadros a las 12:06 pm. Cien unidades experimentales por repetición, tres repeticiones por horario (nueve en total).



Fig. 1. Diferentes tipos de propágulos factibles de utilizar en la siembra de praderas de gramíneas. Izquierda a Derecha: Flósculos completos; flosculos desaristados y carióspsides. Escala 1mm.

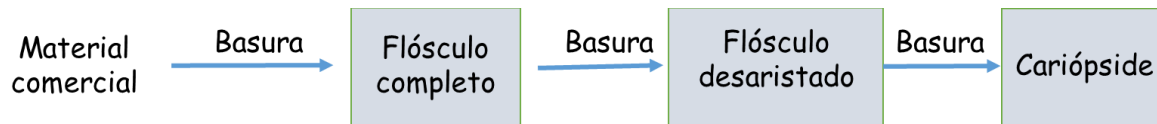


Fig. 2. Ruta de obtención de tres tipos de propágulo a partir de semilla comercial de pasto Buffel. Los recuadros indican el tipo de propágulo potencial para utilizar como semilla en la siembra de praderas

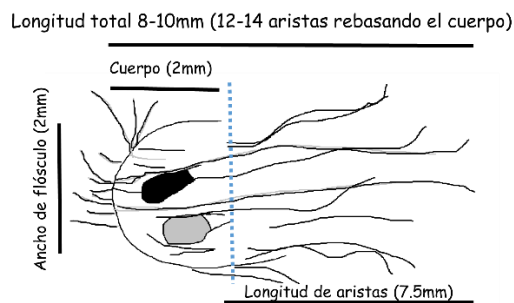


Fig. 3. Flósculo de Buffel y su representación gráfica con sus partes. Aristas duras rebasan, en hasta 7.5 cm, al flósculo (cuerpo). Con una o dos carióspsides.

Después de depositar el PROP correspondiente en los cuadros marcados, se midió el desplazamiento fuera del marco de PROP correspondiente (FC, FD y Cs), registrando cuántos permanecían dentro del cuadro; similarmente, durante el intervalo de conteo se buscaron por toda la cancha de básquetbol PROPs correspondientes a FC y FD; todo lo anterior, cada 10 minutos, en quince ocasiones, *i.e.* durante 150 minutos, de 12:45 a 15:15 horas. Se registró la velocidad mínima

y máxima del viento con anemómetro digital (Stereon Mod. HER-440), registrando lecturas cada diez minutos. Se eliminó el tratamiento Cs dado que no fueron desplazados fuera del cuadro marcado y con las velocidades registradas y estas se evaluaron únicamente para pureza física y siembra. Se localizaron y contaron los PROPs que aún permanecían a la vista, dado que el viento los seguía desplazando hacia una dispersión no localizable (fuera de la cancha). En quince ocasiones se determinó el número de PROPs presentes aún a la vista. Se realizó siembra mecanizada con Cs y FD utilizando boleadora de fertilizante (Quero *et al.*, en estas memorias) en el Rancho Santa Anita, Coyame, Chihuahua, donde se midió la dispersión de PROP Cs o FD. Los datos de desplazamiento y PROPs encontrados se analizaron mediante un diseño completamente al azar y Tukey ($p < 0.05$) para separación de medias. La información sobre dispersión en la siembra no se analizó, solamente se verificó la opinión del personal que participó en la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los PROPs tipo FC tuvieron un tamaño medio de 10mm, mostrando un cuerpo de flósculo de 2x2mm, con 14 aristas con longitud promedio total de 7.5mm más allá del cuerpo del flósculo. El FD mostró únicamente dos aristas con 7.5mm de longitud más allá del cuerpo del flósculo que no se modificó (Fig. 3; central); lo anterior, explica los resultados de velocidad de desplazamiento de PROP a comentar. Una vez beneficiado mecánicamente al PROP respectivo, se determinó su pureza física desde semilla cruda a aquella clasificada como Cs, FC y FD y de cada tipo de PROP a Cs (Cuadro 1). La semilla cruda comercial sin beneficio, mostró elevada contaminación de ramas, hojas y material extraño, registrándose, por peso un contenido de 17.4% de FC resultante del peso de la semilla cruda adquirida. La semilla se benefició mecánicamente, se limpió en túnel de viento y la resultante se evaluó, por peso, a contenido de FD, resultando en un contenido de 24%; similarmente, se benefició la semilla, mecánicamente, hasta Cs y se registró su pureza posterior a eliminación de contaminantes en túnel de viento, el producto resultante tuvo una pureza de 91.2% a Cs (Cuadro 1). La semilla comercial adquirida tuvo una pureza física a Cs de 6.7% por peso, *i.e.* para obtener 1 kg de Cs se requieren 1/0.067 kg de semilla comercial cruda (14.99 kg de semilla comercial). Para obtener 1k de Cs a partir de FD puro, se requieren 2.46kg y, a partir de muestra de FD como sale del beneficio se obtendría 1kg de Cs a partir de 10.04 kg de PROPs crudos de FD (datos no mostrados). Las velocidades máximas de viento detectadas durante las pruebas fueron 16 km h⁻¹, durante la evaluación de FC; 18.7 km h⁻¹, durante la de FD y 18.73 km h⁻¹, durante la de Cs. Se detectaron diferencias entre PROPs ($p \leq 0.05$; Cuadro 1), el Cs no se desplazó fuera del cuadro demarcado, bajo la velocidad máxima de viento registradas a 2-10 cm sobre el suelo (aspas del anemómetro; $p \leq 0.01$; Cuadro 1). En estas condiciones de viento, no se detectaron diferencias ($p \geq 0.05$; Cuadro 1) para desplazamiento entre FC y FD y respecto a PROPs remanentes en el cuadrante (Cuadro 1), con promedios de 2.4% de PROPs remanentes dentro del m² para FC y 1.6% para FD. Se registraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) respecto a PROPs localizados dentro de toda la cancha de básquetbol; lo anterior, entre FD y FC con promedios de 35.3% para FD y 12.3% localizadas para FC; lo anterior, al final de 15 conteos después de la exposición al viento.

Cuadro 1. Pureza física, desplazamiento, propágulos localizados, pureza física desde semilla comercial y del propágulo beneficiado al propágulo respectivo.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Tipo de PROP	Desplazamiento fuera de 1m ² (%)	Localizadas (%)	*Pureza física post-beneficio a:	**Pureza a cariósido (%)
Cariósido	0 ^a	100 ^a	91.2%	91.2
Flósculo completo	97.7 ^b	12.3.0 ^c	17.4%	6.7
Flósculo desaristado	98.4 ^b	34.3 ^b	24%	41.6

Para desplazamiento por viento y propágulo localizado: literales diferentes, dentro de columna, indican diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) *Pureza física de semilla beneficiada (como sale de la planta de beneficio) al PROP respectivo, por peso. ** Pureza física del propágulo puro (evaluado en laboratorio) a cariósido.

Al localizarse 34.3% de los PROPs FD dentro de la cancha de básquetbol y cero PROPs FC, es indicador que la velocidad de desplazamiento de los FD fue menor, lo que es indicador de que puede mantenerse por mayor tiempo dentro del terreno de siembra. La evaluación en condiciones de campo (Quero *et al.*, 2023) en rancho Santa Anita, donde se sembró con Cs y FD, no registró comentarios negativos respecto a su dispersión mediante siembra mecanizada; lo anterior, entre los campesinos y trabajadores que participaron en la siembra. Quero-Carrillo *et al.* (2007) no registraron diferencias en germinación entre PROPs FD respecto a FC, con germinación similar máxima de 21.7% y 23% para FD de reciente cosecha y con dos años de almacenado, respectivamente; indicando similarmente, que el Cs con palea mostró germinación máxima de 32%. El uso de Cs puro (sin palea) mostró germinación máxima de 73.3% para semilla recién cosechada y 67.7% para Cs con dos años de cosecha y liberado de las brácteas accesorias al momento de evaluación; las cuales, contienen ácido cafeínico que inhibe la germinación (Sharif-Zadeh y Murdoch, 2000). Por tanto, el beneficio mecanizado de semilla de pasto Buffel hacia FD o Cs posee ventajas para menor dispersión (FD) y mayor germinación para Cs. Quero-Carrillo *et al.* (2007) indicaban que en México, semilla de esta especie se comercializa sin certificación adecuada, abusando del consumidor por falta de etiquetado eficiente y que la producción es de traspatio y no recibe beneficio tecnológico (mejora de la pureza física hacia FC, FD o Cs) para su comercialización; similarmente.

CONCLUSIONES

Existen amplias diferencias de desplazamiento entre los diferentes tipos potenciales de propágulo. El uso de cariósido en las siembras puede mejorar la germinación y emergencia por eliminar factores físicos que provocan la latencia. El beneficio de semilla aumenta para flósculo desaristado y cariósido, la densidad específica de estos propágulos. El flósculo desaristado se desplaza más lento respecto al flósculo completo tradicionalmente utilizado en siembras. Se debe investigar sobre el efecto del beneficio sobre la germinación. Se propone que el etiquetado de semilla de pastos se mejore, reportando pureza física a cariósido o a tipo de propágulo potencial.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC): Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

Bishaw, Z, AA Niane, and Y Gan. 2007. Quality seed production. *In*: SS Yadav, DL McNeil, and PC Stevenson (eds.) Lentil: an Ancient Crop for Modern Times. Springer, Dordrecht, The Netherlands: 349-383.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Quero-Carrillo, AR, F Pastor L, L Miranda J, JF Enríquez Q. 2007. Comportamiento de la germinación en diferentes tipos de semilla beneficiada de pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* L. Sin. *Pennisetum ciliare* L. (Link). In: Memorias del IV Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. San Luis Potosí, SLP. pp: 60-66.
- Quero, CAR, O Baeza, AE Alarcón D, L Miranda J. 2023. Establecimiento de praderas en regiones semiáridas. Experiencia con apoyo de riego. Memorias del XII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Durango, Durango.
- Ramírez-Segura E, JA Maldonado-Jaques, I Torres-Salas y AR Quero-Carrillo. 2022. Atributos físicos y fisiológicos de semilla de pastos nativos de México árido. Rev. Fitotec. Mex. 45(4): 453-460. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.453>
- Sharif-Zadeh and A. J. Murdoch. 2000. The effects of different maturation conditions on seed dormancy and germination of *Cenchrus ciliaris*. Seed Sci. Res. 10: 447-457.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA ESPOROFÍTICA DE *Cenchrus purpureus* EN
CONDICIONES DE CLIMA TEMPLADO

SPOROPHYTIC SEED PRODUCTION OF *Cenchrus purpureus* UNDER TEMPERATE
CLIMA IN CENTRAL MEXICO

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Milton Javier Luna Guerrero¹, Leonor Miranda Jiménez^{1*},
Nancy Cadena Ramírez¹, Edith Ramírez Segura²

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.

²INIFAP, Ojuelos, Jalisco

*Autor por correspondencia: lmirandaj@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la producción de semilla esporofítica en *Cenchrus purpureus* variedad OM-22 (2021 a 2023) a 2200 msnm, Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Edo. de México. En 2021 se sembraron esquejes, se regaron durante el experimento, excepto en lluvias. No se evaluó producción de forraje ni se fertilizó. Se evaluó el efecto de defoliación del macollo sobre la viabilidad de yemas (año 1) y la viabilidad de yemas sin defoliar (año 2). Los datos se analizaron bajo diseño completamente al azar y Tukey ($p \leq 0.05$) para separar medias. Año 1 (2022). Las plantas alcanzaron 2.9 m, se determinó sobrevivencia de yemas nodales en: a) testigo, sin defoliación; b) eliminación foliar total, c) eliminación foliar (mitad superior del macollo) d) eliminación foliar (mitad basal del macollo). Se observaron diferencias ($p \leq 0.05$), la sección nodal basal mostró mayor diámetro al defoliar totalmente la caña ($p \leq 0.05$). Se observó mayor número de yemas verdes al defoliar totalmente la caña ($P \leq 0.05$). Durante 2023, se evaluaron esquejes binodales en base a diámetro del entrenudo central. Se categorizó por diámetro y posición sobre el fitómero: Basal, Intermedio-basal, Intermedio-superior y Superior. Los esquejes binodales se sembraron en macetas de 8l y se evaluó sobrevivencia. No se observaron diferencias por origen (basal, intermedio o superior) de yemas axilares ni para diámetro central del fitómero ($P \geq 0.05$). Las temperaturas bajas extremas alcanzaron niveles de -2°C en enero en ambos años. Es posible producir buena cantidad de semilla esporofítica eliminando la combinación de estrés por sequía y frío, mediante la aplicación de riego.

Palabras clave: semilla de pasto, sobrevivencia invernal de semilla

ABSTRACT

Sporophytic seed production potential was explored for *Cenchrus purpureus* cv. OM-22 (from 2021 to 2023) at the Mexican Central Plateau (2 200 masl) at the Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Edo. de México. During 2021 original clonal vegetative material was sown and irrigated except during the rainy season. No forage production nor fertilization were evaluated. Tiller defoliation effect was evaluated on bud viability. Data was analyzed through a completely randomized design and Tukey test ($P < 0.05$) for means separation. Year 1 (2022). At fall ending, plant's total height reached 2.9 m and axillary bud survival was evaluated for: a) undefoliated tiller axis as placebo, b) total defoliation on tiller axis c) defoliation of upper half of tiller axis, d) defoliation of the lower half of tiller axis. Differences were observed ($P < 0.05$), basal stem section showed wider diameter under full defoliation. Higher number of viable (green) buds was recorded at full tiller defoliation ($p \leq 0.05$). Year 2 (2023). Tiller sections containing two nodes (two

phytomers) were evaluated and classified by internode's central diameter as well as its position on the tiller axis: basal, intermedium-basal, intermedium-upper, and upper. Binodal tiller sections were sown in 8 l pots to evaluate bud's survival and no differences were detected both for diameter or section of the phytomer on the axis ($p \geq 0.05$) one month after sowing. Winter temperatures reached -2°C without chilling factor consideration, during January for both years. It is possible to produce sporophytic seed eliminating winter drought stress through irrigation.

Keywords: grass seed, sporophytic seed, seed winter survival.

INTRODUCCIÓN

Las cañas de corte incluye especies y variedades forrajeras con muy altas tasas de crecimiento en condiciones tropicales (Villanueva-Ávalos *et al.*, 2022), pueden utilizarse para 1) corte y acarreo, pastoreo, 2) ensilado, 3) biomasa y bioenergía (Pereira *et al.*, 2021); estos autores, no indican las alturas óptimas para cada proceso que pueden indicarse de 90 a 100 cm, 100 a 200 cm y más de 200 cm, respectivamente; similarmente, con potencial para producción de bioenergía y papel (Daud *et al.*, 2014), dado que posee valores calóricos del triple de switchgrass y 0.7 del carbón (Cardona *et al.*, 2014). Durante la temporada de calor esta especie tiene elevadas tasas de acumulación de forraje y crece eficientemente en altiplanos o regiones norteñas de inviernos severos que limitan su crecimiento y supervivencia invernal. La multiplicación clonal a través de semilla esporofítica (vegetativa) es el método más común de propagación e implica dificultades de almacenamiento de tallos viables por periodos prolongados y elevados costos de transporte y siembra (Pereira *et al.*, 2021). Diversos productores han intentado producir forraje de esta especie en condiciones de Altiplano; por tanto, la disponibilidad oportuna y adecuada de semilla vegetativa, lo que complica la siembra en estas regiones; lo anterior, debido la coordinación requerida en las diversas actividades implícitas para siembra fuera de los trópicos: cosecha, traslado eficiente y siembra oportuna (con semilla viable). Por tanto, es importante generar tecnología que reduzca el riesgo de pérdida de semilla por manejo desde cosecha a la siembra. La producción local (Altiplano y regiones norteñas) de semilla esporofítica es escasa, dado que la madurez del rebrote para desarrollar yemas maduras debe ser alrededor de 150 días y la siembra queda limitada por el periodo libre de heladas. En el valle de Durango (Nava-Berumen *et al.*, 2021), reportan una pradera en producción desde 2013 con realizaron corte de homogenización el 15 de marzo y cortes de evaluación a 60, 90, 120 y 150 días, aproximadamente: 14 de mayo, 13 de junio, 13 de julio y 12 de agosto. La semilla estaría lista para su siembra después del 12 de agosto y las plántulas requieren buen desarrollo para sobrevivir latentes la época invernal. En condiciones templadas de Durango Maldonado-Quiñones *et al.* (2021) reportan producción en un solo corte a 60, 90, 120 y 150 días de rebrote, de 4.5, 10.9, 15.1 y 24 toneladas de forraje seco al año siguiente de la siembra y para cosechas estimadas en mayo, junio, julio y agosto, respectivamente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esquejes de *Cenchrus purpureus* cv OM-22, procedentes de Nayarit, fueron establecidos en marzo de 2021 en parcela de 4m x 20 m a densidad de 20 000 plantas por hectárea. La parcela se estableció en clima templado en el área agrícola del *Campus* Montecillo del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México, con lluvias en verano (precipitación anual de 558 mm) y altitud de 2240 msnm. La parcela se regó, excepto en época de lluvias y no se cosecho la semilla hasta inicios de primavera de 2022 (28 de marzo), destinándose a producción de semilla esporofítica *i.e.* pasó la temporada completa de invierno con la altura que alcanzó el eje del macollo. Subparcelas de 20m², hacia el centro de parcela, se marcaron para aplicar tratamientos.

Primer año. En noviembre de 2021, macollos sin cosechar se sometieron a tratamientos de defoliación para enfrentar el invierno: todo el macollo, defoliación intermedia inferior, defoliación intermedia superior y defoliación superior (Fig. 1). Cinco macollos conformaron una repetición y se evaluaron 10 repeticiones por tratamiento. En marzo de 2022 se cosecharon tallos completos y se determinó altura total de planta y por sección de macollo: número de nudos, número de yemas axilares vivas, diámetro exterior de caña en la base y punta del eje del macollo. Inmediatamente, fitómeros completos con dos nudos (esquejes) de cada tratamiento de defoliación se sembraron en macetas de 8l y se colocaron en condiciones de invernadero en marzo de 2022 para evaluar sobrevivencia de yemas.

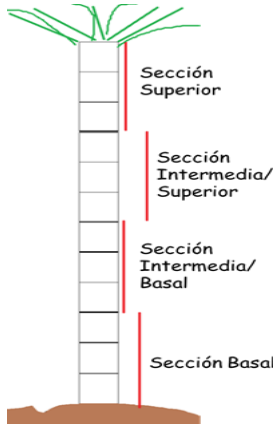


Fig. 1. Eje del macollo y secciones evaluadas.

Segundo año. Durante primavera-invierno de 2022 la misma parcela se mantuvo en condiciones de riego, sin podar ni defoliar para enfrentar el invierno 2022-2023. Se cosecharon tallos completos tanto en febrero como en marzo de 2023 y se sembraron fitómeros completos (dos nudos; Fig. 2); los cuales, se clasificaron por grosor de entrenudo central, se sembraron en macetas de 8l y se conservaron en invernadero; lo anterior, con el fin de evaluar sobrevivencia de yemas axilares por sección, un mes después de siembra. Para la evaluación de ambos años cumplió con los supuestos del análisis de varianza. Se realizó prueba de Kruskal-Wallis para datos no paramétricos y se detectaron diferencias significativas entre tratamientos en cada cosecha; posteriormente, los datos se estandarizaron en rangos con Proc Rank y los datos para cada año se analizaron mediante diseño Completamente al Azar y Tukey para separación de medias ($p \leq 0.05$).

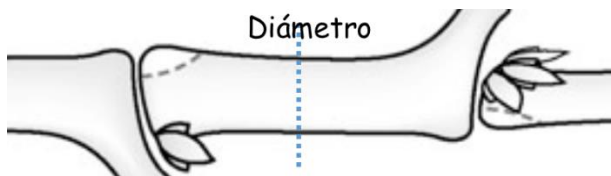


Fig. 2. Fitómero completo con dos yemas axilares (dos nudos). La medición de diámetro se registró al centro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias entre tratamientos ($p \leq 0.05$; Cuadro 1). La defoliación total resultó en mayor número de yemas viables (verdes) en las cuatro secciones del tallo ($p < 0.05$); lo anterior, respecto al testigo sin defoliar y, similarmente, en mayor diámetro de entrenudos ($p < 0.05$) en todos los tratamientos de defoliación respecto al tratamiento sin defoliar y para todas las secciones del tallo ($p < 0.05$). La parte superior del macollo mostró mayor concentración de entrenudos; los cuales fueron más cortos y de menor diámetro ($p \leq 0.05$; Cuadro 1). La defoliación de tallos y sobrevivencia de yemas, en Texcoco, implica que se puede utilizar el forraje presente antes del arribo de heladas sin afectar el potencial de producción de semilla esporofítica; sin embargo, es una actividad viable especialmente en explotaciones familiares “manejando” y guardando forraje henificado, dada disponibilidad súbita y abundante de hoja en octubre/noviembre, antes del arribo de la primer helada, que reduzca drásticamente la calidad de la hoja.

Segundo año. Durante todo el 2022, la parcela de producción de semilla esporofítica se mantuvo nuevamente en condiciones de riego y sin defoliación invernal. En febrero y marzo de 2023 se cosecharon tallos completos a ras de suelo, se dividieron en fitómeros completos con dos nudos

sanos y se clasificaron por diámetro de entrenudo central (Fig. 2). Los fitómeros se clasificaron por diámetro central del entrenudo: T₁, 9.5 a 15 mm; T₂, 15.0 a 16.9 mm; T₃ 17 a 19 mm; similarmente, se clasificaron por su posición en el eje del macollo: Basal, Intermedio-Basal, Intermedio-superior, Superior. En el primer corte (Febrero, 2023) se cosecharon 50 fitómeros (100 yemas) originarias de seis macollos (cañas) completos, con 81 % de yemas vivas visibles. Se tuvo diferente número de unidades experimentales (fitómero; 5 a 9) por repetición (tres repeticiones por tratamiento). En el segundo corte (Marzo, 2023) se cortaron seis macollos (cañas) completos, con 82 % de yemas vivas (verdes) visibles. Se tuvo diferente número de unidades experimentales (fitómeros; 4 a 9) por repetición (tres repeticiones por tratamiento). El corte de febrero y marzo se sembró en macetas de 8l y se mantuvieron bajo riego en invernadero. Un mes después de la siembra se evaluaron las plántulas vivas. No se detectaron diferencias entre mes de siembra (p<0.05). El diámetro de entrenudo fue diferente en la siembra de febrero de 2023 y los esquejes de mayor diámetro (17-19 mm) resultaron en mayor número de plántulas respecto a los menores diámetros. Para la siembra de marzo, los esquejes desde 15 a 19 mm mostraron mayor número de plántulas respecto a esquejes de menor diámetro (p<0.05). Esto es, conforme aumento la temperatura y el esqueje se mantiene en la planta, se observa mayor sobrevivencia de yemas. Los esquejes (fitómeros) basales muestran consistentemente mayor grosor; por tanto, pueden preferirse para la siembra y, en caso de que esta se retrase por disponibilidad de riego, pueden utilizarse yemas de partes superiores del eje del macollo.

Cuadro 1. Desarrollo de planta, número de nudos y yemas verdes (viables) visibles en la producción de semilla esporofítica de *Cenchrus purpureus* cv OM-22

Tratamientos	Longitud de planta (m)	Número de nudos por sección del tallo				Número de yemas verdes por sección del tallo			
		Basal	Intermedia/basal	Intermedia/superior	Superior	Basal	Intermedia/basal	Intermedia/superior	Superior
TSD	2.85 ^b	3	3 ^b	3 ^c	6 ^c	1 ^b	2 ^b	2 ^b	2 ^c
DT	2.97 ^a	3	5 ^a	4 ^b	11 ^a	2 ^a	4 ^a	4 ^a	10 ^a
DMS	2.88 ^b	3	2 ^b	5 ^a	10 ^b	2 ^a	2 ^b	4 ^a	7 ^b
DMI	2.83 ^c	3	2 ^b	4 ^{bc}	7 ^c	2 ^a	2 ^b	2 ^b	2 ^c
Media	2.88	3	3.0	3.96	8.42	2	2.38	2.75	5.33
Significancia	*	ns	**	**	**	**	**	**	**

Diferente literal dentro de columna indica diferencias significativas entre tratamientos con tukey (p<0.05) Significancia: * significativo y ** altamente significativo con ANOVA (p<0.05) TSD= Testigo sin defoliar; DT= Defoliado total; DMS= Defoliado mitad superior del macollo; DMI=Defoliado mitad inferior del macollo.

La siembra con semilla esporofítica (clonal) es un proceso normal para el establecimiento de praderas genéticamente consistentes en el trópico. Las desventajas de este método de siembra incluyen la corta vida de anaquel de los fitómeros como semilla, altas tasas respiratorias que agotan las reservas nutricionales de las yemas, las elevadas temperaturas por su “empacado” lógico para el transporte, costos elevados de transporte y siembra, entre los principales. Se ha señalado que fitómeros como semilla madura deben desarrollarse en un rebrote desde 100 a 120 días (5.3 a 6.0 meses; Pereira *et al.*, 2021). El periodo libre de heladas en regiones como Durango comprende de abril a noviembre y heladas intermitentes desde noviembre a marzo. Maldonado-Quñones *et al.* (2021) indican el establecimiento de praderas de cañas de corte *Pennisetum* spp., durante el mes de agosto y su material sobrevivió el primer invierno sin riego, en latencia, en Durango; lo anterior, indica que las coronas se vuelven latentes durante el invierno y sobreviven hasta rebrotar por el riego en febrero. Estos autores evaluaron la producción de forraje de febrero a agosto al segundo año. La producción de semilla puede lograrse en estas regiones, dado que se tendrían más de 120

días libres de heladas. Con cortes cada 60 días de mayo a agosto, Maldonado-Quiñones *et al.* (2021) pudieron haber dado, teóricamente, 2.5 cortes. Los autores utilizaron un año gregoriano lograr la producción de forraje (agosto del año 1 hasta agosto del 2), regando para lograr desarrollo a sobrevivencia de la planta ante el invierno. Los resultados de este experimento pueden habilitar la siembra en marzo y cosechas hasta septiembre del mismo año de siembra (seis meses) con ahorro en gasto de energía y agua, por los riegos y, potencialmente, con una producción similar de forraje.

CONCLUSIONES

La producción de semilla esporofítica durante el invierno en *Pennisetum* spp., es posible para realizar siembras a principios de primavera, una vez que la temperatura ambiental sea adecuada en regiones templadas. La supervivencia de yemas axilares con defoliación de la caña es benéfica para la calidad de yemas. La cosecha de esquejes en febrero requiere de cañas gruesas y, conforme aumenta la temperatura, en marzo, la producción de plántulas es mayor a menor diámetro de entrenudo. Existe un excelente potencial de producción de semilla esporofítica en esta especie, para su utilización en condiciones de clima templado una vez que las heladas han finalizado (primavera temprana) ahorrando gastos en riego y energía por siembras en agosto y cosechas hasta mayo ó incluso para utilizar el terreno destinado a producción de forraje de caña con algún cultivo invernal (agosto-marzo) sembrándolo a partir de marzo. Se puede sembrar a finales de marzo, regar y cosechar a partir de mayo.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

LITERATURA CITADA

- Cardona, EJ, R Juan, and R Luis. 2014. Effects of the pretreatment method on enzymatic hydrolysis and ethanol fermentability of the cellulosic fraction from elephant grass. *Fuel* 118: 41-47. <https://doi.org/10.16420/j.issn.0513.10.055>
- Daud, Z, M Hatta, A Kassim, A Mohd A, and H Awang. 2014. Analysis of Napier grass (*Pennisetum purpureum*) as a potential alternative fibre in paper industry. *Material Res. Innovations* 18: 18-20. <https://doi.org/10.16420/j.issn.0513.10.055>
- Maldonado-Quiñones, H, FO Carrete-Carreón, O Reyes-Estrada, JF Sánchez-Arroyo, M Murillo-Ortiz y EE Araiza-Rosales. 2021. Rendimiento y valor nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp.) a diferentes edades. *Rev. Fitotec. Mex.* 44(2): 143-149.
- Nava-Berumen CA, FO Carrete-Carreón, R Rosales-Serna, O Reyes-Estrada, PA Domínguez-Martínez y E. Herrera-Torres. 2021. Rendimiento y calidad de forraje obtenido con el pasto maralfalfa cosechado a diferentes edades de rebrote en Durango, México. *Investigación y Ciencia. UAA* 29(84). <https://doi.org/10.33064/iycuaa2021843070>
- Pereira VA, LM de Andrade, Campolina JM, CA de Miranda G, CE Martins, FJ de Silva L, R Figueiredo D. 2021. Elephantgrass, a tropical grass for cutting and grazing. *Animal Science (Invited Literature Review)*. 16(3) e9317.2021. DOI: 10.15039/agraria.v16i3a9317.
- Villanueva-Ávalos, JF, A Vázquez-González, AR Quero-Carrillo. 2022. Atributos agronómicos y producción de forraje en ecotipos de *Cenchrus purpureus* en condiciones de trópico subhúmedo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 27(especial).9p. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3147>

ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS EN REGIONES SEMIÁRIDAS. EXPERIENCIA CON APOYO DE RIEGO

EXPERIENCES ON PRAIRIES ESTABLISHMENT IN ARID LANDS. IRRIGATED CONDITIONS

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Óscar Baeza², Alan Eduardo Alarcón Díaz², Leonor Miranda Jiménez^{1*}

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP

²Productor privado. Coyame, Chihuahua. 56230.

*Autor por correspondencia: lmirandaj@colpos.mx

RESUMEN

Documentar procesos y resultados en siembra bajo condiciones semiáridas es de importancia para acumular experiencias que apoyen la toma de decisiones en futuras siembras; lo anterior, dada la diversidad de condiciones a encontrar en regiones semiáridas del país. Mejorar el establecimiento es importante para incrementar la frecuencia de siembras modulares exitosas en el pastizal. Se desmontaron, despedraron y rastrearon 70 hectáreas de matorral espinoso con gobernadora y toboso con altos niveles de suelo desnudo, en Coyame, Chihuahua. El pH fue de 8.1, suelos francos, con 0.8% de contenido de materia orgánica. Se sembraron 4 kg de SPV de pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* en seco y se tuvieron problemas por presencia de piedra y troncones, que impidieron sembrar con equipo validado en 2022. Se sembró a “tierra venida”. Se evaluaron dos tipos de propágulo: cariósido desnudo y flósculo desaristado, ambas con mucho mayor densidad específica del flósculo tradicionalmente utilizado con aristas normales; lo anterior, evitó que el viento arrastrase el propágulo utilizado. El suelo alcanzó capacidad de campo 18 horas después del riego, momento en que se rastreó con tablón pesado detrás de la rastra; inmediatamente, se sembró al voleo (cariósido o flósculo desaristado) y se tapó la semilla con ramas + rodillo apisonador o rodillo apisonador únicamente. Los cuatro tratamientos (dos propágulos y dos métodos de tapado) resultaron en buena emergencia, con escasos manchones sin planta y dominando áreas con elevada frecuencia de plántulas, desde 30 a 200 plántulas m⁻². Se discute el manejo de siembra y los resultados observados.

Palabras clave: pastizales, riego, aridez.

ABSTRACT

Documenting both procedures and results on prairies establishment management is important in order to increase experiences to support decisions making for future sowings due to the wide diversity of conditions within semiarid regions of Mexico. Prairies establishment improvement is important in order to promote higher frequency of modules within the rangeland. Seventy hectares of thorny vegetation also with *Larrea* spp., *Hilaria mutica* and high levels of nude soil, were broken up, stone cleaned and harrowed in Coyame, Chihuahua. Soil' pH is 8.1, sandy loam with 0.8% of organic matter content. Four kg of PGS of Buffel grass *Cenchrus ciliaris* were applied per hectare on dry conditions and wide operational problems were observed for the use of validated sowing equipment, mainly tree roots and big stones. Then the sown was performed on irrigated conditions. Once the soil reached adequate humidity (18 hrs after ending irrigation) soil was harrowed and two propagules sown 1) nude caryopsis, 2) floscule without bristles using two seed protection procedures: a) branches+tamping down with rolling b) rolling alone to tamping down.

All sowing treatments resulted in irregular plantlet emergence. Low frequency nude areas were detected. Dominant areas with density from 30 up to 200 plantlets per square meter were detected. Also, plant development showed wide diversity with plants flowering and with poor development 60 days after sowing. Planting management and the observed results are discussed.

Keywords: grasslands, irrigation, aridity.

INTRODUCCIÓN

La siembra de praderas en condiciones semiáridas es desafiante; lo anterior, debido a diversos factores entre los que se pueden mencionar el extremadamente bajo contenido de materia orgánica, pH alcalino, diversidad de tipos de textura de suelo y topografía irregular, entre otros. Conviene, por tanto, publicar el mayor cúmulo de experiencias posibles que documenten las condiciones de las, cada vez más escasas, aventuras económicas y ecológicas de propietarios que se deciden a tomar este riesgo. Una vez superada la disponibilidad de humedad, se presentan retos a resolver para consolidar el establecimiento de la pradera. La condición semiárida provoca que una mala metodología de siembra reduzca la disponibilidad de humedad para las plántulas en pocos días e incluso horas; lo anterior, debido en que en cada riego, el suelo entra en ciclos frecuentes de saturación/sequía que afectan la consolidación de plántulas (Quero *et al.*, 2014). Por tanto, generar recomendaciones y reportar resultados es de gran importancia para generar estrategias para enfrentar sólidamente esta aventura, tecnológica complicada. Rancho Santa Anita, en Coyame, Chihuahua aceptó el reto de establecer praderas bajo condiciones de riego en suelos nunca abiertos a la agricultura y brindó apoyo ilimitado para establecer praderas de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El rancho Santa Anita se ubica en el Municipio de Coyame, el cual está a 105.2500 °W; 29.4500 °N, a 1220 msnm, en la región nororiental del estado de Chihuahua, el promedio de precipitación para primavera es de 26 mm; verano, 116 mm, otoño 89 mm; invierno, 46 mm. La cantidad de precipitación para el periodo de crecimiento de especies de verano es de 205 mm en verano y otoño; lo anterior, representa el 74 % de la lluvia total anual. La precipitación más baja ocurre en primavera con 16.6 %. La temperatura máxima media es de 44 °C durante el mes de junio y la temperatura media promedio, de 0 °C para el mes de diciembre. Clima muy seco, templado, con lluvias en verano (BWkw(x'); SGICH, 2003). Se desmontaron, despedraron y rastrearon 70 hectáreas de agostadero en suelos nunca abiertos a la agricultura, profundos (pH 8.2; 0.81 de materia orgánica y textura desde franco a franco arenoso). Se utilizaron dos tipos de propágulo de pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* variedad Común (Americano, T4464): cariósido y flósculo desaristado, ambos con mayor peso específico que el flósculo tradicionalmente utilizado; el cual, es fácilmente desplazado por el viento (Quero *et al.*, 2023). Se sembró a dosis de 4 kg de SPV ha⁻¹. Se sembró en seco con sembradora validada (Quero y Miranda, 2022); sin embargo, la presencia de piedra y troncos de raíces de arbustivas impidieron la calibración correcta de la profundidad de siembra, con resultado de una extremadamente baja emergencia de plántula (3 plantas m⁻²). Se procedió a siembras a tierra venida. Se regó con 20 mm de lámina de riego e inmediatamente, cuando el suelo alcanzó capacidad de campo, se rastreó con cuadro metálico pesado del ancho de la rastra y 2.5 m de longitud; el cual, se arrastró detrás de la rastra para reducir la presencia superficial de terrones grandes que provocaran la pérdida acelerada de humedad. Inmediatamente después del rastreo se procedió a sembrar evaluando dos tipos de propágulo: cariósido y flósculo desaristado; y dos métodos de tapado: rastra de ramas + apisonado con rodillo y únicamente rodillo

apisonador. La precipitación registrada en el rancho de trabajo fue de 25mm el 17 de mayo de 20 mm el 6 de julio; posterior a estas precipitaciones, no se han presentado lluvias mayores a 2mm; por lo que, al 12 de agosto, se considera que el año ha sido muy seco. Para estos dos eventos el rancho no tenía rastra disponible. La siembra en seco se había finalizado el seis de julio y ninguno de estos dos eventos se aprovechó para el avance de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron tres métodos de siembra: 1) sembradora con depósito de semilla de 1 a 2 cm de profundidad (teórica); 2) siembra superficial, en seco, con sembradora y arrastre de cadenas para tapado 3) riego pre-siembra y rastreo a capacidad de campo. Los resultados y situaciones encontradas se documentan a continuación. 1) **Siembra en seco con sembradora.** La abundancia de troncos de raíces de arbóreas y arbustivas afectó, en alta frecuencia, la condición de los ganchos de la sembradora rompiéndolos e impidiendo calibrar de forma eficiente la profundidad de siembra. Sembradora validada en Nochixtlán, Oaxaca y Zimapán, Hidalgo (Quero y Miranda, 2022). Se aplicaron riegos (4mm de lámina) a intervalos de una semana y se observó extremadamente baja emergencia de plántulas (3 m^{-2}); lo anterior, como resultado tanto de mala profundidad de siembra como prolongados intervalos de riego, ampliando los ciclos de sequía extrema del suelo después de saturarlo. La humedad penetró 3 cm. El suelo perdía esta humedad 6 horas después de finalizado el riego; el cual, siete días después provocó mortandad de semilla y plántula. En esta región, el suelo alcanza temperaturas superiores a 50°C y la sequía extrema se alcanza al segundo día post-riego. Las plántulas no se consolidaron.



Desmante y despedrado de terreno de agostadero, durante abril-junio 2023. Tractor articulado y rastra de levante con discos de 28”

Implemento de siembra. Puede apreciarse el tamaño de rodillo apisonador. Los ganchos se rompían con frecuencia debido a la presencia de troncos de raíz y piedra. Las personas sentadas van distribuyendo de forma manual la semilla.

2) **Siembra superficial “en seco” y tapado con arrastre de cadenas detrás de la sembradora.** Se utilizó sembradora de patente modificada para que los ganchos solo afloraran en suelo y la semilla callera por delante del gancho; el cual, aflojaba para la caída de semilla y cadenas de arrastre la arropaban, dejando una siembra superficial. No se utilizó rodillo apisonador, dado que la siembra se realizó en seco. Se regó inmediatamente y se mantuvo riego cada tercer día.

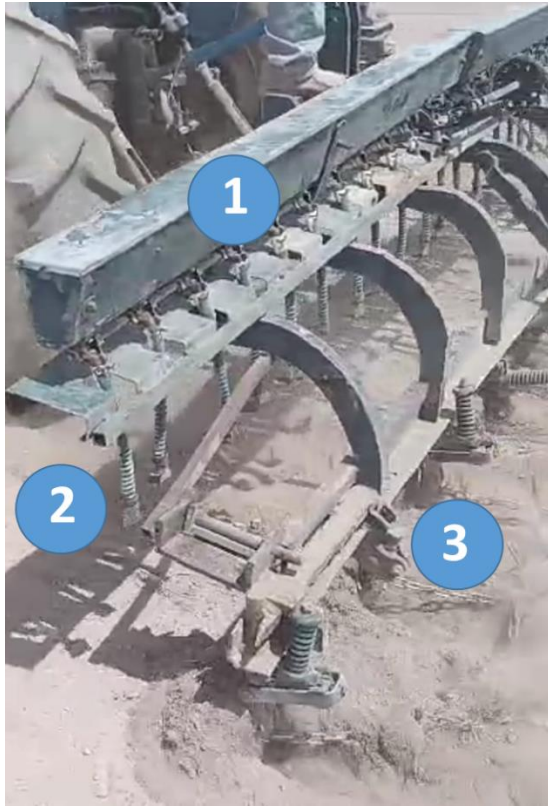


Fig. Izq. 1) Depósito de semilla. La sembradora se utilizó únicamente con cariósipide 2) Mangueras (seltas) de caída de propágulo 3) Sobre el terreno se distinguen las cadenas de arrastre para el tapado superficial de semilla.

En las fotografías siguientes (abajo), por el contraste de color en el suelo, puede notarse el contenido de humedad cercano a capacidad de campo en el rastreo. Detrás de la rastra, se arrastró un bastidor pesado que promoviera la mejor distribución de suelo y tapado de grietas o huecos grandes que resultasen en acelerada pérdida de humedad; promoviendo similarmente, el aflojamiento de terrones. El propágulo (cariópide y/o flósculo desatistado) se diluyó con suelo y se voleó con fertilizadora en el tractor.



3) **Siembra a “tierra venida”**. Se aplicó riego de 20 a 25mm. El suelo alcanzó capacidad de campo de 12 a 18 horas posterior a finalizado el riego (muy rápido). Se rastreó inmediatamente, lo más cercano a capacidad de campo. El uso del tablón detrás de la rastra; el cual, promovió la reducción de espacios abiertos con terrones o zanjas que promovieran la rápida pérdida de humedad; lo anterior, distribuyendo encima el suelo con tamaño más pequeño de partícula. El bastidor utilizado como “tablón” para distribuir suelo de pequeño tamaño de partícula tuvo un ancho igual al de la rastra y 2.5m de longitud. La tabla de siembra estuvo determinada por el alcance de riego y la longitud de manguera alimentadora del cañón de riego de 60m x 300m (1.8 has por ancho de riego), respectivamente; esto es, un área aproximada a 18 000 m²; por tanto, se pueden sembrar, con este frente de riego, una tabla diaria (dada la velocidad de pérdida de humedad). La siembra se realizó inmediatamente después del rastreo, “voleando” la semilla utilizando los dos tipos de propágulo calibrando implemento boleador de fertilizante para distribuirla. Debido al tamaño de cariósipide y cantidad de propágulo a sembrar se utilizó suelo del mismo terreno para diluir el propágulo correspondiente y se comprobó que el aire de velocidad variable, entre 10 a 25 km hora⁻¹, no

afectara la distribución homogénea del flósculo desaristado. La distribución ocurrió de forma adecuada a pesar de la velocidad máxima del viento. Posterior a la distribución de semilla, se pasó el rodillo apisonador lleno a 2/3 de agua, para darle mayor peso. Se dejó reposar el terreno durante una semana para promover germinación. No se dejó reposar más tiempo por bajo contenido de humedad y se regó con una frecuencia cada tres días (riego -1er día, dos días sin riego). Esta frecuencia de riego se decidió en base a la condición visual del suelo en contenido de humedad. Durante la postsiembra no ha llovido. Se han presentado precipitaciones no mayores a 2mm y temperaturas del aire superiores a 40°C con intensa radiación solar. Se ha señalado que una siembra exitosa es aquella que presenta, al mes de realizada una densidad de 30 plantas m⁻² (Quero *et al.*, 2014). La emergencia de plantas en el terreno sembrado con la segunda y tercer metodología se expresó en manchones, con bajos manchones sin planta y con abundancia de manchones con 30 a 200 plantas m⁻²; por tanto, se puede indicar que estos dos métodos de siembra han sido exitosos y que se debe seguir con los riegos con la mayor frecuencia posible debido a la dinámica de saturación/psmp del suelo.



CONCLUSIONES

Ganaderos que se arriesguen a realizar siembras bajo condiciones de aridez son, por condiciones naturales, escasos. Se debe aprovechar cada oportunidad para documentar este proceso de forma adecuada. El mejor método de siembra, mismo que se seguirá con fecha límite hasta el 30 de agosto de 2023 incluye: 1). Riego pesado a tierra venida 2). Rastreo con tablón, inmediato al alcance de capacidad de campo 3). Siembra inmediata post-rastreo. 4). Tapado con rodillo apisonador. 5) Reposo del terreno durante 4 a 6 días 6). Inicio de riegos (ciclos saturación/sequía) con buena probabilidad de emergencia y desarrollo de plántula.

AGRADECIMIENTOS

Al Rancho Santa Anita, Coyame, Chihuahua, por el apoyo incondicional y sostenido para el desarrollo de esta siembra. A la LGAC: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- CONAGUA. Comisión Nacional del Agua. 2023. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Estadistica/8247.pdf>. Consultado el 10 de agosto de 2023.
- Quero-Carrillo, AR, L Miranda-Jiménez, FJ Hernández G y FA Rubio A. 2014. Mejora del Establecimiento de Praderas. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31p.
- Quero, CAR y L Miranda J. 2022. Siembra mecanizada de praderas de temporal árido. Innovación. In: R. Sánchez G, JI Casas F y F Carrete C (compiladores). IX Congreso Internacional de Pastizales. Zacatecas, Zacatecas. pp: 259-264.
- Quero, CAR, L Miranda J, R Plascencia J, N Cadena R. 2023. Diversidad de propágulos potenciales para la siembra de pasto Buffel. **Enviado a consideración para este congreso.**
- SGECh. 2003. Síntesis Geográfica del Estado de Chihuahua. INEGI. Capítulo 4. Pp. 18-32 https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224332/702825224332_6.pdf. Consultado Agosto 10, 2023.

**PATRONES DE TINCIÓN EN CARIÓPSIDES DE PASTOS NATIVOS DE ZONAS
ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE MÉXICO**

**STAINING PATTERNS IN CARYOPSIDS IN NATIVE GRASSES OF ARID AND SEMI-
ARID AREAS OF MEXICO**

Edith Ramírez-Segura^{1,2*}, Adrián Raymundo Quero-Carrillo²

^{1,2*}Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF), Km 8.5 Carretera Ojuelos-Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, Jalisco, México.

²Recursos Genéticos y Productividad – Ganadería, Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Km. 36.5 Carretera Federal México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230.

*Autor por correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la industria semillera se requieren técnicas efectivas de análisis que permitan determinar la calidad de lotes de semillas y dar certeza en la toma de decisiones para la siembra y el almacenamiento, así como para predecir el establecimiento y desarrollo en campo. El objetivo fue determinar patrones de tinción en carióspsides de Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Punta Blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard y Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth. Los patrones de viabilidad de cada especie se determinó en Cs completos, se dejaron en imbibición por 4 horas previo al corte, posteriormente se realizó corte longitudinal, se conservó una mitad y se dejó en contacto directo en solución de cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio al 0.5 %, en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$) por 12 h; transcurrido el tiempo se observaron a microscopio estereoscópico y se obtuvieron patrones de tinción, de los cuales se agruparon en clases de acuerdo a la intensidad y áreas teñidas del eje embrionario. Para realizar una correcta evaluación de los Cs es indispensable conocer la estructura de la semilla, contar con entrenamiento para realizar un corte certero y establecer patrones de tinción que permitan la replicación de la técnica. Fue posible obtener patrones de tinción a 0.5 % de tetrazolio y corte longitudinal de las carióspsides.

Palabras clave: eje embrionario, mesocotilo, plúmula, radícula

ABSTRACT

In the seed industry, effective analysis techniques are required that can determine the quality of seed lots and provide certainty in decision-making for sowing and storage, as well as to predict establishment and development in the field. The objective was to determine staining patterns in caryopses of *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., *Leptochloa dubia* Kunth, *Digitaria californica* (Benth.) Henrard and *Setaria macrostachya* Kunth. The viability patterns of each species were extinguished in complete Cs, left imbibited for 4 hours prior to cutting, then longitudinal cutting was performed, one half was preserved and left in direct contact in a 2.3.5 chloride solution. 0.5 % triphenyl tetrazolium, under dark conditions and room temperature ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$) for 12 h; the time that was observed in a stereoscopic microscope elapsed and staining patterns were obtained, of which they were grouped into classes according to the intensity and

stained areas of the embryonic axis. To carry out a correct evaluation of the Cs it is essential to know the structure of the seed, have training to make an accurate cut and establish staining patterns that allow the replication of the technique. It was possible to obtain staining patterns at 0.5 % tetrazolium and longitudinal section of the caryopsids.

Keywords: embryonic axis, mesocotyl, plumule, radicle

INTRODUCCIÓN

En la industria semillera se requieren técnicas efectivas de análisis que permitan determinar la calidad de lotes de semillas y dar certeza en la toma de decisiones para la siembra y el almacenamiento, así como para predecir el establecimiento y desarrollo en campo. La prueba con Tetrazolio (cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio; TZ), se utiliza para determinar la viabilidad y vigor asociados a la capacidad germinativa, especialmente para lotes de semilla que presenten latencia, además de ser una técnica rápida. Esta técnica tiene algunas desventajas; entre ellas, que la interpretación de tinción es visual y, por tanto, es subjetiva y requiere entrenamiento, especialmente en semillas pequeñas (Lopez et al, 2017). La evaluación con TZ implica cortar y evaluar los Cs bajo microscopio estereoscópico. La viabilidad se determina en función del patrón de tinción del embrión e intensidad de coloración. Una semilla viable indica que es capaz de producir una plántula normal (ISTA, 2016). En la prueba de TZ en Cs, se elimina la latencia por brácteas accesorias a esta; sin embargo, en campo, el propágulo utilizado durante la siembra es la espiguilla o ramilla; por tanto, se espera que la germinación sea lenta y menor. Un problema en la determinación de viabilidad y vigor en semillas de Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard, Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth y otras especies de pastos, radica en la dificultad de obtener material adecuado (Cs) para la prueba; la cual, debe ser representativas de la muestra a analizar. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar patrones de tinción en cariósides de Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Punta Blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard y Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se cosecho y almaceno (bolsa de papel a 25° de temperatura y humedad constante) semilla de pastos forrajeros establecidos en parcelas experimentales en el Colegio de Postgraduados en el año 2017. Se extrajeron cariósides (Cs) por escarificación física de espiguillas de Banderita, Gigante, Punta Blanca y Tempranero. Los patrones de viabilidad de cada especie se determinó en Cs completos, se dejaron en imbibición por 4 horas previo al corte, posteriormente se realizó corte longitudinal, se conservó una mitad y se dejó en contacto directo en solución de cloruro de 2,3,5 trifenil tetrazolio al 0.5 %, en condiciones de obscuridad y temperatura ambiente ($25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$) por 12 h; transcurrido el tiempo se retiraron de la solución de TZ y se realizó la evaluación para determinar patrones de tinción, como se recomienda para Cs pequeñas (ISTA, 2016). Se enjuagaron con agua corriente y se colocaron sobre papel absorbente, previamente humedecido, para evitar deshidratación. Se consideró la intensidad y sitio de pigmentación en las estructuras del eje embrionario, desde ausencia de coloración hasta el rojo intenso. Posteriormente, los Cs se agruparon en clases, considerando criterios básicos de interpretación (ISTA, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La familiarización y conocimiento de las estructuras del eje embrionario dentro de la carióspside es de suma importancia para realizar una correcta evaluación al momento de realizar la prueba de viabilidad por medio de la técnica de tinción tetrazolio (Figura 1).

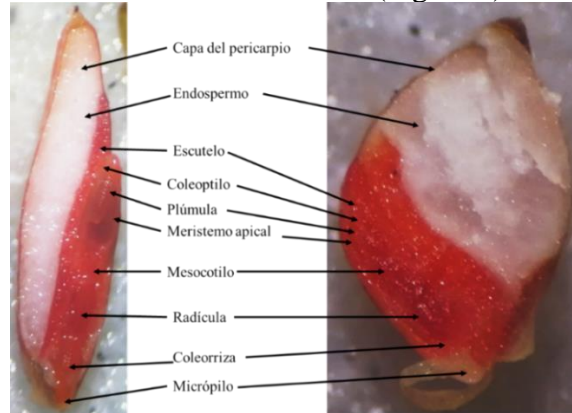


Figura 1. Áreas que conforman el eje embrionario de una carióspside, (izquierda) pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) y (derecha) pasto Tempranero (*Setaria macrostachya*), teñidos con Tetrazolio.

Los patrones de coloración observados guardan similitud con los expuestos en ISTA (2003), aunque estos últimos no expresan la totalidad de daños observables en Cs de las especies evaluadas. Para facilitar replicación de la técnica y la evaluación de las carióspsides se definieron tres criterios (clases) de acuerdo a la coloración y vigor observado dentro de las especies evaluadas:

Clase 1. Embriones viables y vigorosos. Las carióspsides en esta clase presentan tejidos firmes, sin lesiones visibles al embrión, la coloración es uniforme y puede variar del rosa a rojo brillante. Los carióspsides pueden presentar daños superficiales ligeros localizados en parte externa del endospermo (Figuras 2 a 6).

Clase 2. Embriones viables con vigor medio. Las carióspsides muestran tinción del embrión en color rosa, de menor intensidad a la clase 1, con tejidos firmes, el eje embrionario puede tener ligeros daños internos y superficiales; con menos de 50% de tejido muerto (color blanco; Figuras 2 a 6).

Clase 3. Embriones no viables. Los ejes embrionarios de las carióspsides no muestran tinción en radícula y plúmula, además de diversas lesiones y áreas muertas en el embrión. En esta clase se incluyen embriones con áreas mayores al 50% de tejido muerto (Figuras 2 a 6).

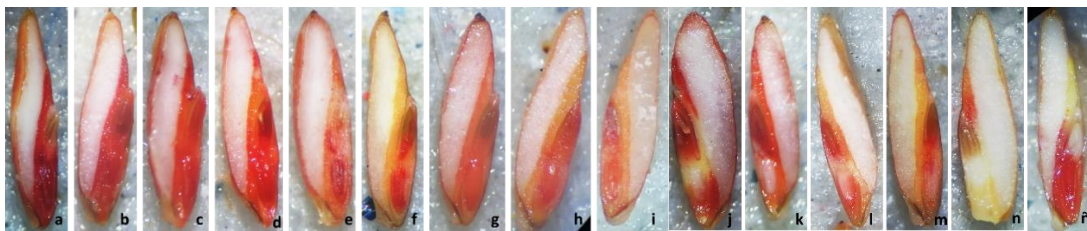


Figura 2. Corte longitudinal en carióspsides de pasto Banderita. Clase 1) a, b, c, d carióspsides vivas y vigorosas, con estructuras completamente teñidas. Clase 2) e, f, g, h, i carióspsides con vivas con vigor medio. Clase 3) j) mesocótilo y radícula sin teñir; k) coleoriza y radícula sin teñir; l) mesocótilo sin teñir; m) meristemo apical, mesocótilo, radícula poco teñidos, color rosa; n) Escutelo banda unión con mesocótilo, radícula y coleoriza sin teñir y ñ) plúmula, coleóptilo y escutelo sin teñir.

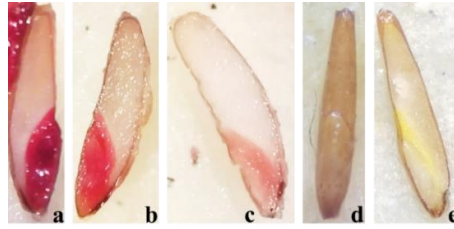


Figura 3. Cariópsides completas (d) y con corte longitudinal (a, b, c y e) de pasto Gigante. a y b) Cariópsides Clase 1; c) Cariópsides Clase 2; d y e) Cariópsides Clase 3.

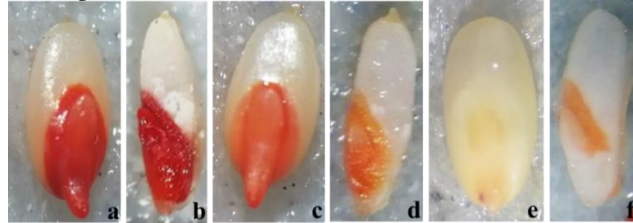


Figura 4. Cariópsides completas (a, c y e) de pasto Punta Blanca y corte longitudinal (b, d y f). a y b) Cariópsides Clase 1; c y d) Cariópsides Clase 2; e y f) Cariópsides Clase 3.

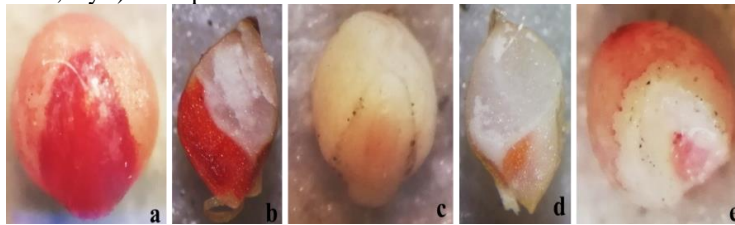


Figura 5. Cariópsides completas (a, c y e) de pasto Tempranero y corte longitudinal (b y d). a y b, Cariópsides Clase 1; c y d, Cariópsides Clase 3; e) Cariópside sin embrión por lesión durante la escarificación y/o atributo de especie (pérdida del eje embrionario).

En Poaceae, forrajeras como: *Urochloa spp.*, *Chloris gayana*, *Dactylis spp.*, *Panicum spp.* y *B. gracilis*, entre otras, las reglas ISTA (2003; 2016) establecen que espiguillas sin Cs (semilla verdadera) deben considerarse no viables, pero no especifica cómo expresar flósculos vacíos al realizar la prueba de viabilidad por TZ. Para Cs pequeños de gramíneas, se recomienda realizar el corte, de forma longitudinal o transversal de tal forma que sea posible evaluar y diferenciar semillas muertas de aquellas que se encuentran latentes (Navarro et al., 2015). Diversos factores pueden influir los resultados en la prueba de TZ, muchos de ellos relacionados con la metodología empleada; además, la concentración de TZ en la solución, tiempo y temperatura de exposición a la solución y criterios de interpretación (Lopez et al., 2017; Pereira et. al., 2017; Steinbrecher y Leubner, 2017). Por tanto, determinar correctamente patrones de tinción (Figura 2 a 6) en los Cs facilitará la reproducción de la técnica, obteniendo de forma rápida resultados de la calidad del lote de semilla.

CONCLUSIONES

Para realizar una correcta evaluación de los Cs es indispensable conocer la estructura de la semilla, contar con entrenamiento para realizar un corte certero y establecer patrones de tinción que permitan la replicación de la técnica. Fue posible obtener patrones de tinción a 0.5 % de tetrazolio y corte longitudinal de las cariópsides.

LITERATURA CITADA

- International Seed Testing Association (ISTA). 2003. International Rules for Seed Testing. Working Sheets on Tetrazolium Testing. Volume 1. Zürich.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2016. International Rules for Seed Testing. Seed science and Technology 31, Supplement. Zürich.
- Lopez Del Egado L, Navarro-Miró D, Martinez-Heredia V, Toorop PE, Iannetta PPM. A Spectrophotometric Assay for Robust Viability Testing of Seed Batches Using 2,3,5-Triphenyl Tetrazolium Chloride: Using *Hordeum vulgare* L. as a Model. *Front Plant Sci.* 2017 May 16(8):747. doi: 10.3389/fpls.2017.00747.
- Navarro, M., Febles, G., & Herrera, R. S. 2015. Vigor: esencial element for seed quality. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(4), 447-458.
- Pereira de P, E., S Barros TS, JP Nobre de A, SF Vanies da S, & T Oliveira RR. 2017. Tetrazolium test for the viability of gherkin seeds. *Revista Ciência Agronômica* 48(1): 118-124. ISSN: 0045-6888. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195347767013>
- Steinbrecher T. and Leubner M.G. 2017. The biomechanics of seed germination. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 68, No. 4 pp. 765–783, 2017. doi:10.1093/jxb

CALIDAD EN PROPÁGULOS DE PASTOS DEL GÉNERO *Bouteloua*

QUALITY IN PROPAGULES OF GRASSES OF THE GENDER *Bouteloua*

Edith Ramírez-Segura^{1*}, Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez², Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas³, Odilón Gayosso-Barragán⁴

^{1,4}Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF), Km 8.5 Carretera Ojuelos-Lagos de Jalisco, Ojuelos, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V. R. Zacatecas México.

³Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. Kilómetro 31.5 Carretera Panamerica, Zacatecas - Fresnillo, 98500 Gral Enrique Estrada, Zac.

*Autor por correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

El establecimiento exitoso de gramíneas en los agostaderos de la región árida y semiárida de México requiere el conocimiento de las especies presentes en dichas zonas, así como la calidad del propágulo utilizado. Con el objetivo de conocer la calidad de propágulos durante un año de extrema sequía, se colectaron cuatro especies de pastos del género *Bouteloua* presentes en la región de Ojuelos de Jalisco. Se cosecho semilla de diferentes especies y se registraron las variables: peso volumétrico (PV), peso de mil semillas (diásporas; P1000S) y cariósides (P1000Cs), número de cariósides en 100 diásporas, porcentaje de germinación, vigor y viabilidad. Se compararon las medias mediante Diferencia Mínima Significativa Honesta de Tukey ($P < 0.05$). Se encontraron diferencias en calidad física y fisiológica ($P \leq 0.001$) entre las especies y variables evaluadas. *B. hirsuta* y *B. scorpioides* fueron las especies con mayor número de cariósides (Cs) por kilogramo, además de presentar los porcentajes de germinación y viabilidad más altos en comparación con *B. gracilis* y *B. curtipendula*, sin embargo, estas variables mostraron baja calidad fisiológica con viabilidad y germinación inferiores a 35%. La baja calidad de la semilla probablemente estuvo influenciada por las condiciones ambientales, principalmente escasa precipitación durante el año de cosecha y la época de colecta, el retiro de brácteas favorece la germinación total.

Palabras clave: llenado de cariósido, sequía, vigor.

ABSTRACT

The successful establishment of grasses in the rangelands of the arid and semi-arid region of Mexico requires knowledge of the species present in these areas, as well as the quality of the propagule used. With the objective of knowing the quality of propagules during a year of extreme drought, four species of grasses of the *Bouteloua* genus present in the Ojuelos region of Jalisco were collected. Seed of different species was harvested and the variables were recorded: volumetric weight (PV), weight of a thousand seeds (diaspores; P1000S) and caryopses (P1000Cs), number of caryopses in 100 diaspores, germination percentage, vigor and viability. Means were compared using Tukey's Honest Least Significant Difference ($P < 0.05$). Differences in physical and physiological quality ($P \leq 0.001$) were found between the species and variables evaluated. *B. hirsuta* and *B. scorpioides* were the species with the highest number of caryopses (Cs) per kilogram, in addition to presenting the highest germination and viability percentages compared to

B. gracilis and *B. curtipendula*, however, these variables showed low physiological quality. with viability and germination lower than 35%. The low quality of the seed was probably influenced by environmental conditions, mainly low rainfall during the harvest year and the collection season, the removal of bracts favors total germination.

Keywords: caryopsis filling, drought, vigor.

INTRODUCCIÓN

México se caracteriza por la diversidad en riqueza agrostológica nativa, los estados más sobresalientes por el número de taxas que albergan son: Chiapas, Veracruz, Oaxaca, Jalisco, Puebla y Estado de México. Destacan por su diversidad de especies, las subfamilias Chloridoideae especialmente en las zonas cálidas y secas, Panicoideae en regiones cálidas y húmedas y Pooideae en zonas templadas (Dávila *et al.*, 2018). En regiones áridas y semiáridas se realiza gran parte de la actividad ganadera del país, donde los pastos son la principal fuente de alimentación tanto en ganadería de extensiva y trashumante (PACP-Ch, 2011). Sin embargo, durante los últimos años se ha observado sobrepastoreo, lo que ha ocasionado erosión de suelo y pérdida de la diversidad genética de plantas y especies silvestres, por ende, resulta fundamental recuperar los agostaderos. Diversos autores han sugerido múltiples alternativas para su recuperación, sin embargo, pocos son los estudios que consideran la calidad de la semilla utilizada en las resiembras de agostaderos. Es importante que el ganadero se asegure de la calidad del propágulo utilizado, debido a que el éxito de su establecimiento en zonas de temporal depende en gran medida de dicho parámetro, aunado a la preparación del terreno, factores climáticos y edáficos, especie a resembrar, suelo y precipitación (CONAZA, 2011; Morales *et al.*, 2012; Velásquez *et al.*, 2014). El objetivo de la investigación fue determinar la calidad física y fisiológica de propágulos de cuatro especies del género *Bouteloua*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cosecha de propágulos se realizó durante los meses de noviembre y diciembre de 2022 en los pastizales y áreas aledañas al Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID AF) del INIFAP, ubicado en el municipio de Ojuelos de Jalisco, a 2230 msnm. El municipio tiene un clima semiárido templado, con temperatura media anual es de 13.9°C, y su temperatura mínima y máxima promedio oscila entre los 5.6°C y 27.4°C; en pluviómetros se registró la precipitación, para el año 2022 fue de 235 mm, lo que indicó una sequía atípica a lo reportado (594 mm; IIEG, 2021); el suelo dominante es xerosol y litosol. Las gramíneas cosechadas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Especies del género *Bouteloua* cosechadas en el altiplano mexicano

Nombre científico	Nombre común	Propágulo colectado
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	navajita	Espiguilla [§]
<i>Bouteloua hirsuta</i> (Kunth) Scribn	velluda o vellosa	Ramilla [¶]
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	banderita	Espiguilla [§]
<i>Bouteloua scorpioides</i> Lag	liendrilla roja	Espiguilla [§]

[§]espiguilla: cariósipide contenida por brácteas (glumas + lema + palea) y [¶] ramilla (conjunto de espiguillas).

Se evaluó la calidad física y fisiológica de los diversos propágulos de las especies cosechadas. La muestra de trabajo para cada especie se obtuvo a partir de las muestras de diásporas colectadas, se homogenizo y redujo por método manual de mitades hasta lograr una muestra de 6.0 g de cada una.

Se limpió la muestra hasta obtener ramillas y espiguillas, y posteriormente, por escarificación física obtener los Cs. Las variables evaluadas fueron: peso hectolitrito (PH) por el método de la probeta; peso de 1000 semillas (diásporas; P1000S) y cariósides (P1000Cs), de la semilla pura de cada especie se contaron y pesaron ocho repeticiones de 100 ramillas, espiguillas y Cs, cada una, esto se hizo para estimar el número de semillas kg^{-1} , tanto en diásporas como en Cs para cada especie; número de cariósides en 100 diásporas, de cada especie se tomaron al azar cuatro repeticiones de 100 diásporas (ramillas y espiguillas), se eliminaron brácteas accesorias y se contó el número de Cs presentes por repetición; germinación total (PG %) mediante la prueba de germinación estándar, cuatro repeticiones de 50 semillas por especie, el conteo final se realizó al día 15 de establecida la prueba; prueba de viabilidad con tetrazolio, se utilizaron cuatro repeticiones de 25 Cs por especie evaluada, se embebieron en agua corriente por 3 h, posteriormente, se diseccionaron longitudinalmente para exponer las estructuras embrionarias a 0.1% de tetrazolio, la evaluación se realizó 12 horas después del contacto con la solución; vigor, este se determinó midiendo al día 15 el largo de la plúmula (LP, cm) y radícula (LR, cm). Los datos se analizaron con SAS V.9.3. (SAS Institute, 2011). Se verificó la normalidad y homogeneidad de varianza de los datos de cada variable; las variables porcentaje de germinación y viabilidad se transformaron por función arcoseno, y se sometieron a análisis de varianza mediante el procedimiento GLM de SAS y pruebas de Tukey ($p < 0.05$) para separar las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANOVA) para las variables de calidad física mostró diferencias significativas ($p < 0.0001$) con relación al PH, P1000S y número de cariósides en 100 diásporas. La especie con mayor PH, P1000S tanto en diásporas como en cariósides fue pasto banderita, mientras que, pasto navajita fue el que presentó menor PH en cariósides, probablemente influenciado por el tamaño de esta. En relación al número de Cs/100 diásporas fue pasto velluda, debido a que en esta especie el propágulo utilizado fueron racimos completos, mientras que para el resto de especies se utilizó espiguillas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Calidad física en diásporas y cariósides (Cs) de trece especies de pastos forrajeros de zonas áridas y semiáridas de México

Especie	PH (kg hl^{-1})		P1000S (g)		No. de Cs/100 diásporas
	Diásporas	Cs	Diásporas	Cs	
Navajita	79.78 ^b	60.78 ^c	0.043 ^c	0.026 ^c	12.80 ^c
Velluda*	79.10 ^b	66.70 ^b	1.949 ^a	0.032 ^b	751.60 ^a
Banderita	91.49 ^a	68.41 ^a	0.189 ^b	0.067 ^a	40.80 ^b
Liendrilla roja	79.73 ^b	68.72 ^a	0.042 ^c	0.030 ^b	30.80 ^b

Medias con literales iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$). * La unidad de dispersión utilizada en estas especies fue el racimo (conjunto de espiguillas, formada por un gran número de flósculos).

Existen diferencias de valores entre especies; resultados semejantes a los presentados por Rivas-Jacobo *et al.*, (2018) quienes observaron diferencia significativa entre los genotipos al evaluar 12 pastos forrajeros encontrando valores en la variable de PH en los pastos banderita (31.03 kg hl^{-1}), y navajita (31.91 kg hl^{-1}), mientras que para P1000S observaron valores en Banderita (0.682 g) y navajita (0.612 g). Probablemente la disparidad en los resultados se deba a la época de cosecha, a la poca precipitación e incluso al concepto de semilla, el cual resulta ser muy amplio para pastos. Por otro lado, Gutiérrez *et al.*, (2017) encontraron en pasto banderita un promedio de 536 diásporas por gramo en los cuales se encontraron 85 cariósides, lo cual muestra que sólo el 15% de las diásporas presentan semilla verdadera y el resto es basura, lo cual explica el bajo porcentaje de

germinación y éxito en el establecimiento de las praderas o agostaderos. En gramíneas, la calidad física de la semilla depende principalmente del genotipo y, en menor medida, del tamaño de esta, sin embargo, este último parámetro afecta el P1000S, longitud, ancho y espesor de esta (Pérez *et al.*, 2006).

Para las especies estudiadas el número de semillas presentes por kilogramo se estimó como resultado de las variables de calidad física, en el Cuadro 3 se reportan la cantidad de semilla estimada por kilogramo tanto en diásporas como en carióspsides de las cuatro especies evaluadas.

Cuadro 3. Número de semillas estimadas por kilogramo en cuatro especies del género *Bouteloua*

Especie	Número de semillas kg ⁻¹	
	Diásporas	Carióspsides
Navajita	2,325,581	3,846,154
Velluda	51,308	3,125,000
Banderita	529,101	1,492,537
Liendrilla roja	2,380,952	3,333,333

El peso de mil semillas, permite conocer y estimar el número de semillas presentes por kilogramo, que difiere de acuerdo al tipo de propágulo a utilizar en las resiembras. Si se utiliza en greña (ramillas, espigas o espiguillas) se tiene gran volumen ocasionado por las glumas, lemas, paleas y aristas presentes de acuerdo a cada especie. En contraste a la utilización de Cs, semilla botánica, donde existe una elevada cantidad de semilla presente por kilogramo, la cual, es variable según la especie ya que cada Cs difiere en forma, tamaño (morfología) y acumulación de reservas en el endospermo. Considerando lo anterior, se estima la densidad de siembra (kg SPV ha⁻¹), que, en conjunto con una correcta preparación del terreno harán exitoso el establecimiento y/o resiembra (León *et al.*, 2018).

En el Cuadro 4 se muestran los resultados de viabilidad y germinación para las especies evaluadas, el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias (P<0.0001). La especie con mayor porcentaje de viabilidad fue banderita (32.25 %), mientras que, en pruebas de germinación en diásporas, para todas las especies se vio disminuido el porcentaje de germinación, lo que indica que la presencia de brácteas accesorias (glumas, lemas, paleas, aristas) disminuye considerablemente la germinación. En pasto velluda la germinación en diásporas fue similar a la viabilidad, contrario al resto de las especies donde el retiro de brácteas favoreció la germinación total.

Cuadro 4. Calidad fisiológica en diásporas y carióspsides de cuatro especies de pasto del género *Bouteloua*.

Especie	Viabilidad (%)	Germinación (%)	
		Diásporas	Carióspsides
Navajita	32.00 ^a	4.75 ^c	31.25 ^a
Velluda	24.75 ^b	24.25 ^a	7.80 ^c
Banderita	32.25 ^a	10.25 ^b	31.00 ^a
Liendrilla roja	24.7 ^b	3.25 ^c	23.20 ^b

Medias con literales iguales en la misma columna no son significativamente diferentes (P>0.05).

Estos resultados son similares a los presentados por Gutiérrez *et al.*, (2017) quienes recolectaron semillas de campo de pasto banderita y observaron porcentajes de germinación de diásporas bajos, con valores menores al 5%. De forma similar Gutiérrez-Gutiérrez *et al.*, (2022) al evaluar 22 especies de gramíneas presentes en el desierto de Chihuahua, observaron que el porcentaje de germinación varió desde 3.75 hasta 76.3 %, por ejemplo, en *B. curtipendula* (menos de 80 %), en

B. gracilis (20 %), *Leptocloa dubia* (63 %), *B. hisurta* y *M. rigida* (menos de 45 %), *E. curvula* (menos de 75 %). La respuesta variable tanto en viabilidad como en germinación registradas en este estudio puede deberse a diversos factores climáticos, edafológicos, bióticos, abióticos de la semilla, genéticos, latencia, e incluso a la extrema sequía observada durante el año de cosecha, entre otros. La latencia fisiológica es común en semillas particularmente en semillas de regiones áridas secas (Erickson *et al.*, 2016).

El ANOVA para vigor mostro diferencias significativas ($p < 0.0001$) para el largo de plúmula y radícula tanto en Cs como en diásporas. Las especies con mayor longitud de plúmula en diásporas y Cs fueron Banderita y Navajita, con 3.63 y 2.43 mm en diásporas; y en carióspsides de 4.53 y 2.92 mm en Cs. En cuanto a elongación de radícula, banderita mostro en mayor desarrollo en diásporas (2.63 mm), pero no así en Cs, donde las especies con mayor desarrollo fueron navajita y velluda con 1.07 y 1.20 mm, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Vigor en diásporas y carióspsides de cuatro especies de pasto del género *Bouteloua*.

Especie	Vigor en diásporas		Vigor en Cs	
	LP (cm)	LR (cm)	LP (cm)	LR (cm)
Navajita	2.43 ^b	1.24 ^b	2.92 ^b	1.07 ^a
Velluda o vellosa	1.68 ^c	1.05 ^b	1.27 ^c	1.20 ^a
Banderita	3.63 ^a	2.63 ^a	4.53 ^a	0.45 ^c
Liendrilla roja	0.96 ^c	0.46 ^c	2.54 ^b	0.70 ^b

Medias con literales iguales en la misma columna no son significativamente diferentes ($P > 0.05$). LP= Longitud de plúmula; LR = radícula.

Al respecto, Rivas-Jacobo *et al.*, (2018) observaron el mayor vigor de plántula en zacate Punta Blanca, Plumilla, Pega Ropa, Navajita y Llorón con valores que oscilaron entre 2.0 y 4.0. Sin embargo, Ramírez-Segura *et al.*, (2022) encontraron de 4.3 y 5.8 de LR en pasto Banderita y Gigante, respectivamente y 4.2 y 5.5 de LP para ambos pastos.

CONCLUSIONES

La baja calidad de la semilla probablemente estuvo influenciada por las condiciones ambientales, principalmente escasa precipitación durante el año de cosecha y la época de colecta. El retiro de brácteas favorece la germinación total.

LITERATURA CITADA

- CONAZA, Comisión Nacional de Zonas Áridas (2011) Análisis de la problemática de la sequía 2011–2012 y sus efectos en la ganadería y la agricultura de temporal. <http://www.conaza.gob.mx/transparencia/Documents/Publicaciones/boletin5.pdf>. (Mayo 2023).
- Dávila P., M. T. Mejía-Saulés, A. M. Soriano- Martínez y Y. Herrera-Arrieta (2018) Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences* 96: 462-514. DOI: 10.17129/botsci.1894
- Erickson T. E., N. Shackelford, K. W. Dixon, S. R. Turner, D. J. Merritt (2016) Overcoming physiological dormancy in seeds of *Triodia* (Poaceae) to improve restoration in the arid zone. *Restoration Ecology*. 24: S64–S76. <https://doi.org/doi.wiley.com/10.1111/rec.1235>
- Gutiérrez-Gutiérrez O. G., O. Rivero-Hernández, J. H. Vega-Mares, A. Melgoza-Castillo (2022) Patrones de germinación en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense. *Ciencias Botánicas*. 100:989-999. <https://doi.org/10.17129/botsci.3007>.
- León R, N. Bonifaz N y F. Gutiérrez (2018) Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas. Abya-Yala. Quito-Ecuador 622 p.
- Morales N. C., J. F. Enríquez, J. F. Villanueva, F. Herrera, A. R. Quero, J. Becerra, R. A. Sánchez y P. Jurado (2012) Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. S. E. Santiago Ixcuintla. INIFAP-SAGARPA. Folleto Técnico. 21:1-76. DOI:10.13140/2.1.3069.9848

- PACP-Ch, Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los Pastizales del desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua 2011 - 2016 (2011) http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pdf/PACP_chihuahua.pdf. (Febrero 2023).
- Pérez-Mendoza C., A. L. Hernández, F. V. C. González, G. S. García, A. C. Carballo, T. T. R. Vásquez y M. R. G. Tovar (2006) Tamaño de semilla y relación con su calidad fisiológica en variedades de maíz para forraje. *Agricultura técnica en México* 32:341-352. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172006000300010&lng=es&tlng=es. (Mayo 2023).
- Ramírez-Segura E., J. J. A. Maldonado, S. I. Torres, C. A. R. Quero (2022) Atributos físicos y fisiológicos de semilla de pastos nativos del México árido. *Revista Fitotecnia Mexicana* 45:453-460. <https://doi.org/10.35196/rfm.2022.4.453>
- Rivas-Jacobo M., A. J. Sandoval, C. A. Herrera, S. J. Marín, V. F. Escalera, O. J. Loya (2018) Evaluación de semilla de pastos cosechados en caminos y campos de cultivos. *Abanico veterinario* 8:36-46. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.81.3>.
- Gutiérrez G. U., H. A. Minor, P. E. Castellanos, R. J. J. Martínez y R. A. Esquivel (2017) Viabilidad de semilla de zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] cosechada en poblaciones naturales de municipio de Mapimí, Durango. *Agrofaz* 17:115-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6505182>
- SAS Institute (2011) SAS/STAT® 9.3 User's Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA. 8621 p.
- Velásquez M., I. Sánchez, R. Gutiérrez, J. A. Muñoz y H. Macías (2014) Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). *Revista Chapingo* 13: 47-58. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=455545055002>

INFILTRACIÓN Y HUMEDAD DEL SUELO EN BOSQUE DE ENCINO Y PASTIZAL AMACOLLADO SOIL INFILTRATION AND MOISTURE IN OAK FOREST AND TWILLED GRASSLAND

Héctor Ramírez-Garduño^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, Pedro Jurado Guerra¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental La Campana

*Autor por correspondencia: ramirez.hector@inifap.gob.mx

RESUMEN

La infiltración de agua y la humedad del suelo desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento y la salud de los ecosistemas terrestres. Como parte del balance hidrológico, el objetivo del presente trabajo fue medir la infiltración y la humedad del suelo en un bosque de encino y pastizal amacollado. El estudio se llevó a cabo en el rancho experimental La Campana, El diseño experimental consistió de dos áreas (encino y pastizal) de 200 ha cada una. Dentro de cada área, se generaron ocho puntos de muestreo aleatorios. En cada punto, se midió la infiltración y humedad del suelo antecedente (al momento de la infiltración) y la final (terminada la infiltración). El análisis estadístico consistió en una prueba de T para comparar las medias de las variables de infiltración y humedad de encinos vs pastizal. La capacidad de infiltración (37.44 cm h⁻¹ en encinos y de 43.56 cm h⁻¹ en pastizal) y la humedad final del suelo (20.66 % en encinos y 16.67 % en pastizal) fueron similares ($P > 0.05$). Sin embargo, la humedad antecedente del suelo fue diferente entre encinos (5.22 %) y pastizal (4.25 %). En el área de encinos la humedad del suelo registrada de alrededor de 1 % comparado al pastizal. Esto debido a la presencia de hojarasca presente en el suelo que permitió la retención de humedad por más tiempo.

Palabras clave: hojarasca, retención de humedad, gradiente de vegetación, asíntota.

ABSTRACT

Water infiltration and soil moisture play a critical role in the functioning and health of terrestrial ecosystems. As a component of the water balance, the objective of this study was to measure infiltration and soil moisture in an oak forest and grassland. The study was carried out at La Campana's experimental ranch. The experimental design consisted of two areas (oak and grassland) of 200 ha each. Eight random points per area were generated with a minimum distance of 200 m. At each sampling point, the infiltration, antecedent soil moisture, and final soil moisture were measured. The statistical analysis was a T-test to compare the mean of the infiltration capacity and soil moisture between oak and grassland. The infiltration capacity (37.44 cm h⁻¹ in oak and 43.56 cm h⁻¹ in grassland) and final soil moisture (20.66 % in oak and 16.67 % in grassland) were similar ($P > 0.05$). However, the antecedent soil moisture differed between oak (5.22 %) and grassland (4.25 %). The oak area kept soil moisture higher (1%) compared to grassland mainly due to the presence of litter over soil allowing soil moisture retention for a longer time.

Keywords: litter, soil moisture retention, vegetation gradient, asymptote.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas semiáridos dependen del agua para cumplir con diferentes procesos tales como mantener la biodiversidad, el ciclo del agua y la productividad de las plantas. Estudios recientes han demostrado que el cambio climático intensifica el estrés hídrico y es el principal factor que afecta el declive de los ecosistemas forestales (Cholet *et al.*, 2022). Bajo los escenarios del cambio climático, se espera que los períodos de sequía sean más intensos y duraderos caracterizados regionalmente por puntos clave con climas semiáridos (Williams *et al.*, 2020) el cual es exacerbado en el norte de México y sureste de Estados Unidos. El balance hidrológico es importante para evaluar la disponibilidad del agua dentro de un sistema (río) o incluso una unidad completa (cuenca) (Healy *et al.*, 2007). Como parte del balance hidrológico, la infiltración y la humedad del suelo ayudan a entender mejor la capacidad que tiene el suelo de absorber agua (capacidad de infiltración) el cual una parte podría ser utilizada por la vegetación (Porporato *et al.*, 2003) y otra parte alcanzar el manto acuífero. Por otra parte, la humedad del suelo muestra el estado actual de humedad presente en el suelo el cual varía en espacio y tiempo. Ambas variables han sido analizadas a detalle a través de diferentes gradientes de vegetación. La infiltración y la humedad del suelo en zonas de bosque comparado con pastizal son mayores debido a los macroporos presentes en el suelo (aumento en la infiltración), acumulación de hojarasca y microclimas debido a la sombra de los árboles (Villegas *et al.*, 2010). Fernald *et al.*, (2022) reportó menor contenido de humedad en el suelo en un pastizal comparado con un bosque de táscate debido a la producción de biomasa de los pastos. Como parte del balance hidrológico, el objetivo del presente trabajo fue medir la infiltración y la humedad del suelo en un bosque de encino y pastizal amacollado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho experimental La Campana localizado en el km 82 carretera Panamericana (29°15'59.55" N, 106° 23'21.60" O). El sitio de estudio se encuentra en un rango altitudinal de 1,581 a 1,780 msnm con vegetación arbórea compuesta mayormente de encino (*Quercus arizonica*) en la parte alta y pastizal amacollado compuesto de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) con pequeños parches de Bouteloua-Aristida en la parte baja. La topografía es de lomeríos altos y planicie. La temperatura media anual es de 12 y 17 °C con un promedio anual de precipitación de 355 a 450 mm (INIFAP, 2008).

Se llevaron a cabo pruebas de infiltración total mente al azar en un área de 200 ha de bosque de encino y otra de 200 ha de pastizal amacollado (Figura 1). Para cada área, se generaron 20 puntos de muestreo con una distancia de 200 m entre cada punto mediante el uso del software QGIS 3.28.1 Firenze (Free Software Foundation, Inc; Boston MA). Para este trabajo, solamente se seleccionaron 8 puntos de muestreo por área. La medición de infiltración se llevó a cabo mediante el uso de un Mini Infiltrómetro de Disco (MID) Decagon Devices Inc. El MDI está compuesto de un tubo Mariotte y de un disco poroso de metal el cual tiene contacto con el suelo para permitir el paso del agua a un volumen conocido. La infiltración es controlada mediante una presión negativa o succión. Cada prueba de infiltración, consistió en agregar entre 80 y 90 ml de agua a una succión de -2cm (Decagon Devices, 2016). Se midió cada 30 s el volumen de agua infiltrado hasta 600 s o incluso antes de tiempo dependiendo de la velocidad de infiltración. La infiltración se calculó mediante la división del volumen (ml) de agua aplicado dividido por el área del infiltrómetro (cm) para cada intervalo de tiempo (s). Posteriormente, la tasa de infiltración se calculó mediante la división de infiltración (cm) y el tiempo transcurrido (s). Finalmente, la capacidad de infiltración

(CI) se determinó al promediar la asíntota de la tasa de infiltración vs. tiempo. La CI se presenta en cm h^{-1} .

La humedad del suelo (θ) se midió con el uso de un Reflectómetro de Dominio de Tiempo (TDR, por sus siglas en inglés) modelo TDR 100 (Spectrum Technologies) los primeros 3.8 cm de profundidad debido al contenido de rocas en el suelo. Se tomaron tres lecturas y se promediaron por cada punto donde se realizó la infiltración con un total de ocho lecturas por área (encino y pastizal). El análisis estadístico consistió en una prueba de T para comparar las medias entre encinos y pastizal mediante el uso de Sigma Plot[®] versión 12 (Systat Software, Inc.; San Jose, CA, USA). Las variables analizadas fueron capacidad de infiltración (cm h^{-1}) y humedad del suelo antecedente (θ_A) y final (θ_F) (%). Previo al análisis de T, se realizó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad de los datos (Agresti y Finlay, 1999). Se reportan las medias y errores estándar (\pm). El nivel de alfa asignado fue de $P < 0.05$.



Figura 1. Pruebas de infiltración en área de encinos (izquierda) y pastizal (derecha) en el Rancho Experimental La Campana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La capacidad de infiltración fue similar entre áreas ($P > 0.05$). En promedio, el área de encinos tuvo una CI de $37.44 \pm 5.22 \text{ cm h}^{-1}$ y en pastizal de $43.56 \pm 9.50 \text{ cm h}^{-1}$. Los rangos de CI fueron de 20.34 y 67.09 (encinos) y de 11.69 a 89.26 cm h^{-1} (pastizal) (Cuadro 1).

La humedad antecedente, fue diferente entre áreas de encino y pastizal ($P < 0.032$). La θ_A fue mayor ($5.22 \pm 0.31\%$) en el área de encinos comparado al área de pastizal ($4.25 \pm 0.28\%$). Los rangos de θ_A fueron de 4.3 a 6.4 % en los encinos y de 2.8 a 5.4 % en el pastizal (Cuadro 1). Este porcentaje de θ más alto ($0.97 \approx 1\%$) se debió mayormente a la cubierta del suelo compuesta por hojarasca comparado a la materia orgánica de los pastos. Es decir, la hoja del encino tiene un área mayor que ocupa el espacio sobre el suelo comparado a los tallos y hojas de los zacates. Antes de realizar las pruebas de infiltración, se removió la cubierta de hojarasca y de los pastos, dando como

resultado suelos visiblemente más húmedos en el área de los encinos vs. área del pastizal. Se ha reportado que el proteger el suelo mediante residuos de materia orgánica como la paja, hojas de arbustos mantiene la humedad del suelo por más tiempo y mayor contenido comparado a suelos desnudos o con un menor porcentaje de cobertura (Villegas *et al.*, 2010). El cambio de humedad en el suelo ocurre cuando el gradiente de vegetación está presente (ej. bosque deciduo-pastizal-humedal) y es más notorio en bosque deciduo vs. pastizal donde es mayor la humedad del suelo en el bosque debido a los microclimas del árbol (Vivoni *et al.*, 2008).

Similar a la CI, la θ_f fue similar entre encinos y pastizal ($P > 0.05$). Los rangos de θ_f fueron de 15.80 a 27.20 % (encinos) y de 9.90 a 26.10 % (pastizal) (Cuadro 1). En ambas áreas (encino y pastizal), los suelos estuvieron expuestos a un volumen de agua similar (87-90 ml). Aunque no se determinó la textura del suelo, es probable que en ambas áreas la textura del suelo influyó en la retención de humedad de ambos sitios.

Cuadro 1. Capacidad de infiltración (CI), humedad del suelo antecedente y humedad del suelo final en el Rancho Experimental La Campana.

Vegetación	CI (cm h ⁻¹)	θ_a	θ_f
Encino	20.34	6.40	19.80
	33.65	6.30	22.20
	42.12	5.00	19.80
	67.09	4.30	27.20
	40.88	5.00	23.20
	23.42	4.40	15.80
	42.84	6.00	16.40
	28.86	4.40	20.90
Pastizal	31.98	5.00	17.50
	38.73	4.10	17.50
	55.61	4.70	18.10
	23.25	5.40	26.10
	72.83	3.80	17.50
	11.69	4.10	12.90
	89.26	4.10	9.90
	24.49	2.80	13.90

CONCLUSIONES

Los resultados enfatizan la importancia de la cubierta vegetal (ej. hojarasca) en la regulación de la humedad del suelo. La presencia de árboles y la composición del suelo, pueden jugar un papel fundamental en la retención de humedad. Aunque las diferencias entre las áreas no fueron estadísticamente significativas en términos de infiltración y humedad final, la vegetación y las condiciones locales pueden influir en la distribución y el mantenimiento de la humedad en el suelo, lo que a su vez puede tener implicaciones importantes para la gestión de recursos hídricos y la conservación del suelo en ecosistemas similares.

LITERATURA CITADA

- Agresti, A., B. Finlay. 1999. Statistical methods for the social sciences. Third Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey.
- Cholet C, D. Houle., J.D. Sylvain, F. Doyon., A. Maheu. 2022. Climate Change Increases the Severity and Duration of Soil Water Stress in the Temperate Forest of Eastern North America. *Front. For. Glob. Change* 5:879382. doi: 10.3389/ffgc.2022.879382.

- Fernald, A. G., H.R. Garduño., F. Gökbulak., D.M VanLeeuwen., A. Cibils. 2022. Response of soil moisture to infrequent heavy defoliation of chemically thinned juniper woodland. *Rangeland Ecology & Management*, 84, 108-116.
- INIFAP. 2008. Rancho experimental La Campana 50 años de investigación y transferencia de tecnología en pastizales y producción animal. Libro Técnico No. 2. pp 9-15.
- Healy, R. W., Winter, T. C., LaBaugh, J. W., Franke, O. L. 2007. Water budgets: foundations for effective water-resources and environmental management (Vol. 1308, p. 90). Reston, Virginia: US Geological Survey.
- Porporato, A., P. D'Odorico., F. Laio., I. Rodriguez-Iturbe. 2003. Hydrologic controls on soil carbon and nitrogen cycles. I. Modeling scheme. *Adv. Water Res.* 26, 45.
- Villegas, J. C., D.D. Breshears., C.B. Zou., P.D. Royer. 2010. Seasonally pulsed heterogeneity in microclimate: phenology and cover effects along deciduous grassland–forest continuum. *Vadose Zone Journal*, 9(3), 537-547.
- Vivoni, E. R., A.J. Rinehart., L.A. Méndez-Barroso., C.A. Aragón., G. Bisht., M.B. Cardenas., R.L. Wyckoff. 2008. Vegetation controls on soil moisture distribution in the Valles Caldera, New Mexico, during the North American monsoon. *Ecohydrology: Ecosystems, Land and Water Process Interactions, Ecohydrogeomorphology*, 1(3), 225-238.
- Williams, A. P., E.R. Cook., J.E. Smerdon., B.I. Cook., J.T. Abatzoglou., K. Bolles., S.H. Baek., A.M. Badger., B. Livneh. 2020. Large contribution from anthropogenic warming to an emerging North American megadrought. *Science* 368, 314–318.

**FECHAS DE ESTABLECIMIENTO: PASTO PANGOLA A TRAVES DEL TIEMPO CON
BIOESTIMULADOR DE RAICES**

**ESTABLISHMENT DATES: PANGOLA GRASS OVER TIME WITH ROOT
BIOSTIMULATOR**

Jovanni Gabriel Ríos-Aguilar¹, Sergio Iban Mendoza-Pedroza*², Anadelia Antonio-Medina², Aurelio Morales-Rivera¹, Javier Francisco Enríquez-Quiroz³, Marco Antonio Solís Zavala¹, Esmeralda Castellanos- Valdés⁻¹, Jairo Moisés Malpica-Tinoco¹, Jorge Armando Villarea¹-Gonzalez⁴

¹Instituto Tecnológico Superior De Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670.

²Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230.

³Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277.

⁴Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Benemérita Universidad Autónoma de Puebla Tecamachalco, Puebla. C.P. 75460.

*Autor por correspondencia: simpedroza@hotmail.com

RESUMEN

La fecha de siembra es un factor importante para tener éxito en la producción, por tal motivo se realizó una evaluación en pasto *Digitaria eriantha* Steud para estimar la mejor fecha de siembra con un estimulador de raíces, el experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz; con un diseño de parcelas divididas a través del tiempo, donde la parcela grande fecha de siembra F: (F= F1-F6); parcela chica con y sin bioestimulante (CBIO-SBIO) k ha⁻¹. Se tomaron variables: altura (cm), PV (g), MS (g), MS/HA (kg), pacas de 20 kilos, % de floración. Se efectuó una prueba de Tukey ($\alpha < 0.05$). Se encontró que para (PV, PS, FLOR, MSHA, PACA) fue la combinación de F1CBIO, con una estimación de producción de pacas de 306 por ha. Se concluye que la mayor producción de pacas se ve estimulada por la aplicación del bioestimulante ácido indol-3-butírico para la estimulación de raíces con fecha de 15 de febrero.

Palabras clave: biomasa, cobertura, precipitación, raíces.

ABSTRACT

The planting date is an important factor for successful production, for this reason an evaluation was carried out on *Digitaria eriantha* Steud grass to estimate the best planting date with a root stimulator, the experiment was established at the Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz; with a design of plots divided through time, where the large plot planting date F: (F= F1-F6); small plot with and without biostimulant (CBIO-SBIO) k ha⁻¹. Variables were taken: height (cm), LW (g), DM (g), DM/HA (kg), bales of 23 kilos, % flowering. A Tukey test ($\alpha < 0.05$) was performed. It was found that for (PV, PS, FLOR, MSHA, PACA) it was the combination of F1CBIO, with an estimate of bale production of 306 per ha. It is concluded that the highest

production of bales is stimulated by the application of the biostimulant indole-3-butyric acid for root stimulation on February 15.

Keywords: biomass, cover, precipitation, roots.

INTRODUCCIÓN

El pasto Pangola, es una planta perenne estolonífera, con crecimientos hasta (100 cm) de altura, con inflorescencia de uno o dos verticilos con 5 a 10 espigas, de raíces fibrosas y profundas (Bacha *et al.*, 2022). González *et al.* (2019), explica que es adaptable a cualquier tipo de suelos en especial a suelos arenosos, franco-arenosos y para su buen desarrollo, necesita una precipitación anual de 400 mm mínima por año es muy tolerante a suelos con poca fertilidad, tiene buen desarrollo a dosis de nitrógeno. Para la época del establecimiento de pasturas hay que tener en cuenta que hay dos épocas de lluvia: una entre los meses de abril y junio, la otra entre los meses de octubre y noviembre. Es en la segunda época de lluvias cuando normalmente los agricultores siembran el maíz forrajero para realizar ensilaje que posteriormente se suministran al ganado en la época de estiaje Castro *et al.* (2017). Para el establecimiento del pasto pangola (Deutschmann *et al.*, 2017, Mamedio *et al.*, 2020) se necesitan 1,875 kg de material vegetativo en este caso de estolones y está se prepara cortando en porciones de 30 cm de largo y para el establecimiento del pasto estrella en un área de cultivo de 1 Ha, se utilizaron 1,600 kg de semilla asexual (estolones), por hectárea y que posteriormente para solventar las necesidades de agua se utilizó un sistema de riego por aspersión y estas se realizaron de 3 a 5 días durante la etapa de desarrollo y en etapas donde se carecía de agua. En el presente estudio se espera que al menos una fecha de siembra con algún efecto del estimulador de raíces tenga diferencia entre las demás para el establecimiento y la producción. Es por ello que evaluar diferentes fechas de siembra del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) con estimulador de raíces y sin estimulador se podrá mostrar la capacidad del rendimiento del pasto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara en la temporada de otoño. La institución se ubica en Juan Rodríguez Clara, Veracruz, coordenadas geográficas 18° 00 6.1 LN y 95° 24 1.7 LO, con 133 m, según Köppen modificado por García (2004) el clima es cálido subhúmedo (AW0), temperatura media de 24.5° C, precipitación media anual de 1100 mm, suelo, Cambisol dístico, pH fuertemente ácido (Tosquy-Valle *et al.*, 2020).

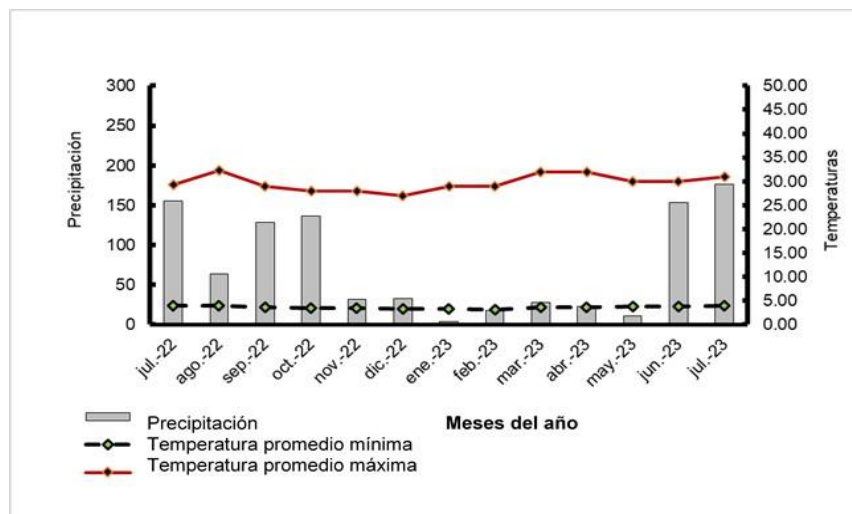


Figura 1. Precipitación mensual acumulada y temperaturas máximas y temperatura mínimas promedio mensual durante el estudio en Juan Rodríguez Clara, Veracruz.

Establecimiento de la semilla.- Con fecha de siembra, 15 de febrero del 2023, en 50 m² de terreno por fecha de siembra, antes de la siembra se dieron dos pases de rastra, y posteriormente se aplicó, herbicida Picloram+2, 4-D. Las variables estimadas, fue altura (Alt), peso verde (PV), peso seco (PS), % de floración (%FLOR), materia seca por ha (MSHA) y numero de pacas por Ha (PACAS). Análisis estadístico.- Se estableció un diseño de parcelas divididas a través del tiempo, con un arreglo factorial de 10x5 por fecha de siembra con 3 repeticiones. Donde se evalúa fechas de siembra (F1-F6) kg ha⁻¹, con biostimulante y sin bioestimulante k ha⁻¹. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey; $p < 0.05$), por medio del paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia estadística) en las variables de peso verde (PV), materia seca (PS), floración (FLOR), materia seca por hectárea (MSHA) y pacas (PACAS).

FV	GL	VARIABLES				
		PV	PS	FLOR	MSHA	PACAS (20 kg)
REP	2	1773.9	42.1	7.1	1882.8	169.5
FCH	2	351233.3**	3579.0	3829.0	46495198.7	14300.2
REP*FCH	6	1038.7	39.7	12.6	1546.1	159.2
BIO	1	3555.1	2.2	1751.0	142604.2	8.2
FCH*BIO	3	134395.2**	233.6	88.5	160252.2	928.2
Error		209.7	680.4	6	39176	2721.5
Total		1471898.1	17205.3	13641.6	140435407.50	68759.8
CV (%)		1.97	20.8	4.8	12.15	20.8

† Fuente de variación (FV), grados de libertad (GL), repeticiones (REP), fechas de siembra (FCH), bioestimulante (BIO), Coeficiente de variación (CV). **Altamente significativo *Significativo, (Tukey, 0.05).

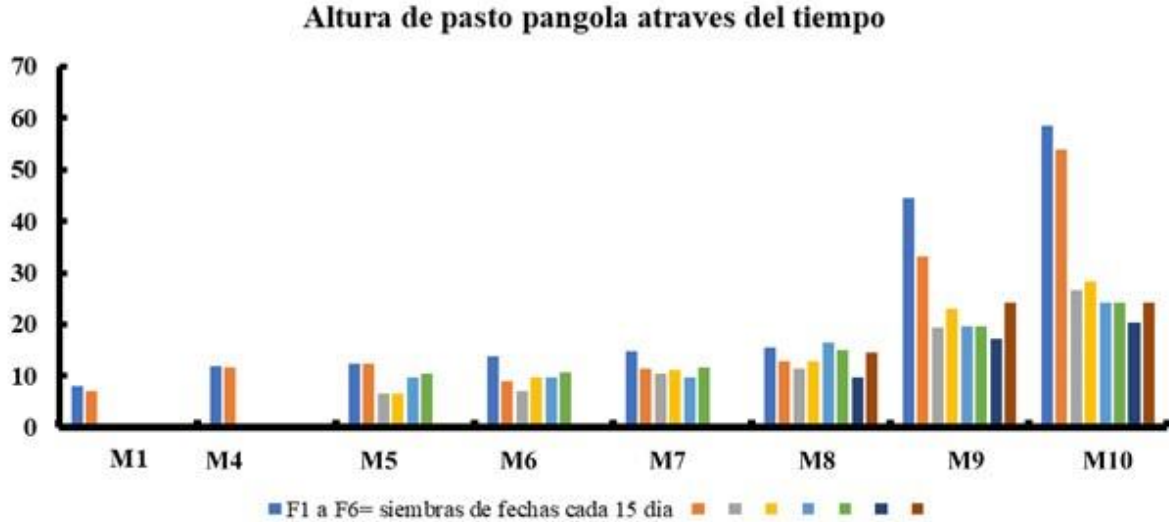


Figura 2. Altura a través del tiempo del pasto Pangola, siembras cada 15 días, con bioestimulante para mejorar el enraizamiento.

La Figura 2, se orienta al seguimiento de la altura del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud), de distintas fechas de siembra, se evalúa la variación en diferentes condiciones climáticas (Figura 1), con respecto a los tratamientos con bioestimulante y sin bioestimulante (CBIO y SNBIO), sobre la influencia del crecimiento. Con mediciones de siembras cada 15 días, fecha inicial del 15 de febrero (M1 a M3), varían desde 7.12 hasta 12.37 cm para el tratamiento SNBIO, mientras que para el tratamiento CBIO la variación es de 8.00 a 15.53 cm., así mismo en fechas del 30 de marzo al 30 de junio (M4 a M10) la mayor altura de rebrote según (Gusmão *et al.*, 2020) se presentó de marzo a septiembre con una mayor altura de defoliación de entre los 35 y 45 días del rebrote en pasto *digitaria eriantha*, se incrementa la altura con el tratamiento CBIO (58.6 cm). Estos resultados sugieren que la aplicación de bioestimulante tiene impacto positivo en el crecimiento del pasto Pangola, especialmente en etapas más avanzadas de su desarrollo. Vega-Celedón *et al.* (2016) menciona que la hormona auxina vegetal ácido indol-3-acético (AIA) controla procesos fisiológicos (elongación y división celular).

Cuadro 2. Efecto de las fechas de siembra (F) y la aplicación del bioestimulante (CBIO) y sin bioestimulante (SBIO) con respecto a las medias de las variables peso verde (PV), peso seco (PS), floración (FLOR), materia seca por hectárea (MSHA), y paca de 20 kg (PACA).

INTERACCIÓN	PV	PS	FLOR	MSHA	PACA
F1CBIO	1139 ^a	153 ^a	78 ^a	6127 ^a	306 ^a
F1SBIO	987 ^{ab}	137 ^{ab}	68 ^a	5483 ^a	274 ^{ab}
F4CBIO	552 ^{abc}	142 ^a	78 ^a	284 ^b	284 ^{ab}
F4SBIO	952 ^{ab}	152 ^a	62 ^b	304 ^b	304 ^a
F5CBIO	546 ^{abc}	115 ^{ab}	58 ^b	229 ^b	229 ^{abc}
F5SBIO	667 ^{abc}	109 ^{ab}	30 ^{bc}	218 ^b	219 ^{abc}
F6CBIO	644 ^{abc}	93 ^b	26 ^{bc}	187 ^{bc}	187 ^{bc}
F6SBIO	372 ^{bc}	102 ^{ab}	12 ^c	205 ^b	205 ^{abc}

†Las variables PV, PS, FLOR, MSHA y PACAS presentaron diferencias estadísticas la interacción de las fechas de siembra con la aplicación del bioestimulante ($p \leq 0.05$). a, b, c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). Peso verde (PV) k, materia seca (MS) g, Materia seca por hectárea (MSHA) t ha-1., Pacas (PACAS) k.

En el Cuadro 2 se observa el efecto de las fechas de siembra con respecto al uso de bioestimulantes como promotores del crecimiento de las raíces (Báez-Pérez *et al.*, 2015) donde la aplicación del ácido indol-3-butírico, tuvo efecto significativo en PV en siembras realizadas en el mes del 15 de febrero (F1), existió una mejor producción en 4.5 meses produciendo pacas de 20 kilos con la aplicación del bioestimulante.

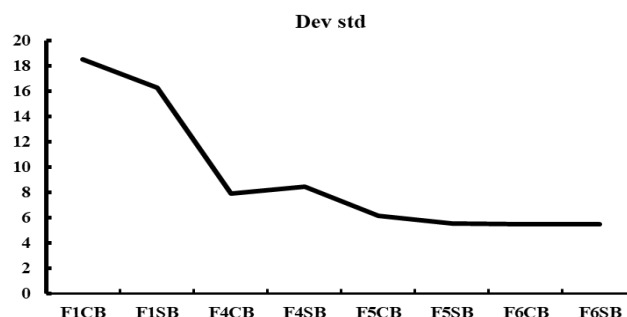


Figura 3. Variabilidad de las Mediciones a lo Largo del Tiempo - Desviaciones Estándar de las alturas del Pasto Pangola.

La variabilidad en las mediciones de las distintas variables se refleja en las desviaciones estándar correspondientes. Estos valores resaltan la dispersión de los datos alrededor de la media y brindan una representación visual de la amplitud de las mediciones en cada caso. La figura 3 se exhibe las desviaciones estándar para cada variable, permitiendo una comparación directa de la variabilidad entre las diferentes condiciones y tratamientos. En general, las diferencias en las desviaciones estándar reflejan la magnitud de la dispersión en las mediciones y pueden proporcionar información relevante para la comprensión de las condiciones experimentales y los efectos de los tratamientos en estudio (Sheard, 2018).

CONCLUSIONES

Se concluye que al utilizar el bioestimulante de raíces ácido indol-3-butírico, con fecha de siembra del mes de 15 de febrero se obtuvieron mejores rendimientos en pesos verdes, mayor obtención de materia seca por Ha y por ende un mayor número de pacas 306 por Ha.

LITERATURA CITADA

- Báez-Pérez A.; L. González-Molina; E. Solís Moya; A. Bautista-Cruz; M. A. Bernal-Alarcón. 2015. Efecto de la aplicación del ácido indol-3-butírico en la producción y calidad de trigo (*Triticum aestivum* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(3): 523-537.
- Bacha, F. 2022. *Digitaria eriantha*: un recorrido parcial por su investigación y experiencias de utilización en el semiárido de San Luis. CORE. INTA. <https://core.ac.uk/works/123407526>.
- Castro, R. E.; E. Sierra; J. E. Mojica; J. E. Carulla; C. E. Lascano. 2017. Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del Trópico Seco. Archivos De Zootecnia, 66(253): 99-106. <https://doi.org/10.21071/az.v66i253.2131>.
- Deutschmann, K.; C. Phatsara; C. Sorachakula; T. Vearasilp; W. Phunphiphat; A. Cherdthong; K. Gerlach; S. Karl-Heinz. 2017. *In vitro* gas production and *in vivo* nutrient digestibility and growth performance of Thai indigenous cattle fed fresh and conserved pangola grass. 3(16): 521–529.
- González, M. E.; R. D. Ernst; M. A. Ruiz. 2022. Aptitud para la implantación y supervivencia de gramíneas forrajeras estivales nativas y exóticas en la provincia de la pampa, argentina. SEMIÁRIDA Revista de la Facultad de Agronomía unlpam. 31(2): 21-31. [http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2021\(02\).21-31](http://dx.doi.org/10.19137/semiarida.2021(02).21-31).
- Gusmão, F. J. D.; F. D. Deitos; S. B. Maia de Lana; F. J. Lara; B. A. Acosta; D. D. L Santos; P. S. S Campos; T. F. Andrade. 2020. Dinámica de crecimiento y senescencia del pasto Pangola como respuesta a diversas alturas de corte. Rev Mex Cienc Pecu. 11(1): 38–52. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4913>.

- Mamédio, D.; C. M. S. De Andrade; A. F. Sampaio; D. R. S. Loures. 2020. Soil management and planting spacing effects on establishment of mixed swards of purple stargrass (*Cynodon nlemfuensis* Cv. BRS lua) and forage peanut (*Arachis pintoii* Cv. belmonte) in an area of degraded *Brachiaria brizantha*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.5004>
- SAS. 2002. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Sheard, J. 2018. Quantitative data analysis. *Research Methods*. Chandos Publishing. 18(2): 429-452 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102220-7.00018-2>.
- Tosquy-Valle, O. H.; R. Zetina-Lezama; E. López-Salinas; F. J. Ibarra-Pérez; B. Y. Villar-Sánchez; J. R. Rodríguez-Rodríguez. 2020. Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*. 38: 91-102. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>.
- Vega-Celedón, P.; C. H. Martínez; M. González; M. Seeger. 2016. Biosíntesis de ácido indol-3-acético y promoción del crecimiento de plantas por bacterias. *Cultivos Tropicales*. 37: 33-39. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.5158.3609>.

COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DEL PASTO OVILLO (*Dactylis glomerata* L.) BAJO SOMBREADO

PRODUCTIVE BEHAVIOR OF ORCHARD GRASS (*Dactylis glomerata* L.) IN SHADE

Josué Jonathan Ríos Hilario¹, Sergio Iban Mendoza Pedroza^{1*}, Adelaido Rafael Rojas García²,
Claudia María Isabel Hidalgo Moreno³, Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca¹, Arturo Pro Martínez¹,
Fernando González Cerón⁴

¹Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.2, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Acapulco – Pinotepa Nacional km 197, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940.

³Posgrado en Edafología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

⁴Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México – Texcoco km 38.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

* Autor por correspondencia: sergiomp@colpos.mx

RESUMEN

La incorporación de árboles de sombra en los sistemas productivos es una alternativa para afrontar los riesgos que la agricultura y ganadería enfrentan. El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento y composición morfológica de pasto ovillo en sombra arbórea (*Salix alba* L. y *Schinus molle* L.) y exposición directa al sol durante la estación de primavera. La investigación se realizó durante la estación primavera 2023 en el Campo Experimental, Colegio de Postgraduados, México (19° 29' LN, 98° 53' LO). Las variables evaluadas fueron: rendimiento acumulado, tasa acumulada neta (TANF), relación hoja: tallo (RHT), altura y densidad de plantas. La medición del porcentaje de cobertura generada por las especies arbóreas (40 – 46 %) se realizó mediante un densiómetro de espejo convexo. Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones y comparación múltiple de medias (Tukey, $p < 0.05$). El efecto de la sombra en la producción de biomasa y TANF estacional no fue diferente. Sin embargo, la RHT (5.1) incrementó significativamente bajo sombra, que se podría reflejar posiblemente en un incremento de la digestibilidad y calidad del forraje. La sombra de los árboles mejora la calidad morfológica del forraje.

Palabras clave: sombra, árbol, pasto, pradera.

ABSTRACT

The incorporation of shade trees in production systems is an alternative to face the risks that agriculture and livestock face. The objective of the study was to evaluate the yield and morphological composition of orchard grass under tree shade (*Salix alba* L. and *Schinus molle* L.) and direct exposure to the sun during the spring season. The research was conducted during the spring 2023 season at the Campo Experimental, Colegio de Postgraduados, Mexico (19° 29' N, 98° 53' O). The variables evaluated were: cumulative yield, net cumulative rate (TANF), leaf-to-stem ratio (RHT), height and density of plants. The measurement of the percentage of cover generated by the tree species (40 – 46 %) was carried out by means of a convex mirror densiometer. Data

were analyzed using a completely randomized design with three replications and multiple comparison of means (Tukey, $p < 0.05$). The effect of shade on biomass production and seasonal TANF was no different. However, the RHT (5.1) increased significantly under shade, which could possibly be reflected in an increase in forage digestibility and quality. The shade of trees improves the morphological quality of forage.

Keywords: shade, tree grass, grassland.

INTRODUCCIÓN

La ganadería es la actividad productiva de mayor uso de suelo en México, de la que dependen miles de familias rurales campesinas. El modelo de producción extensiva altamente promovido durante la década de 1970 ha incrementado la deforestación, pérdida de biodiversidad, la erosión y disminución de la materia orgánica del suelo, generando fuertes impactos ambientales (Herrero *et al.*, 2009), por lo cual la disponibilidad en cantidad y calidad del forraje disminuye. La integración de especies leñosas al sistema productivo permite a escala local optimizar procesos biológicos como la fotosíntesis, el reciclaje de nutrientes y la actividad microbiana en el suelo, permitiendo el empleo de menos insumos externos y la mitigación del cambio climático (Murgueitio *et al.*, 2011). Por lo tanto, la incorporación de árboles de sombra en los sistemas productivos es una alternativa para afrontar los riesgos que la agricultura y ganadería enfrentan (Rosenzweig y Hillel, 1998; Rodríguez *et al.*, 2022). El objetivo fue evaluar las características estructurales y producción de biomasa de pasto ovido bajo sombra y exposición directa al sol durante la estación de primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro Experimental del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México (19° 27' 38 LN, 98° 54' 11" LO y 2250 m.s.n.m.), durante la estación de primavera 2023. El clima es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 637 mm y lluvias en verano, temperatura media anual de 15.2 °C (García, 2004). El suelo es arcilloso arenoso, ligeramente alcalino con pH de 7.6. Para el estudio, se utilizó un predio de 90 x 60 m dividido en 4 parcelas de 90 m² cada una, el cultivo fue establecido en mayo de 2022 y la densidad de siembra fue 20 kg ha⁻¹. No se empleó fertilización. Durante la estación de estiaje, se proporcionaron riegos a capacidad de campo cada dos semanas. Se realizó un pastoreo de uniformidad con ovinos y posteriormente los pastoreos se realizaron cada cuatro semanas en primavera – verano y cada 5 y 6 semanas durante otoño – invierno, respectivamente. La medición del porcentaje de cobertura generada por las especies arbóreas de sauce blanco (*Salix alba* L.) y pirul (*Schinus molle* L.) se realizó mediante un densiómetro de espejo convexo.

Para calcular el rendimiento acumulado (kg MS ha⁻¹) durante la estación, se sumó el rendimiento de forraje un día antes del pastoreo. La TANF se calculó dividiendo la producción de biomasa cosechada antes de cada pastoreo, entre el número de días entre dos pastoreos. La RHT se calculó al dividir el peso seco de las fracciones botánicas hoja entre tallo. Para determinar la altura de planta, un día antes de cada pastoreo se realizaron 20 mediciones de altura con regla en cada tratamiento. Para la densidad de plantas, se fijó un cuadro de 1 m² de manera aleatoria en cada unidad experimental. Un día previo a cada pastoreo se contó el número de plantas presentes. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones, los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza y comparación múltiple de medias (Tukey, $p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de la sombra arbórea y exposición al sol en el rendimiento forrajero estacional y TANF de pasto ovillo no tuvieron efecto significativo ($p > 0.05$), la producción de forraje fue de 4 085 y 4 172 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 1). El pasto ovillo tiene una buena adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales, es tolerante a la sombra, tiene la habilidad de crecer bajo los árboles (Sanada *et al.*, 2010; Yang *et al.*, 2019).

La relación hoja:tallo fue mayor (5.1) bajo la sombra arbórea, esto se podría reflejar posiblemente en un incremento de la calidad y digestibilidad del forraje (Obispo *et al.*, 2013). Estudios previos consignan que la sombra puede provocar cambios en la morfología foliar, como el aumento del área individual de las hojas, reducción del espesor de las hojas, menor número de estomas por cm² y, por último, la velocidad a la que las hojas se renuevan tiende a ser menor en comparación con pleno sol (López-Bravo *et al.*, 2012).

Cuadro 1. Producción de biomasa, tasa de acumulación neta y características morfológicas de pasto ovillo bajo sombra y exposición directa al sol.

Tratamiento	Rendimiento	TANF	RHT	Altura
	kg MS ha ⁻¹	Kg MS ha ⁻¹ d ⁻¹		cm
Sombreado arbóreo	4 085	72.93	5.1 ^a	32.5 ^b
Exposición libre al sol	4 172	74.50	3.6 ^b	38.7 ^a

^{a, b} letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).
TANF: tasa de acumulación neta; RHT: relación hoja:tallo.

Por otra parte, la altura de la planta mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), la mayor altura (38.5 cm) se registró en la pradera con exposición al sol y la menor altura (32.5 cm) bajo sombreado.

En la figura 1, se muestra la densidad de plantas (plantas m²). Se encontraron diferencias entre tratamientos ($p < 0.05$), el número de macollos disminuyó en la exposición libre al sol. Las especies forrajeras responden de manera diferente al manejo que se le practique, afectando su persistencia, dinámica poblacional y rendimiento. El cambio en densidad de plantas se atribuye a las condiciones ambientales, particularmente la temperatura, así como también la defoliación (Hernández – Garay *et al.*, 1999).

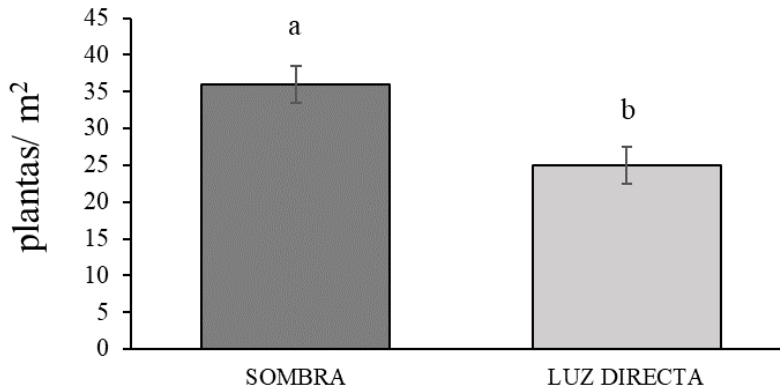


Figura 1. Densidad de plantas de pasto ovillo bajo sombra y exposición al sol directa.

CONCLUSIONES

El sombreado impacta significativamente sobre las características morfológicas del pasto ovillo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Campus Montecillo por las facilidades brindadas para realizar esta investigación y a la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático (PREGEP-Ganadería, Campus Montecillo), del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Obispo, E. N.; Espinoza, Y.; Gil, J.L.; Ovalles, F.; Cabrera, E.; Pérez, M.J. 2013. Relación de la proporción de sombra en el potrero con el rendimiento, calidad del forraje y ganancia de peso en novillos. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 23(6): 531 - 536.
- Rodríguez, T.T.; Bonatti, B.; Löhr, K.; Lana, M., Del Río, M; Sieber, S. 2022. Analyzing influencing factors to scale up agroforestry systems in Colombia: A comparative ex-ante assessment of cacao farming and cattle ranching in two regions. *Agroforestry Systems*. 96: 435- 446.
- Sanada, Y.; Gras, M.C.; Santen, E.V. 2010. Cocksfoot. In: *Fodder crops and amenity grasses*. New York: Springer. P.17 – 20.
- Yang, M.; Liu, M.; Lu, J.; Yang, H. 2019. Effects of shading on the growth and leaf photosynthetic characteristics of three forages in an apple orchard on the Loess Plateau of eastern Gansu, China. *PeerJ*. 7:7594.
- García, E. (2004). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. 4 (ed.). Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Hernández- Garay, A; Matthew, c.; Hodgson, J. 1999. Tiller size/density compensation in perennial miniature sward subject to differing defoliation heights and a proposed productivity index. *Grass and Forages Science*. 54: 347-356.
- Murgueitio, E.; Ibrahim M. 2009. Cattle and the environment in Latin America. In: Murgueitio E., Cuartas C., y Naranjo J. (Eds.). *Ganadería del futuro: Investigación para el desarrollo*. 2da. Ed. Fundación CIPAV. Cali, Colombia, p. 20-39.
- Herrero, M., P.K.; Thornton, P.; Gerber, R.S. 2009. Livestock, livelihoods, and the environment: understanding the trade-offs. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 1(2): 111-120.
- López-Bravo, D.F.; Virginio-Filho, E.M.; Avelino, J. 2012. Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection* 38:21-29.

CALIDAD FÍSICA Y FISIOLÓGICA DE SEMILLA DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS COSECHADOS EN CAMINOS

PHYSICAL AND PHYSIOLOGICAL QUALITY OF NATIVE AND NATURALIZED GRASS SEEDS HARVESTED ON ROADS

Marco Antonio Rivas Jacobo^{1*}, Perla Citlali Garza Moreno¹, Blanca Rosa Méndez Martínez¹,
Camelia Alejandra Herrera Corredor¹, Gilberto Ballesteros Rodea¹

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. Carretera San Luis-Matehuala km 14.5,
78321. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P.

*Autor por correspondencia: marco.rivas@uaslp.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad física y fisiológica de semillas de pastos anuales cosechados en los caminos, carreteras y terrenos de cultivos de zonas semiáridas del estado de San Luis Potosí. La investigación se realizó en la FAyV-UASLP ubicada a 22° 12' LN y 100° 51' LO a 1835 m de altitud. Se utilizaron 10 especies nativas y 5 especies naturalizadas de pastos anuales. Se evaluó análisis de pureza (AP), peso volumétrico (PV), peso de 1000 semillas (PMS), porcentaje de germinación (PG) y peso seco de plántula (PSP), en las cuales las cuales hubo variación entre las especies estudiadas, lográndose obtener buenos resultados en semilla pura, las semillas más pequeñas mostraron PV menores a los de mayor tamaño, así como en el PMS. La germinación de las especies anuales a un año de cosechas fue baja.

Palabras clave: Semillas de gramíneas nativas, germinación, peso mil semillas.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the physical and physiological quality of annual grass seeds harvested on roads, highways, and croplands in semi-arid areas of the state of San Luis Potosí. The research was carried out at the FAyV-UASLP located at 22° 12' LN and 100° 51' LO at 1835 m altitude. 10 native species and 5 naturalized species of annual grasses were used. Purity analysis (AP), volumetric weight (PV), weight of 1000 seeds (PMS), germination percentage (PG) and seedling dry weight (PSP) were evaluated, in which there was variation between the species studied. being able to obtain good results in pure seed, the smallest seeds showed lower PV than the larger ones, as well as in the PMS. The germination of the annual species after one year of harvests was low.

Keyword: Native grass seeds, germination, thousand seed weight.

INTRODUCCIÓN

La superficie terrestre de México es de 196.5 millones de hectáreas, de las cuales 103.6 millones de hectáreas (52.7%) corresponden el área sin uso o vocación agropecuaria; de éstas el 46.1% (88.4 millones de has) están destinadas al uso agropecuario, de las cuales 39.8 millones de has se destinan a los agostaderos, pastos naturales, enmontadas, bosque o selva (INEGI, 2022). De éstas el caso particular de los pastizales en México representan menos del 15 % de la superficie terrestre del país, con una riqueza biológica relativamente alta, cuyas principales amenazas son: cambio de uso de suelo, desarrollo urbano, fragmentación del hábitat, sobre explotación de los mantos acuíferos, introducción de especies exóticas invasivas, supresión de fuegos y remoción mecánica de los pastos

nativos (Morales, 2013). Los cuales a la fecha están siendo deteriorados por mal uso como sobrepastoreo, erosión y falta de lluvia para el crecimiento de los pastos en las épocas de temporal, lo que provoca la pérdida de cobertura vegetal y en consecuencia la pérdida de especies de pastos que en una época fueron importantes y contribuían a la disponibilidad de biomasa vegetal para alimentar al ganado y que ahora se hace difícil su recuperación por la falta de recuperación de suelos y de semilla disponible para recuperar las especies nativas desaparecidas.

Hablando específicamente de zonas áridas y semiáridas existe una amplia diversidad de especies con potencial forrajero, que por ser poco trabajados carecen de “domesticación” y ello tiene como inconveniente bajo rendimiento en producción de semilla, lo que limita la disponibilidad de esta para ser utilizada por aquellos ganaderos que han intentado repoblar sus agostaderos (Ramírez, 2023). Los pastos no son especies domesticadas y la baja germinación es una característica de las gramíneas de pastizal, la cual reduce la efectividad de sembrar praderas de gramíneas de temporal (Hanna y Anderson, 2008). Cuando se utiliza semilla para siembra es importante cuidar la calidad de semillas que se va a utilizar y hacerles pruebas de germinación y vigor (Enríquez *et al.*, 2011). La producción de semilla de calidad de gramíneas forrajeras que se adapten a diversos climas es una necesidad en México para promover mayor cobertura vegetal y productividad primaria del pastizal a través de incrementar la frecuencia de siembras exitosas de praderas a bajo costo (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Por lo que en esta investigación se planteó el objetivo de evaluar la calidad física y fisiológica de semillas de pastos anuales cosechados en los caminos, carreteras y terrenos de cultivos de zonas semiáridas del estado de San Luis Potosí.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Agrostología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP, ubicada a 22° 12’ LN y 100° 51’ LO a 1835 m de altitud. El clima es seco, con temperaturas medias anuales de 18°C. La precipitación de 350 mm (García, 2004).

El material genético utilizado fue 8 especies nativas y 4 especies naturalizadas de pastos anuales colectadas en octubre y noviembre de 2019 en bordos de carreteras, caminos y terrenos de cultivos de varios municipios de las zonas semiáridas, del estado de San Luis Potosí (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de pastos anuales colectados y utilizados como tratamientos.

Nombre Común	Nombre Científico	Municipio	Origen
Navajita anual	<i>Bouteloua barbata</i> Lag	Matehuala-Carretera	Nativa
Tres barbas1	<i>Aristida adscencionis</i> L.	Matehuala-Carretera	Naturalizada
Banderita1	<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth) Griseb	Matehuala-Carretera	Nativa
Paraguaita morada	<i>Chloris inflata</i> Link	Matehuala-Carretera	Naturalizada
Zacate pajita	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn	Guadalcazar-Carretera	Nativa
Zacate Azul	<i>Poa annua</i> L.	Cerritos-Carretera	Naturalizada
Pasto Orqueta	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Cerritos-Carretera	Nativa
Tres barbas2	<i>Aristida adscencionis</i> L.	Cerritos-Carretera	Naturalizada
Banderita2	<i>Bouteloua aristidoides</i> (Kunth) Griseb	Cerritos-Carretera	Nativa
Navajita morada	<i>Bouteloua radicata</i>	Cerritos-Carretera	Nativa
Setaria 1	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn	Guadalcazar-centro	Nativa
Briza	<i>Briza minor</i> L.	Soledad G. S.-Campo	Naturalizada
Zacate mota	<i>Chloris virgata</i> Sw.	Soledad G. S.-Campo	Nativa
Setaria 2	<i>Setaria grisebachii</i> E. Fourn	Soledad G. S.-Campo	Nativa
Pasto llorón	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem) Link.	Soledad G. S.-Campo	Nativa

La semilla se colectó en los municipios de Soledad de Graciano Sánchez, Cerritos, Guadalcazar y Matehuala; se identificó que los pastos tuvieran semilla madura, para ello se cosechó la semilla con la mano dando un jalón con el puño, agarrando las espigas y se extrajo la semilla, la cual se depositó en bolsas de papel estraza. Posteriormente las bolsas con la semilla se pusieron a secar en el sol para su uso posterior a los doce meses. La semilla se desprendió de las espigas en forma manual y mediante frotación en un hule corrugado y se obtuvieron los antecios ó flósculos provistas de lemma, pálea y arista. De cada muestra obtenida de semilla de pastos se tomó en forma aleatoria 100 g para realizar los análisis de la calidad física y fisiológica, para determinar las siguientes variables:

Análisis de pureza (AP). De la muestra de 0.1 kg se tomó una submuestra en forma aleatoria para el análisis de pureza. Se determinó el peso en gramos utilizando con aproximación de décimas la fracción de semilla pura y materia inerte; así mismo se contabilizaron las semillas de otras especies contenidas en la muestra, según lo describe la ISTA (2013).

Peso Volumétrico (PV). Se pesaron en una balanza digital Modelo BJ2200C, marca PRECISA, con precisión de 0.01 g., 2, 4 y 6 gr de semilla dependiendo del tamaño en tres repeticiones y se colocaron en una probeta de 50, 100 y 200 ml dependiendo de lo voluminoso de la semilla por su estructura y aristas. Se dividió el peso de la semilla entre el volumen ocupado en la probeta.

Peso de 1000 semillas (PMS). Utilizando la semilla pura, se contaron 8 repeticiones de 100 semillas de cada tratamiento, y se pesaron en una balanza digital Modelo BJ2200C, marca PRECISA, con precisión de 0.01 g.

Porcentaje de Germinación (PG). Se utilizaron charolas de 148 cavidades con peat moss, donde se utilizaron 64 cavidades por especie, distribuidas en ocho hileras de ocho cavidades, donde se depositó entre seis y siete semillas por cavidad y 50 semillas por hilera, dos hileras hicieron una repetición de 100 semillas y se utilizaron cuatro repeticiones. Se regaron las charolas a diario con agua de la llave y se les colocó unas lámparas de luz blanca de 8:00 am a 18:00 pm. Al día 11 empezaron a emerger las primeras plántulas y se inició el conteo diario hasta el día 30.

Peso seco de plántula (PSP). Esta variable se determinó al pesar con una balanza digital marca PRECISA modelo BJ2200 con precisión de 0.01 g 10 plántulas normales de cada repetición, después de secarlas en la estufa durante 72 horas a 55° C.

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones (Steel y Torrie, 1988). Se realizó el análisis de varianza univariado (ANOVA). Las variables significativas se sometieron a la prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05$), mediante el paquete SAS (SAS, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El AP de la semilla varió del 11.0 al 96.7 %, lo que muestra que únicamente la técnica utilizada de forma manual y con el apoyo de bastidores con hule corrugado no es posible tener semilla lo más limpia como se requiere para su buena utilización sin llevar tantas impurezas y que bien podría tenerse semilla más limpia si se dispone de zarandas de orificio pequeño y con apoyo de algunos ventiladores con velocidades bajas para evitar el arrastre de semilla. Rivas-Jacobo *et al* (2017), observó mayores valores que van del 67 al 100% de pureza en semillas colectadas y limpiadas en forma manual pero de menor dificultad de desprendimiento de los tallos y espigas.

El PMS varió entre 0.22 a 2.72 g, lo que demuestra la variabilidad de las semillas en cuanto a peso, siendo las de mayor tamaño como banderita y tres barbas las de mayor pesos y pasto llorón y briza las de menor tamaño con el menor peso. Rivas-Jacobo *et al*. (2017) observó resultados semejantes en algunas especies con un rango de 0.612 a 0.982 gr, lo cual puede variar las condiciones sobre la cual se produjo la semilla, ya sea más grandes o pequeña o más llenas o menos llenas, y eso en la producción debe de controlarse para obtener semilla de calidad.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

El PG en los pastos anuales mostró diferencias significativas entre especies (Cuadro 2), donde los mejores valores fueron para pasto orqueta y banderita2 con 34.0 y 32.7 % de Germinación, en cambio hubo pastos que no mostraron germinación como navajita morada y zacate pajita. Resultados que demuestran la gran variabilidad de germinación entre especies de pastos en semillas con un año de colecta, que tal vez pudiera deberse a la incompleta maduración de la misma al momento de la cosecha o a la presencia de inhibidores o protección por su estructura por glumas, lemas y palea. Los resultados obtenidos son diferentes a lo que mencionan Velázquez *et al.* (2015), ya que observaron que banderita y navajita no tienen latencia posterior a los tres meses de la cosecha y que no hay necesidad de eliminar estructuras. Los datos de esta investigación fueron mucho menores a los obtenidos por Rivas-Jacobo *et al.* (2017) para semillas de pastos evaluados de cosechas de 1, 2 y 3 años, con 23.2 a 91.75% de germinación.

El PV también mostró diferencias significativas entre especies (Cuadro 2), donde los mayores valores lo mostraron tres barbas2, tres barbas1 y zacate mota con 231.0, 229.7 y 207.0, respectivamente. En cambio los menores valores lo mostraron las especies setaria1 y pasto llorón con 4.6 y 3.7, respectivamente. Como es notorio los mayores volúmenes corresponden a los pastos más voluminosos por sus estructuras que cubren y protegen al flósculo como cerdas, glumas y lemas y palea, aunque no propiamente sean de mayor volumen los flósculos, ocupando así mayor espacio. Rivas-Jacobo *et al.* (2017) observaron datos similares que van de 16.21 a 64.32 kg hl⁻¹ para algunas especies de semillas de pastos de agostaderos.

Cuadro 2. Comparación de medias de pureza, peso de 1000 semillas, peso volumétrico, germinación y peso seco de plántula de pastos anuales colectados en San Luis Potosí, 2020.

Espece	Pureza (%)	Peso 1000s (gr)	Peso Volumétrico (kg hl ¹)	Germinación (%)	Peso Seco de Plántula (gr)
Navajita anual	17.67	0.51	69.7 c	0.0 d	-
Tres barbas1	12.00	1.50	229.7 a	12.0 b	0.00235 a
Banderita1	90.00	1.60	38.0 d	1.5 d	-
Paragüita morada	56.00	0.80	78.7 c	11.0 b	0.00085 a
Zacate pajita	32.17	0.64	-	0.0 d	-
Zacate Azúl	96.17	0.70	-	2.0 d	0.00325 a
Pasto Orqueta	11.00	0.70	11.9 e	34.0 a	0.00285 a
Tres barbas2	11.50	1.40	231.0 a	5.2 c	0.00240 a
Banderita2	93.33	2.72	35.0 d	32.7 a	0.00155 a
Navajita morada	25.00	0.60	70.1 c	0.0 d	-
Setaria1	81.11	0.62	4.6 e	1.2 d	0.00162 a
Briza	76.33	0.32	36.5 d	1.0 d	0.00140 a
Zacate mota	38.00	0.36	207.0 b	3.0 cd	0.00052 a
Setaria2	89.78	0.65	7.0 e	1.0 d	0.00070 a
Pasto llorón	85.00	0.22	3.7 e	0.2 d	-
Media	54.34	0.85	79.4	7	0.00175
DMS			21.5	3.08	0.0036

El PSP en las especies anuales no mostró diferencias significativas (Cuadro 2), lo que hace ver que sean semejantes en cuanto a vigor de la plántula por la expresión “a mayor peso seco mayor vigor

de plántula en condiciones normales”, lo que se traduciría que en campo tienen las mismas posibilidades de establecerse cuando se siembran bajo condiciones normales.

CONCLUSIONES

Existe variabilidad entre especies de pastos en cuanto a germinación, peso volumétrico y peso seco de plántula.

La germinación de las especies anuales a un año de cosechas es baja en comparación a semillas de otras especies forrajeras cultivadas o introducidas mejoradas.

Se recomienda realizar estudios a más detalle sobre la germinación de las semillas con el uso de tratamientos químicos y semilla pelada para observar la presencia de inhibidores o el cambio de germinación sin la presencia de estos factores.

AGRADECIMIENTOS

Al FAI-UASLP por el financiamiento del proyecto 290140078 en la convocatoria 2019.

LITERATURA CITADA

- Enríquez, Q. J. F.; Meléndez, N. F.; Bolaños, A. E. D.; Esqueda, E. V. A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La posta. INIFAP-SAGARPA. Medellín de Bravo, Ver. 405 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía de la UNAM. México. 90 p.
- Hanna, W. W; Anderson, W. F. 2008. Development and impact of vegetative propagation in forage and turf Bermudagrasses. *Agronomy J.* 100(3):S-103-S-107.
- INEGI. 2023. Censo 2022 Agropecuario. Resultados oportunos. México. 35 p.
- ISTA. 2013. Handbook on Seedling Evaluation/ International Seed Testing Association. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland.
- Morales, G. G. G. 2013. Importancia y uso de los pastos nativos para la avifauna asociada al matorral espinoso Tamaulipeco, San Fernando, Tamaulipas, México. Tesis de Doctor en Ciencias. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. 102 p.
- Quero-Carrillo, A. R.; Miranda-Jiménez, L; Hernández-Guzmán, F. J.; Rubio, A. F. A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas de temporal. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 31 p.
- Rivas-Jacobo, M. A.; Sandoval-Alvarado, J.; Herrera-Corredor, C. A.; Marín-Sánchez, J.; Escalera-Valente, F.; Loya-Olguín J. 2018. Evaluación de semilla de pastos cosechados en caminos y campos de cultivos. *Abanico Veterinario* 8:36-46.
- SAS. 2004. Institute Inc. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 121 p.
- Steel, R. G. D.; Torrie, J. H. 1988. Bioestadística; principios y procedimientos. Mc Graw-Hill, traducido en inglés por R. Martínez B. U.S.A. 30-35 Pp.
- Ramírez, S. E. 2023. Parámetros de calidad en propágulos de pastos de zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CENID. Bajado el 20 de julio de 2023. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/parametros-de-calidad-en-propagulos-de-pastos-de-zonas-aridas-y-semiaridas-de-mexico>
- Velázquez, M. M; Hernández, G. F. J.; Cervantes, B. J. F.; Gámez, V. H. G. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental San Luis, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA. Fundación Produce San Luis Potosí. Folleto para productores. 22 p.

DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS AGROPECUARIOS DESPUÉS DE 46 AÑOS EN VALPARAÍSO, ZACATECAS

SOIL AGRICULTURAL DEGRADATION AFTER 46 YEARS IN VALPARAÍSO, ZACATECAS

Marco Antonio Rodríguez Fernández^{1,3}, Francisco Guadalupe Echavarría Chairez^{1,2*}, Rómulo Bañuelos Valenzuela¹, Marisol Blancas Mosqueda¹, Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez²

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. Carretera Panamericana km.31.5 tramo Zacatecas-Fresnillo, Gral. Enrique Estrada, 98560, Zacatecas, México.

²Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México.

³Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario Número 167, Valparaíso, Zacatecas, México. Km. 1 Camino a Agua Fría, C.P. 99200.

*Autor por correspondencia: echavarría.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

Como complemento a un estudio de diagnóstico realizado en el Municipio de Valparaíso, se realizó un muestreo de suelos de cada una de las parcelas de los productores agropecuarios involucrados, de un grupo de tres microcuencas que concentran la mayor superficie agrícola del municipio de Valparaíso y pertenecientes a un sistema de producción mixto de bovinos, en los cuales se detectaron problemas que afectan la rentabilidad y productividad. Con la información obtenida, se realizó una comparación entre bases de datos de determinaciones de laboratorio realizadas en 1976 (n=150) y 50 muestras colectadas en 2022 en una superficie de 43, 423 ha. Se realizó análisis fisicoquímico de cada una de las muestras con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Con la información generada se elaboraron imágenes raster y se analizaron con el programa IDRISI de cada uno de los elementos químicos estudiados. Las imágenes se compararon y fue posible distinguir la magnitud de los cambios en determinaciones como el incremento en valores de pH del suelo, incremento en contenido de calcio, porcentaje de arena, así como, incremento en contenido de sodio, disminución de potasio y decremento en el contenido de materia orgánica, lo que disminuye la fertilidad del suelo. Se asociaron los resultados del área más afectada de 9,181 ha de 43,423 ha estudiadas. La información obtenida servirá para orientar planes de investigación y de extensionismo en las microcuencas estudiadas y por su representatividad se tiene la posibilidad de hacer referencia al resto del Municipio de Valparaíso.

Palabras clave: Diagnóstico, sustentabilidad, geoestadística, imágenes.

ABSTRACT

As a complement to a diagnostic study carried out in the Municipality of Valparaíso, soil sampling was carried out from each of the plots of the agricultural producers involved, from a group of three micro-watersheds that concentrate the largest agricultural area in the municipality of Valparaíso and belonging to to a mixed cattle production system, in which problems affecting profitability and productivity were detected. With the information obtained, a comparison was made between databases of laboratory determinations carried out in 1976 (n=150) and 50 samples collected in

2022 in an area of 43,423 ha. Physicochemical analysis of each of the samples was carried out based on the Official Mexican Standard NOM-021-SEMARNAT-2000. With the information generated, raster images were prepared and analyzed with the IDRISI program for each of the chemical elements studied. The images were compared and it was possible to distinguish the magnitude of the changes in determinations such as the increase in soil pH values, increase in calcium content, percentage of sand, as well as increase in sodium content, decrease in potassium and decrease in organic matter content, which decreases soil fertility. The results of the most affected area of 9,181 ha out of 43,423 ha studied were associated. The information obtained will serve to guide research and extension plans in the micro-watersheds studied and, due to its representativeness, it is possible to refer to the rest of the Municipality of Valparaíso.

Keywords: Diagnosis, sustainability, geostatistics, imagens.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los suelos es complejo y de difícil cuantificación siendo necesario, en una primera aproximación al problema, definir la escala de trabajo. Karlen *et al.* (1997) propusieron monitorear la calidad de suelo a escala regional o cuenca, mientras que los procesos involucrados en el deterioro se entenderían mejor a nivel parcela.

El suelo es fundamental para la vida en la tierra, es la principal fuente de producción de alimentos, suministrando de nutrientes a las plantas, agua y el soporte para sus raíces. El suelo sirve como el mayor filtro y tanque de almacenamiento de agua en la tierra y hospeda una tremenda diversidad de organismos de gran importancia para el funcionamiento de un ecosistema (FAO, 2015). Anger *et al.* (1997) hace referencia a que la calidad del suelo, incluye atributos como fertilidad, productividad potencial, sostenibilidad y calidad ambiental, y la calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia del tiempo. Las propiedades del suelo como contenido de materia orgánica, diversidad de organismos o productos microbianos en un tiempo particular constituyen la salud del suelo (Bautista *et al.*, 2004).

La agricultura, está relacionada directamente con el crecimiento poblacional y el crecimiento económico de los países, ya que, es una de las principales fuentes de ingreso para las naciones en desarrollo y un tema de controversia en el contexto de las negociaciones comerciales a nivel global. Por ello, el enfoque de los productores se ha centralizado en obtener mayores ganancias con la menor cantidad de inversión, lo que ha provocado grandes cambios en la calidad de los suelos a favor de la degradación de los campos agrícolas. Desde los años 60's los suelos de México han sido clasificados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Por otra parte, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), coloca a México entre los primeros lugares en este aspecto, con cerca del 50% de suelos severa y muy severamente degradados comparado con el resto de sus países vecinos (Volke *et al.*, 2002).

El termino de calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo, que son:
1: promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas,
2: atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental) y,
3: favorecer la salud de plantas, animales y humanos (Vergara *et al.*, 2006)

La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras (Trujillo *et al.*, 2018; Villarruel, 2018).

Con el propósito de comparar el grado de degradación de suelo observado en cambios de características y propiedades del suelo, se muestrearon 50 parcelas de productores agropecuarios en tres microcuencas representativas del municipio de Valparaíso y se compararon contra bases de datos de suelos obtenidas en 1976.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación, se realizó como parte de un estudio de diagnóstico, realizado en un periodo comprendido entre los meses de mayo a diciembre de 2022, en parcelas agrícolas de un grupo de tres microcuencas que concentran la mayor superficie agrícola del municipio de Valparaíso y pertenecientes a un sistema de producción mixto de bovinos, localizado al sur-oeste del estado del Zacatecas entre las coordenadas geográficas 22° 10' y 23° 10' de latitud norte y 103° 11' y 104° 22' de longitud oeste; con una precipitación media de 489 mm y temperatura media de 17.3 °C (Medina y Ruíz, 2004) a una altitud de entre 700 y 3 000 m.s.n.m.

Muestreo de suelo y análisis fisicoquímico.- La primera parte de la información de suelos proviene de estudios realizados por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) en 1976 en el estado de Zacatecas y la segunda parte, proviene de muestreos y análisis realizados en 2022 en el laboratorio de suelos del Campo Experimental Zacatecas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El número de muestras de 2022 fue de 50 y las muestras suelo de 1976 fueron 150. El análisis de laboratorio incluyó determinaciones físico-químicas como: textura, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica (MO), y los macronutrientes nitrógeno inorgánico (NO₃), fósforo (P₂O₅) y potasio (K). En cuanto a la determinación de cationes en el extracto de saturación, los análisis de 1976 solo incluyeron calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na). Los análisis del año 2022 incluyeron aniones como cloro (Cl), bicarbonatos (HCO₃) y sulfatos (SO₄).

Análisis Geoestadístico.- Con la información se generaron imágenes raster de cada una de las determinaciones, utilizando modelos geoestadísticos (Isaaks and Srivastava,1989) e interpolaciones con kriging por medio del programa IDRISI (Eastman, 2012). Con el mismo software se hicieron comparaciones entre imágenes de 1976 y 2022 por medio de tabulación cruzada, con lo que fue posible detectar los cambios, como acumulaciones ó pérdidas de sedimentos. También fue posible estimar las superficies afectadas. Los resultados obtenidos son imágenes ráster que muestran pérdidas, acumulación de suelo que se han presentado en un periodo de 46 años.

Análisis Estadístico.- Se compararon los valores de las diversas determinaciones de suelo mediante una prueba de “t” de student. Los datos se analizaron por medio del programa SAS (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las determinaciones de suelos realizadas en 1976 y 2022 en las que hubo coincidencia de métodos y unidades se presentan en el Cuadro 1. Se presentan los parámetros de media y desviación estándar de cada determinación. Existen diferencias significativas (P<0.05) entre los años estudiados, presentando los valores más altos en el año 1976 en limo, MO, Mg y K. Otros indicadores fueron bajos en 1976 como el contenido de arena, pH, Ca y Na. Basados en lo anterior, se observa una posible acumulación de arena, Ca y Na, lo cual se asocia con incremento en los valores de pH (P<0.05). No hubo cambios (P>0.05) en el contenido de arcilla, fósforo y Mg.

Análisis de Imágenes.- El Cuadro 2 muestra un resumen de los cambios observados en tres indicadores del estado de degradación que guardan los suelos localizados en las tres microcuencas representativas de las áreas agrícolas del municipio de Valparaíso. Los tres indicadores fueron seleccionados a partir de la información original presentada en el Cuadro 1, antes de ser convertidas a imágenes. De la superficie total estudiada, que es de 160,930.9 ha y que representa la superficie total de las tres microcuencas estudiadas, se hizo una separación únicamente de la superficie

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

agrícola, utilizando la cartografía de uso del suelo y vegetación, serie V, de INEGI (2013), del total mencionado, la superficie se reduce a 43,423.7 ha dedicadas a uso agrícola (27 %) (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores medios y desviación estándar de las determinaciones químicas y físicas semejantes, realizadas en 1976 y 2022, en el municipio de Valparaíso, Zacatecas.

Año	Parámetro	Arena %	Arcilla %	Limo %	MO %	pH	P ppm	Ca Me/l	Mg Me/l	Na Me/l	K Me/l
1976	Media	46.9 b*	27.8 a	25.2 a	2.2 a	6.5 b	2.7 a	1.05 b	5.16 a	0.39 b	10.7 a
	DE	11.7	10.9	8.0	1.3	0.9	3.8	0.8	5.0	0.4	9.1
2022	Media	54.4 a	26.5 b	19.0 b	1.3 b	7.6 a	4.7 a	4.16 a	7.08 a	1.84 a	0.34 b
	DE	18.3	13.7	9.1	0.7	0.8	9.1	3.6	9.0	2.2	0.7

*Letras distintas en la misma fila indican diferencia significativa (P<0.05)

De=desviación estándar; MO= materia orgánica

Cuadro 2. Cambios en el pH del suelo, contenido de arena y calcio en 46 años en Valparaíso, Zacatecas

ESTADO DE SUELO EN 1976			ESTADO DE SUELO EN 2022			CAMBIOS (%)
Superficie (ha)	pH	%	Superficie (ha)	pH	%	
1276.8	5.5 - 6.0	2.9	0.0	5.5 - 6.0	0	-2.9
8405.2	6.0 - 6.5	19.4	2817.8	6.0 - 6.5	6.5	-12.9
17543.6	6.5 - 7.0	40.4	7254.7	6.5 - 7.0	16.7	-23.7
6172.1	7.0 - 7.5	14.2	11745.5	7.0 - 7.5	27.0	12.8
3010.1	7.5 - 8.0	6.9	10569.4	7.5 - 8.0	24.3	17.4
6687.4	8.0 - 8.5	15.4	7324.5	8.0 - 8.5	16.9	1.5
328.6	8.5 - 9.0	0.8	3711.7	8.5 - 9.0	8.5	7.8
Superficie (ha)	Arena (%)	%	Superficie (ha)	Arena (%)	%	
0.0	15 - 30	0	63.1	15 - 30	0.1	0.1
6006.8	30 - 45	13.8	2948.9	30 - 45	6.8	-7.0
28094.0	45 - 60	64.7	20333.3	45 - 60	46.8	-17.9
9322.9	60 - 75	21.5	20078.3	60 - 75	46.2	24.8
Superficie (ha)	Calcio (Me/l)	%	Superficie (ha)	Calcio (Me/l)	%	
11495.2	0.01-1.0	26.5	4882.9	0.01 - 1.0	11.2	-15.2
20937.2	1.0 - 2.0	48.2	3204.4	1.0 - 2.0	7.4	-40.8
8988.5	2.0 - 3.0	20.7	6281.0	2.0 - 3.0	14.5	-6.2
1895.5	3.0 - 4.0	4.4	5680.1	3.0 - 4.0	13.1	8.7
107.4	4.0 - 5.0	0.2	3324.1	4.0 - 5.0	7.7	7.4
0.0	5.0 - 10.0	0.0	14436.9	5.0 - 10.0	33.2	33.2
0.0	10.0 - 15.0	0.0	5614.2	10.0 - 15.0	12.9	12.9

Los tres indicadores fueron diferentes (P>0.05) entre ambos estudios, lo que indica que los cambios que se muestran en el Cuadro 2, representan una parte del proceso de degradación de un periodo de 46 años, por lo que estos cambios en las características como la textura y propiedades como el pH, pudieran estar asociadas al manejo del suelo y a factores como la erosión hídrica. El cambio que representa una mayor superficie es el pH del suelo, seguido de los cambios en el calcio y el otro son los cambios del porcentaje de arena. Sin embargo, al sobreponer las imágenes, estas solo coinciden en una superficie de 9181 ha (Figura 1). Al asociar la superficie de coincidencia (Figura 1) con los productores agropecuarios se detectaron disminuciones en la producción de forrajes y demás cultivos. La información obtenida servirá para promover prácticas de mejoramiento de la fertilidad como la incorporación de estiércoles y residuos de cosecha, así como la conservación de suelo y agua.

CONCLUSIONES

Al comparar bases de datos de 1976 y 2022, se detectan cambios en características y propiedades del suelo como la textura, el contenido de calcio y porcentaje de arena principalmente, aunque se detectaron cambios en potasio, materia orgánica y sodio. Se detectaron coincidencias de mayor intensidad en 9181 de 43423 ha, aunque el área de degradación abarca una mayor superficie en cada determinación evaluada. La identificación de superficies afectadas ayudará a labores de intervención tecnológica y a orientar futuros proyectos de investigación.

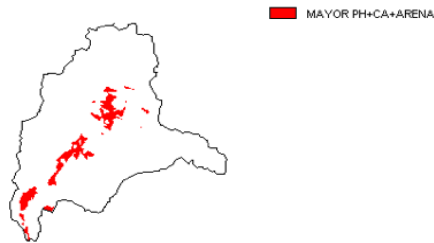


Figura 1. Área de mayor ph del suelo, Calcio y Arena en una microcuenca del municipio de Valparaíso, Zacatecas.

LITERATURA CITADA

- Anger, D. A., M.A. Bolinder 1997. Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen in cool, humid soils of eastern Canada, *Soil and tillage research*, Abril 1997 pp 191 – 201.
- Bautista C., A., J. Etchevers B. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores Ecosistemas, vol. XIII, núm. 2, mayo-agosto, 2004, p. 0 Asociación Española de Ecología Terrestre Alicante, España.
- FAO. 2015. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, Italia. 218 p.
- Eastman, J. R. 2012. *IDRISI Selva. Guide to GIS and image processing*. Worcester, MA, USA: Clark University.
- INEGI. 2013. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463173359>. Consulta: 20/04/2019.
- Isaaks E.H., R.M. Srivastava. 1989. *Applied geostatistics*. Oxford University Press. New York. 561 pp
- Karlen D L, M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F.Harris, G.E.Schuman. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Sci. Soc. Am J.* 61: 4-14.
- Medina G., J.A. Ruiz. 2004. *Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (periodo 1961-2003)*. inifap- sagarpa, México
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, 2003. Diario Oficial de la Federación 3 de abril de 2003.
- SAS Institute. 2012. *Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide*. Version 9.3. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Trujillo J. M., J.D. Mahecha, M.A. Torres. 2018. El Recurso Suelo: Un análisis de sus Funciones, Capacidad de Uso e Indicadores de Calidad. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 31–38.
- Vergara S., M. A., J.D. Etchevers B. 2006. Relación entre el uso de la tierra y su fertilidad en las laderas de la Sierra Norte de Oaxaca, México *Agrociencia*, vol. 40, núm. 5, septiembre-octubre, 2006, pp. 557-567 Colegio de Postgraduados Texcoco, México.
- Villarruel F., Manuel., 2018. Abordar la Sustentabilidad desde las ciencias agrícolas. *Revista de Ciencias Sociales (Cr)*, vol. I, núm. 159.
- Volke, S. T. and T.J.Velasco A. Tecnologías de remediación para suelos contaminados., Instituto Nacional de Ecología (INSE-Semarnat). 64 pp México 2002

ATRIBUTOS PRODUCTIVOS Y MORFOLÓGICOS DE PASTO SWITCHGRASS EN UN AÑO LLUVIOSO EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

PRODUCTIVE AND MORPHOLOGICAL ATTRIBUTES OF SWITCHGRASS GRASS IN A RAINY YEAR IN THE ZACATECAS HIGHLANDS

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}, José Francisco Villanueva Avalos², Adrián R. Quero Carrillo³, Miguel Servín Palestra⁴, Denise Costich⁵, Tom E. Juenger⁶, Jason Bonnette⁷

¹ y ⁴ Investigadores del INIFAP

² Ex investigador de INIFAP

³ Investigador del COLPOS

⁵ Ex investigadora del CIMMYT

^{6,7} Investigadores de la Universidad de Texas en Austin

* Autor por correspondencia: fara_charro@yahoo.com; rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio es dar a conocer la producción de forraje y algunos atributos morfológicos de una “Colecta base” de 22 ecotipos de Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) en un año de lluvia por arriba de la media local en el Altiplano de Zacatecas. Las plantas fueron colectadas en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Puebla, Nuevo León, Nayarit y Zacatecas, mediante el “método de macollos” durante el año 2018 y colocadas en bolsas de plástico en un invernadero para su cuidado y desarrollo, siendo trasplantadas al sitio de estudio en marzo de 2019. Los atributos (variables) fueron: peso verde, peso seco, altura, circunferencia y tallos por planta. Se encontró que el peso del follaje tuvo una alta correlación con altura de planta. Bajo condiciones de buena precipitación anual, las accesiones T-19, T-22, T-6, T-11 y T-2 superan en rendimiento de forraje seco a la media del cultivar Álamo. Es conveniente seguir con el estudio en donde se incluyan años de baja precipitación.

Palabras clave: *Panicum virgatum*, rendimiento, morfología

ABSTRACT

The objective of the study is to present forage production and some morphological attributes of a "Base Collection" of 22 ecotypes of Switchgrass (*Panicum virgatum* L.) in a year of rainfall above the local average in the Altiplano of Zacatecas. The plants were collected in the states of Coahuila, San Luis Potosí, Puebla, Nuevo León, Nayarit and Zacatecas, through the "tiller method" during the year 2018 and placed in plastic bags in a greenhouse for their care and development, being transplanted to the study site in March 2019. The attributes (variables) were: green weight, dry weight, height, circumference and stems per plant. Foliage weight was found to have a high correlation with plant height. Under conditions of good annual rainfall, the accessions T-19, T-22, T-6, T-11 and T-2 exceed the average of the Álamo cultivar in dry forage yield. It is advisable to continue with the study that includes years of low rainfall.

Keywords: *Panicum virgatum*, yield, morphology

INTRODUCCIÓN

Valdés-Reyna *et al.* (2009) reportan que *Panicum virgatum* L., son plantas perennes, con rizomas fuertes, culmos erectos de 0.4–2 (–3) m de largo por 3 a 5 mm de diámetro, simples, con múltiples nodos, subleñosos a leñosos, el cual crece en laderas de cerros, cañadas, praderas, ciénagas, lechos

de ríos, claros de bosque de encino, de pino–encino, desde el nivel del mar hasta los 1900 m. El pasto Switchgrass, puede crecer en diferentes suelos, desde arenosos ligeros hasta arcillosos pesados, en un rango de pH de 4.6 a 7.6. La accesión PI-422006 fue liberada como variedad Álamo en 1978 – SCS, Texas AES, la cual es recomendada para precipitaciones arriba de 630 mm anuales (USDA, 1995) y reportada por Liu *et al* (2015) como tolerante a sequía. En Ojinaga, Chih, bajo riego produjo en un promedio de dos años 16.6, 13.3 y 0.7 ton de MS ha⁻¹ en las estaciones de primavera, verano y otoño, respectivamente (Terrazas y González, 2004), mientras que bajo condiciones de temporal en un promedio de cinco años en Calera de V.R., Zacatecas, produjo 1.37 ton de MS ha⁻¹ (Rubio, 1992). Quero *et al.*, (2012) proponen desarrollar esquemas de aprovechamiento de las especies forrajeras nativas accesibles a bajo costo a través de programas de selección y mejoramiento genético, para lo cual indican las siguientes fases de organización, evaluación y manejo de las colectas de recursos genéticos: Fase 1 (Colecta Base), fase 2 (Colecta Núcleo) y fase 3 (Colecta Elite). El objetivo del estudio es dar a conocer la producción de forraje y algunos atributos morfológicos de una “Colecta base” de 22 ecotipos de *Panicum virgatum* en un año de lluvia por arriba de la media local en el Altiplano de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC) - INIFAP, en Calera de V.R., Zacatecas, México (22° 54' 31.3" latitud norte y 102° 39' 34" longitud oeste), a 2197 msnm. Clima frío semiárido (BSk); suelo de textura franca, plano, 8.18 de pH y 3.83% de materia orgánica. Suelo no salino-no sódico. La temperatura media es de 14.8 °C, precipitación media de 407.7 mm, con un promedio de 54.1 días con lluvia; evaporación de 2357.5 mm; evapotranspiración potencial de 1609.0 mm y un fotoperiodo de 12.0 hrs. Las accesiones fueron colectadas mediante el “método de macollos” el 2018 en los estados de Coahuila, San Luis Potosí, Puebla, Nuevo León, Nayarit y Zacatecas, bajo el permiso otorgado por la SEMARNAT el 03 de mayo 2017 (Oficio No. SGPA/DGGFS/712/1271/17). La recolección fue a inicio y durante el periodo de lluvias, registrando: fecha de colecta, género, especie, municipio, estado, nombre de recolector, especies asociadas, tipo de suelo y condiciones de sitio entre otras, ubicando las coordenadas geográficas latitud N, longitud W y altitud en msnm con GPS. Las macollas colectadas fueron trasladadas a invernadero y cada una de ellas fue subdividida en varias plantas las cuales fueron colocadas en bolsas negras plásticas en un sustrato de vermicomposta, tierra de mezquite y Peat moss en volumen (1:1:1), recibiendo riegos a capacidad de campo durante su permanencia en el invernadero. La fecha de trasplante a campo fue del 14 al 15 marzo del 2019, sobre un terreno donde previamente se hizo laboreo profundo, nivelación y colocación de riego por goteo. El diseño de la plantación fue en cuadrícula con 1.25 m entre el centro de cada cuadrado en la cuadrícula en direcciones perpendiculares, pero donde solo la mitad de las posiciones de la cuadrícula están siendo ocupadas por una planta, lo cual produce un “diseño de panal” donde cada planta tiene cuatro vecinos más cercanos que son cada uno 1.767 m de centro a centro. Después del trasplante, se aplicaron riegos tres veces por semana con un horario de 9:00 a 15:00 hrs. (salvo cuando hubo precipitación), hasta el mes de noviembre, suspendiendo riegos durante los meses de diciembre, enero y mitad de febrero, re-iniciando nuevamente riegos la segunda quincena de febrero, continuando así a la primera quincena de marzo, suspendiendo los riegos de manera definitiva a partir del 16 de marzo del 2020. La precipitación recibida de marzo a diciembre del 2019 fue de 474.3 mm; el 2020 fue de 530.7 mm y el 2021 de 646.6 mm (lo cual fue muy por arriba de la media anual con 238.9 mm). La información aquí presentada corresponde únicamente al año 2021. Las variables bajo estudio fueron: Peso verde (g planta⁻¹) peso seco (g planta⁻¹), altura (cm), circunferencia (cm) y número total de tallos planta⁻¹. El peso verde se llevó a cabo cortando toda

la fitomasa aérea y fue pesada en una báscula digital, los muestreos fueron el mes de noviembre. El peso seco se obtuvo al separar una muestra de 300 gr de peso verde, la cual fue puesta a secar al ambiente durante 60 días. La altura se llevó a cabo bajo el Protocolo de la UT Austin <https://utexas.box.com/s/5tcm8dmq54ttuohrbxi651m1456mq07b>, midiendo cada planta con una regla graduada en centímetros cada 15 días del 1 de marzo al 15 de octubre, las fechas se reportan en días julianos (DJ), en este estudio se presenta la información de la primera y última medición. La circunferencia de la corona se midió con una cinta plástica flexible en cm a los 89 DJ y el número de tallos fue hecho contando el total de tallos maduros de cada planta días antes de cortar las plantas. Se evaluaron 22 accesiones (tratamientos) de origen mexicano y se agregaron como plantas testigo (control) seis más de la variedad Álamo. La unidad experimental fue una planta por accesión. No hubo repeticiones entre accesiones. Se realizó un análisis descriptivo de las accesiones mediante correlación de Pearson ($p < 0.05$) y otro de componentes principales (PCA). Para los análisis de correlación se empleó el paquete estadístico SPSS (Moreno, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables bajo estudio se consideran correlacionadas significativamente ($p < 0.05$), con coeficientes absolutos mayores a 0.42. Peso verde (Figura 1a) tuvo una alta correlación con peso seco y altura de planta, lo cual concuerda con Makaju *et al* 2018, quienes reportan una gran variación genética en cuanto a la biomasa y la altura de las plantas de dos poblaciones de Switchgrass, confirmando que la altura de las plantas estuvo significativamente correlacionada con el rendimiento de biomasa. De acuerdo al análisis de componentes principales, se observa que cinco componentes explican el 100% de la variabilidad. Sin embargo, el primero y el segundo componente explican el 99.7% de la variabilidad de los datos. En la figura 1b Se muestran las relaciones entre variables en función del sentido y magnitud. La variable más importante para el primer componente son peso verde y para el segundo componentes el número de tallos por planta, mientras que peso seco aporta variabilidad a los dos primeros componentes. Con respecto a la circunferencia de macolla y altura de planta la relación con la variabilidad de los datos fue mínima.

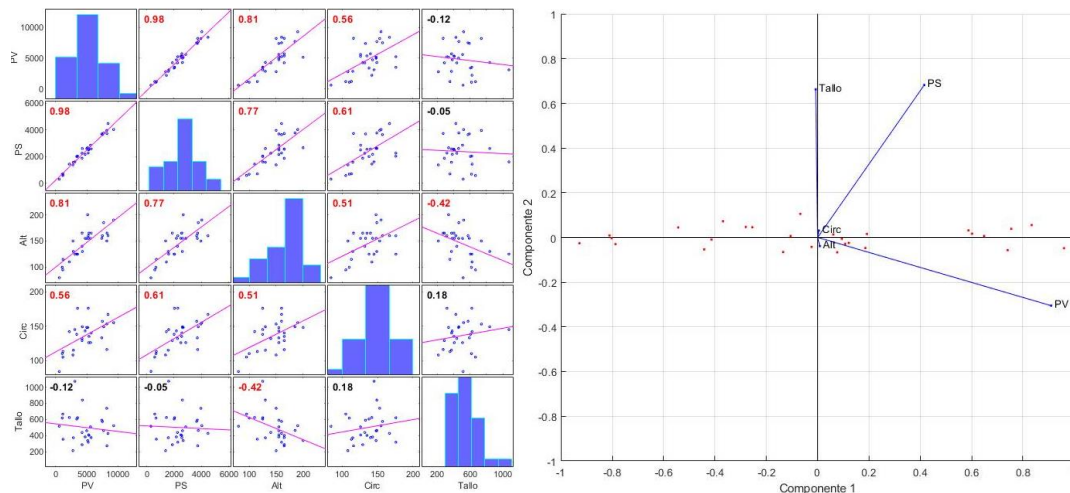


Figura 1.- a) Matriz de correlación de variables evaluadas. b) Relaciones de variables, magnitud y sentido para los componentes uno y dos.

En el Cuadro 1, se observa que el mayor rendimiento de peso verde ($g\ pl^{-1}$) lo obtuvo el T-23 var. Álamo, respecto al peso seco ($g\ pl^{-1}$), el T-19 colectado en río Ramos N.L. fue el que obtuvo los

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

valores más altos. La mayor producción de materia seca del cultivar “Alamo” al ser comparado con la misma especie o con otras ha sido reportado por diversos autores (Terrazas y González 2004; Rogers *et al.*, 2012). En relación a la altura tomada a los 60 DJ la accesión más alta correspondió al T-9 con 65 cm, seguido del T-11 con 60 cm. En este sentido es pertinente mencionar que dichos materiales responden muy bien a las condiciones invernales del altiplano de Zacatecas al alcanzar su fitomasa muy buena altura y hojas muy verdes, lo cual los perfila para ser usados como pastos para ofertar forraje en primavera, lo anterior concuerda con lo reportado por Terrazas y González (2004) quienes obtuvieron mayor fitomasa en primavera, así mismo desarrollar germoplasma con una latencia muy reducida o incluso germoplasma de pasto Switchgrass no latente para regiones con inviernos suaves (Razar y Missaoui, 2018). Respecto a la altura al final del ciclo tomada a los 288 DJ, el pasto con porte más alto fue el T-17 originario de Río Verde, SLP con 200 cm. La circunferencia fue mayor en el T-20 originario de Río Verde, SLP con 176 cm, seguido del T-15 con la misma talla. En relación al número total de tallos planta⁻¹, se encontró que el T-8 originario del estado de Coahuila tuvo un total de 1073 unidades, seguido del T-13 también de Coahuila con 840. Las variables antes mencionadas indican una gran variabilidad entre ecotipos de Switchgrass la cual es una especie genéticamente diversa con plasticidad fenotípica que le permite crecer en una variedad de entornos (Milano *at al.*, 2016). Al comparar la media de producción de peso seco de las seis plantas del cultivar Álamo de 2928.1 g pl⁻¹, los T-19, T-22, T-6, T-11 y T-2 superan al material testigo, lo anterior podrá ser corroborado al establecer experimentos bajo un diseño experimental con diferente número de repeticiones, lo cual correspondería a Fase 2 o “Colecta núcleo”.

Cuadro 1. Peso verde (g pl⁻¹), peso seco (g pl⁻¹), altura (cm), circunferencia basal (cm) y número total de tallos planta⁻¹, de accesiones de *P. virgatum* en Calera de V.R., Zacatecas. México. CEZAC-INIFAP. 2021.

No. Trat.	No. int.	Origen	P. verde	P. seco	Alt. 60 DJ	Alt. 288 DJ	Circ.	No. tallos
23	C7	USA	9300	4030	45	190	155	522
19	102	N. L.	8400	4480	50	160	167	427
22	104 A	SLP	8226	3729	35	165	116	272
6	88	-	8200	3963	40	150	153	738
26	C10	USA	7700	3773	50	185	149	463
11	93	-	7500	3650	60	160	157	575
2	84	-	7400	3700	40	155	133	591
25	C9	USA	5700	2565	40	165	140	375
5	87	-	5600	2856	50	155	126	508
27	C11	USA	5350	2550	35	165	135	403
28	C12	USA	5300	2491	40	155	126	408
20	103	SLP	5230	2266	35	160	176	318
17	99	SLP	5150	2661	50	200	148	338
9	91	Coah.	4990	2611	65	155	148	460
24	C8	USA	4730	2160	45	155	143	383
13	95	Coah.	4290	2603	55	130	149	840
21	104	SLP	4250	1870	45	165	129	287
12	94	-	4240	2247	45	140	132	438
15	97	-	3520	2030	45	125	176	621
7	89	Puebla	3390	2000	50	125	138	605
8	90	Coah.	3090	1597	45	125	145	1073
10	92	-	2850	1568	55	130	115	373
1	83	Coah.	2780	1371	55	150	108	213
14	96	-	2200	1430	45	110	142	624
4	86	-	1186	692	50	115	113	355

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

18	100	Zac.	1160	576	20	95	105	666
3	85	Coah.	1070	667	45	100	110	617
16	98	Nayarit	592	300	20	80	84	515
Media±DE	Álamo	USA	6346.6± 1770.6	2928.1± 722.5	42.5± 5.2	169.1± 15.0	141.3± 10.3	425.6± 56.4

*C7 al C12, plantas Testigo (T), Variedad Álamo. – (origen no proporcionado)

Es conveniente seguir el estudio por un periodo de tiempo más largo que incluya años secos, ya que se prevé que el cambio climático antropogénico altere los patrones de precipitación, lo que dará como resultado entornos novedosos para las plantas (Hartman *et al*, 2012).

CONCLUSIONES

El peso del follaje tuvo una alta correlación con altura de planta. Bajo condiciones de buena precipitación anual, se encontraron que las accesiones T-19, T-22, T-6, T-11 y T-2 superan en rendimiento de forraje seco a la media del cultivar Álamo.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento para este trabajo fue por parte de la Universidad de Texas en Austin, a través del CIMMYT, bajo el proyecto R0165 Switchgrass. Al M.C. José Guadalupe Terrazas P., ex-investigador del Campo Experimental Delicias-INIFAP, por haber donado el material cv. Álamo.

LITERATURA CITADA

- Hartman C.J., J.B. Nippert and C. J. Springer. 2012. Ecotypic responses of switchgrass to altered precipitation. *Functional Plant Biology*. <http://dx.doi.org/10.1071/FP11229>
- Liu Y., X. Zhang, H. Tran, L. Shan, J. Kim, K. Childs, E.H. Ervin, T. Frazier and B. Zhao. 2015. Assessment of drought tolerance of 49 switchgrass (*Panicum virgatum*) genotypes using physiological and morphological parameters. *Biotechnol Biofuels* 8:152. DOI 10.1186/s13068-015-0342-8
- Makaju, S. O., Y Wu, M. P. Anderson, V.G. Kakani, M.W. Smith, L. Liu, H. Dong, D. Chang. 2018. Yield-height correlation and QTL localization for plant height in two lowland switchgrass populations. *Front. Agr. Sci. Eng.* 5(1):118–128. DOI: 10.15302/J-FASE-2018201.
- Milano R.E., D.B. Lowry and T.E Juenger. 2016. The Genetic Basis of Upland/Lowland Ecotype Divergence in Switchgrass (*Panicum virgatum*), *G3 Genes|Genomes|Genetics*, Volume 6, Issue 11, 1. Pages 3561–3570, <https://doi.org/10.1534/g3.116.032763>
- Moreno G.E. 2008. Manual de Uso de SPSS (Statistical Package for the Social Sciences por sus siglas en inglés) versión 10.0.
- Quero - Carrillo, A. R.; J. F. Villanueva - Avalos; J. F. Enríquez - Quiroz; C. R. Morales - Nieto; E. D. Bolaños - Aguilar; J. Castillo - Huchim; J. J. Maldonado - Méndez; F. Herrera - Cedano. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.
- Razar, R.M. and Missaoui, A. (2018) Phenotyping Winter Dormancy in Switchgrass to Extend the Growing Season and Improve Biomass Yield. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems*, 8, 1-22. <https://doi.org/10.4236/jsbs.2018.81001>
- Rogers, K. J., F.J. Motal, J. Mosali. 2012. "Yield, Yield Distribution, and Forage Quality of Warm-Season Perennial Grasses Grown for Pasture or Biofuel in the Southern Great Plains", *International Scholarly Research Notices*, vol. 2012, Article ID 607476, 7 pages. <https://doi.org/10.5402/2012/607476>
- Rubio A.F.A. 1992. Caracterización inicial de diferentes especies de zacates introducidos en Calera, Zac. Informe técnico 1992. Forrajes. CIRNOC-INIFAP-SARH. 73 p.
- Terrazas P.G. y R. González O. 2004. Evaluación de zacates perennes de crecimiento de verano para praderas en la zona árida de Chihuahua. Folleto científico No. 2. Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Campo Experimental Delicias. 26 p.
- USDA. 1995. Grass varieties in the United States. CRC Press inc. Washington D.C. https://www.google.com.mx/books/edition/Grass_Varieties_in_the_United_States/
- Valdés-Reyna, J., Zuluoaga, F.O., Morrone, O. y Aragón, L. 2009. El género Panicum (Poaceae: Panicoideae) en el noreste de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* No.84, pp. 59-82.

PRODUCCIÓN DE ESPIGUILLAS DE PASTO BANDERILLA EN AÑOS DE BAJA LLUVIA EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

YIELD OF SIDEOATS GRASS SPIKELETS IN YEARS WITH LOW RAINFALL IN THE ZACATECAN ALTIPLANO

Francisco Antonio Rubio-Aguirre^{1*}

¹Investigador del Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas.

*Autor por correspondencia: rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de espiguillas de pasto Banderilla bajo cuatro densidades de población durante dos años con lluvia anual por debajo de la media en el Altiplano zacatecano. El origen del ecotipo de pasto Banderilla data de una colecta de espiguillas realizada durante el 2012 en el municipio de Allende, Chihuahua. El trabajo fue llevado a cabo en el municipio de Calera de V.R., Zacatecas, Méx. Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre tratamientos ($P \geq 0.01$). Se encontró que en el promedio de los dos años de estudio las densidades de población más adecuadas fueron entre las 21.9 y 32.8 mil plantas ha^{-1} , obteniendo 193.2 y 182.2 kg de espiguillas ha^{-1} al año, respectivamente.

Palabras claves: *Bouteloua curtipendula*, densidades, espiguillas

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the production of Banderilla grass spikelets under four population densities during two years with below-average annual rainfall in the Zacatecan Altiplano. The origin of the Banderilla grass ecotype dates from a collection of spikelets carried out during 2012 in the municipality of Allende, Chihuahua. The work was carried out in the municipality of Calera de V.R., Zacatecas, Mex. The results show that there were no significant differences between treatments ($P \geq 0.01$). It was found that in the average of the two years of study the most suitable population densities were between 21.9 and 32.8 thousand plants ha^{-1} , obtaining 193.2 and 182.2 kg of spikelets ha^{-1} per year, respectively.

Keywords: *Bouteloua curtipendula*, densities, spikelets

INTRODUCCIÓN

La desertificación es la degradación de las tierras en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, el cual es un proceso gradual de pérdidas de productividad del suelo y de reducción de cubierta vegetal por el efecto de las actividades humanas y de variaciones climáticas, tales como sequías prolongadas e inundaciones, con importantes implicaciones sobre la economía, la sociedad y el medio ambiente (Ruiz y Febles, 2004). Las gramíneas con un adecuado manejo pueden ser usadas en la lucha contra la desertificación, el pasto Banderilla, *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. es una especie perenne de verano, que se desarrolla bien en suelos con buen drenaje, poco profundos y pendientes rocosas. Se adapta mejor a suelos calcáreos y moderadamente alcalinos, más que a suelos neutros o ácidos. La variedad caespitosa, tiene su hábitat en zonas de pastizal, matorral xerófilo, bosque de encino, selva baja caducifolia y bosque de pino-encino en altitudes de 1500 a 2450 msnm y se le conoce de México a Sudamérica (Herrera *et al.*, 2010). Es escasa La información disponible sobre la producción de espiguillas de ecotipos de pasto Banderilla en México en años por debajo de la precipitación media anual (407.7 mm). Rubio *et al.*, (2015) reportan un estudio llevado a cabo de 1986 a 1987, en donde el año de 1987 hubo una precipitación anual de 387.9

mm, encontraron que los ecotipos INIA-235, INIA-263 e INIA-315 alcanzaron rendimientos de 241.5, 206.5 y 205.3 kg ha⁻¹, respectivamente. Los mismos autores, en un estudio llevado a cabo en 1993 con 11 materiales de pasto Banderilla, con una precipitación de 366.1 mm anuales, reportan que los materiales con mayor producción fueron: INIA-207, INIA-235 y la Variedad Chih-75, con rendimientos de 186.0, 147.3 y 145.3 kg ha⁻¹, respectivamente, en este mismo estudio, la variedad de importación El Reno, produjo solamente 11.6 kg ha⁻¹. Con relación a la densidad de siembra, los estudios también son escasos. González (1988), no encontró diferencias en la producción de semilla con relación a la densidad de siembra utilizada en el lote de establecimiento, cuando uso un rango de 2.0 a 4.0 kg de semilla pura viable ha⁻¹. El objetivo del presente estudio fue evaluar la producción de espiguillas de pasto Banderilla bajo cuatro densidades de población durante dos años con lluvia anual por debajo de la media en el Altiplano zacatecano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue llevado a cabo en el Campo Experimental Zacatecas (CEZAC), localizado en Calera de V.R., Zacatecas, Méx., durante los años 2017 (precipitación anual de 403.6 mm) y el año 2022 (precipitación anual de 286.6 mm). El sitio donde se establecieron los trabajos en estudio se encuentra ubicado en los 22° 54' 09.32" LN, y 102° 39' 35.90" LO, a una altitud de 2199 msnm, con una temperatura promedio de 14.8 °C, precipitación media anual de 407.7 mm, una evaporación de 2357.5 mm y una evapotranspiración potencial de 1609.0 mm. El suelo es de textura franca, y en el estrato de 0-10 cm de profundidad el pH es de 8.18, con un contenido de materia orgánica de 3.83 %, nitrógeno nítrico con 10.0 kg ha⁻¹, nitrógeno amoniacal con 20.0 kg ha⁻¹, fósforo 25.0 kg ha⁻¹, potasio con 300.0 kg ha⁻¹, calcio con 4000.0 kg ha⁻¹ y valores medios de magnesio con 25 kg ha⁻¹, suelo no salino-no sódico. El origen del ecotipo de pasto Banderilla data de una colecta de espiguillas realizada durante el mes de octubre del 2012 en una planta individual, cuyo sitio de colecta se encuentra ubicado en los 26° 55' 37.08" LN, y 105° 26' 48.65" LO, a una altitud de 1663 msnm, mismo que se localiza entre el tramo carretero de la comunidad de Talamantes, municipio de Allende, Chih., al entronque de la carretera Panamericana Jiménez-Parral. El material corresponde a *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. var. *Caespitosa* Gould & Kapadia. Algunas observaciones y precisiones relacionadas con el ecotipo colectado son siguientes: a) planta de porte medio creciendo en un suelo de baja fertilidad a poca distancia de la carpeta asfáltica; b) el ejemplar presentaba abundantes espiguillas de color café con grano de llenado uniforme y c) tenía varias plantas hijas en diferentes etapas de desarrollo creciendo a su alrededor. El establecimiento del lote de estudio fue el año 2015, para lo cual las semillas fueron puestas a germinar en charolas de poliuretano, las cuales contenían un sustrato comercial elaborado a base de una mezcla de turba (85%) y vermiculita (15%) bajo condiciones de invernadero, en donde permanecieron por un periodo de 70 días, hasta la emisión de raíces abundantes y un buen desarrollo foliar. El 25 de septiembre del 2015, fueron trasplantadas en campo en las crestas de surcos de años anteriores, en un terreno donde no se había hecho ningún movimiento de suelo (no till farming) desde el año 2012. Para poder hacer el trasplante del pasto, el suelo fue humedecido, a punto de saturación, mediante riego con cintilla, insertando en el suelo, en forma manual con distancias entre plantas de 20, 40, 60 y 80 cm, manteniendo constante una distancia entre hileras de 76 cm, con lo cual se obtuvieron las siguientes densidades de población (tratamientos): T₁, 65,789; T₂, 32,895; T₃, 21,930 y T₄, 16,447 plantas ha⁻¹, respectivamente. La superficie total del lote fue de 180.0 m², y el tamaño de la parcela útil fue de 1.824 m², con cuatro repeticiones por tratamiento. El lote recibió riegos de auxilio durante los años 2015, 2016, 2019, 2020 y 2021, y los años 2017 y 2022 fue manejado bajo condiciones exclusivas de secano. Respecto a las labores de cultivo, solo el primer año se dio un paso de cultivadora con tractor, para levantar el bordo de los surcos, los años subsecuentes ya no se usó ningún tipo de maquinaria. Los tres primeros años se

hicieron controles de arvenses en forma manual y con azadón, ya que fue muy abundante la presencia de herbáceas tanto de hoja ancha como de hoja angosta, evitando el uso de herbicidas; tampoco se aplicaron abonos químicos u orgánicos, y no se detectaron plagas ni enfermedades. La cosecha de espiguillas fue en forma manual en una sola cosecha al año, y el residuo de fitomasa aérea fue cortado y dejado sobre la superficie del suelo año tras año. La variable bajo estudio fue el peso de espiguillas en gramos por parcela, el cual fue transformado a kg ha^{-1} . Los datos fueron analizados mediante un Diseño de bloques al azar, y la comparación de medias fue con la prueba Tukey al 0.01, con Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que durante los años de estudio (Cuadro 1) no hubo diferencias significativas entre los diferentes tratamientos ($P \geq 0.01$). El año 2017, el T₂ con una densidad de 32.8 mil plantas ha^{-1} , produjo el mayor peso de espiguillas con 216.5 kg ha^{-1} , mientras que el año 2022, con un periodo de lluvias bastante seco el T₃ con una densidad de 21.9 mil plantas ha^{-1} , produjo el mayor peso de espiguillas con 202.8 kg ha^{-1} . Los resultados encontrados en el promedio de dos años las densidades de población más adecuadas fueron entre 21.9 y 32.8 mil plantas ha^{-1} , obteniendo 193.2 y 182.2 $\text{kg de espiguillas ha}^{-1}$ al año, respectivamente. Los datos concuerdan con lo reportado por Rubio *et al.*, (2015) en los años secos de 1987 y 1993 en la misma región ecológica. El buen desempeño que el pasto Banderilla tiene para producir forraje y semilla en años secos fue reportado por Weaver y Albertson (1944), quienes encontraron que dicha especie jugo un importante papel en la recuperación de pastizales tras la sequía de los años 30 en los Estados Unidos, en donde documentaron que fue uno de los pocos pastos que cubría grandes áreas de suelo desnudo por la pérdida de otros pastos durante los años secos. Lo anterior conlleva a seguir recomendando el pasto Banderilla para ser usado en grandes extensiones de las zonas secas de México para hacer siembra parciales o totales tanto en pastizales deteriorados como terrenos de cultivo improductivos para la producción de cultivos básicos.

Cuadro 1. Rendimiento de espiguillas de un ecotipo de pasto Banderilla, bajo diferentes densidades de población en dos años con lluvia abajo del promedio anual en Calera de V.R., Zacatecas. CEZAC-INIFAP

Plantas ha^{-1}	2017	2022	$\mu \pm \text{d.s.}$
T ₁ (65.7 mil)	117.8 a	153.5 a	135.6±25.2
T ₂ (32.8 mil)	216.5 a	148.0 a	182.2±48.4
T ₃ (21.9 mil)	183.6 a	202.8 a	193.2±13.5
T ₄ (16.4 mil)	156.2 a	150.7 a	153.4±3.80
C.V. (%)	31.4	18.5	
Fecha de cosecha	19 dic.	31 oct.	
Lluvia anual (mm)	403.6	286.6	

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos.

CONCLUSIONES

Se encontró que bajo condiciones críticas de humedad en donde la precipitación es menor a la media anual, no existen diferencias significativas en las cuatro densidades de población probadas. El ecotipo de pasto Banderilla originario del sur del estado de Chihuahua, con densidades de población entre 21.9 y 32.8 mil plantas ha^{-1} , alcanza rendimientos arriba de los 180 kg ha^{-1} , lo cual representa una buena opción para reconvertir áreas de secano donde la producción de maíz y frijol es incierta, a una actividad que puede dejar mayores dividendos económicos como es la producción de semilla del pasto nativo Banderilla.

LITERATURA CITADA

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- González D.J.R. 1988. Producción de semilla de dos variedades de zacate Banderilla con diferentes densidades de siembra. *Agraria*. 4(2):137-145.
- Herrera A. Y., P.M. Peterson y A. Cortés O. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Botanical Research Institute of Texas. Printed in the United States of America. 250 p.
- Rubio-Aguirre, F. A., J. F. Villanueva-Avalos y C.R. Morales-Nieto. 2015. Comportamiento agronómico del pasto Banderilla [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en el altiplano de Zacatecas. Libro Técnico. Núm. 15. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC – INIFAP, 206 p.
- Ruiz, T., & Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 8(2).
- SAS Institute Inc. 2008. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.
- Weaver, J.E. and F.W. Albertson. 1944. Nature and recovery of grasslands from the great drought of 1933 to 1940. *Ecol. Monogr.* 14:393-479.

ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN PASTOREO DE ALTA DENSIDAD NO SELECTIVO

ACCUMULATION OF DRY MATTER OF *Amelichloa clandestina* AFTER NON-SELECTIVE HIGH-DENSITY GRAZING

Sait Juanes Marquez^{1*}, Perpetuo Álvarez Vázquez², José Eduardo García Martínez², Martín Cadena Zapata², Juan Antonio Encina Domínguez², José Javier Ochoa Espinoza², Beatriz Adriana Meza Mireles³

¹Estudiante de Doctorado en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sanches, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. Mexico.

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

³Estudiante de Licenciatura en Ingeniero Agrónomo Zootecnista UAAAN, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

*Autor por correspondencia: saitjuanes@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la capacidad de rebrote del zacate picoso después de un pastoreo de alta densidad no selectivo (PADNS). El área de estudio fue un pastizal dominado por zacate picoso (*Amelichloa clandestina*) ubicado en el Rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila. Se aplicó un pastoreo de 500 UA ha⁻¹ durante 48 h, o a disponibilidad de forraje. El periodo experimental fue en primavera de abril a junio de 2023. Se utilizó un área experimental de 600 m² que fueron perturbados con PADNS a inicio de primavera. Los tratamientos fueron los días de rebrote (DDR) después de la perturbación, con tres repeticiones. El muestreo se llevó a cabo durante 84 días después del pastoreo. Se determinó el rendimiento de materia seca (RMS) en cada parcela, cosechando el rebrote de cuatro individuos de *A. clandestina*. Posteriormente, se tomó una submuestra (10%) del forraje cosechado en las cuatro plantas para determinar la composición botánica-morfológica (CBM). Se evaluó el crecimiento seleccionando al azar 12 alturas de planta. Para el análisis estadístico, se utilizó el programa JMP 15 para un ANOVA. Se encontró mayor RMS y altura a los 84 DDR con 42.9 kg MS ha⁻¹ y 24.3 cm respectivamente. A los 84 DDR, la hoja presentó el mayor aporte, con 26.7 kg MS ha⁻¹ (64 %), mientras que el tallo fue a los 70 DDR, con 15.3 kg MS ha⁻¹ (41 %). El material muerto presentó mayor aporte a los 14 DDR con 0.99 kg MS ha⁻¹ (7 %). En conclusión, el estudio muestra que los rendimientos de materia seca y altura de *Amelichloa clandestina* aumentan a mayor período de rebrote en primavera, alcanzando su punto máximo a los 84 días, con una correlación del 94 %.

Palabras clave: materia seca, composición botánica y morfológica, *Amelichloa clandestina*, pastoreo alta densidad no selectivo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the regrowth capacity of the spicy grass after a non-selective high-density grazing (PADNS). The study area was a grassland dominated by stinging grass (*Amelichloa clandestina*) located at Rancho Los Ángeles, Saltillo, Coahuila. A grazing of 500 AU ha⁻¹ was applied for 48 h, or to availability of forage. The experimental period was in spring from April to

June 2023. An experimental area of 600 m² was used, which was disturbed with PADNS at the beginning of spring. The treatments were the days of regrowth (DDR) after the disturbance, with three repetitions. Sampling was carried out for 84 days after grazing. Dry matter yield (RMS) was determined in each plot, harvesting the regrowth of four individuals of *A. clandestina*. Subsequently, a subsample (10%) of the forage harvested from the four plants was taken to determine the botanical-morphological composition (CBM). Growth was evaluated by randomly selecting 12 plant heights. For statistical analysis, the JMP 15 program for a (ANOVA) was used. Higher RMS and height were found at 84 DDR with 42.9 kg DM ha⁻¹ and 24.3 cm respectively. At 84 DDR, the leaf presented the highest contribution, with 26.7 kg DM ha⁻¹ (64 %), while the stem was at 70 DDR, with 15.3 kg DM ha⁻¹ (41 %). The dead material presented the highest contribution at 14 DDR with 0.99 kg DM ha⁻¹ (7%). In conclusion, the study shows that the yields of dry matter and height of *Amelichloa clandestina* increase with a longer regrowth period in spring, reaching its maximum point at 84 days, with a correlation of 94 %.

Keywords: dry matter, botanical and morphological composition, *Amelichloa clandestina*, intensive grazing, grassland.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales representan un componente crucial en la producción animal y en la conservación de los ecosistemas en diversas regiones del mundo (Blair *et al.*, 2014). En el sureste de Coahuila, México, particularmente en áreas de tierras de cultivo abandonadas, se ha identificado la presencia del zacate picoso (*Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth), una especie endémica del Desierto Chihuahuense. Esta gramínea ha demostrado una destacada capacidad para establecerse en estas áreas y también se ha extendido a entidades como Coahuila y Nuevo León, incluso llegando a ser introducida al oeste de Texas. La densidad poblacional y la regeneración de las gramíneas son factores determinantes para la persistencia y productividad de los pastizales, son fundamentales para asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción animal. Estos aspectos están estrechamente vinculados con los patrones estacionales de crecimiento, pérdida y supervivencia de la vegetación (Herrera-Corral *et al.*, 2014). Una de las alternativas eficientes para el uso y consumo del pasto en los potreros es el sistema de pastoreo, el cual puede contribuir significativamente a mantener una producción más estable y sostenible de los pastizales, a la vez que favorece una producción ganadera más rentable. Estudios previos han destacado la importancia de la frecuencia e intensidad del pastoreo durante diferentes épocas del año en relación con el rendimiento, crecimiento y persistencia de los pastizales, así como la calidad del forraje que se ofrece al ganado (Domínguez-Escudero *et al.*, 2021). Sin embargo, para lograr una gestión efectiva del pastoreo y asegurar un adecuado suministro de alimento para el ganado, es esencial comprender la capacidad de rebrote de las especies vegetales presentes en estos pastizales después de someterse a pastoreo de alta intensidad. En particular, para el zacate picoso (*Amelichloa clandestina*), cuyas características y comportamiento pueden variar significativamente según las condiciones locales, es crucial evaluar su capacidad de regeneración en la estación de primavera después de haber sido sometido a un pastoreo intensivo. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo proporcionar información de pasto picoso al evaluar la capacidad de rebrote del zacate picoso después de un pastoreo de alta densidad no selectivo en la estación de primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho experimental "Los Ángeles," propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México. Ubicado aproximadamente a 34 km al sur de la capital del estado, entre las coordenadas

260 06' de latitud norte y 1010 06' de longitud oeste. La altitud varía, siendo de 2100 m en los valles y 2400 m en las áreas serranas. El clima de la zona se clasifica como BWhw (e'), caracterizado por ser predominantemente seco, semiárido extremo, con lluvias de verano y una precipitación invernal que representa entre el 5 y 10% del total anual. El zacatal objeto de estudio abarca aproximadamente 32 ha y está dominado por zacate picoso (*Amelichloa clandestina*). Este zacatal fue perturbado mediante pastoreo alta densidad no selectivo (PADNS) con una carga animal de 500 UA ha⁻¹ durante aproximadamente 48 h o a disponibilidad de forraje. El periodo experimental se llevó a cabo en la estación de primavera entre abril y junio de 2023. Cada perturbación se llevó a cabo en un área de 10 x 60 m (600 m²). Los tratamientos consistieron en evaluar los días de rebrote después del pastoreo (DDR) en la estación de primavera. Para determinar el rendimiento de materia seca (RMS) de *A. clandestina*, en cada parcela experimental se cosechó el rebrote presente. El muestreo se llevó a cabo durante seis edades de rebrote realizadas cada 15 días, dando un total de 84 días después del pastoreo, en la estación de primavera, cosechando el rebrote de cuatro individuos de *A. clandestina* por repetición. La biomasa cosechada se colocó en bolsas de papel etiquetadas y se sometió a un proceso de secado en estufa de aire a una temperatura constante de 60 °C durante 48 horas, hasta alcanzar peso constante. Con el peso de la materia seca (kg MS ha⁻¹), considerando una densidad de seis plantas por m². El crecimiento de las plantas se evaluó seleccionando al azar 12 alturas durante las seis evaluaciones. Posteriormente, se tomó una submuestra (aproximadamente el 10% del total) del forraje cosechado en las cuatro plantas para determinar la composición botánica-morfológica (CBM). Los componentes separados para el análisis incluyeron hojas, tallos y material muerto. Cada componente fue secado por separado, de manera similar al proceso empleado para determinar el RMS. Los datos recopilados se sometieron a un análisis de varianza utilizando el procedimiento PROC GLM (JMP 15 Pro). Para comparar las medias, se aplicó la prueba Tukey al 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la Figura 1, se observa un aumento gradual en la acumulación de materia seca de *Amelichloa clandestina* (zacate picoso) a lo largo de 84 días de crecimiento. La tendencia se ajustó a una ecuación lineal, con un coeficiente de determinación (R²) de 0.94. El rendimiento máximo se alcanzó a los 84 DDR, con una producción de 42.9 kg MS ha⁻¹, mientras que el rendimiento más bajo se registró a los 14 DDR con 14.7 kg MS ha⁻¹ (p≤0.05). El promedio general de producción fue de 25.8 kg MS ha⁻¹, un valor relativamente bajo debido a las condiciones climáticas predominantes en la estación de primavera, que se caracterizan por tener bajas precipitaciones, las cuales son predominantes en verano. Además, el zacate picoso, siendo una especie nativa del norte del país, muestra un crecimiento lento en ausencia de suficiente humedad. Respecto a la altura de la planta, se observó un crecimiento gradual a medida que avanzaron los días de rebrote. El modelo de ajuste lineal para la altura también presentó una correlación alta con los datos, con un coeficiente de determinación (R²) de 0.97. La altura más baja se registró al inicio del rebrote a los 14 DDR con 11.6 cm, mientras que la altura más alta fue a los 84 días después del rebrote con 24.3 cm. También se encontraron diferencias significativas en cuanto a la altura entre las semanas de rebrote (p≤0.05). En investigaciones previas, Juanes *et al.* (2022), realizando un corte manual, registraron valores más altos al del presente estudio, alcanzando 778.5 kg MS ha⁻¹ en un sitio y 515 kg MS ha⁻¹ en otro después de un año de rebrote en la estación de primavera. No obstante, en relación con la altura, ambos estudios coinciden, mostrando un promedio similar de 31 cm en la estación de primavera. Las diferencias en los resultados podrían deberse a las distintas metodologías empleadas, la evaluación se realizó un año después del corte, lo que permitió una mayor acumulación de forraje durante ese periodo, a diferencia del presente estudio, donde solo se evaluaron 84 días después del pastoreo.

Por otra parte, en la Figura 2 se presentan los rendimientos de los componentes hoja, tallo y material muerto (MM) en diferentes momentos de evaluación. A los 14 DDR, se registraron los rendimientos más bajos para los componentes hoja y tallo, con valores de 8.9 y 4.3 kg MS ha⁻¹, con un 63 y 30 % de aportación al rendimiento total, respectivamente. El material muerto (MM) contribuyó con un aporte menor a los 84 días después del rebrote, con un valor de 0.6 kg MS ha⁻¹ (1.4 %). En la sexta evaluación (84 DDR), la hoja presentó el mayor aporte al rendimiento total, con un valor de 26.7 kg MS ha⁻¹ (64 %), mientras que el tallo contribuyó en mayor medida a los 70 DDR, con un valor de 15.3 kg MS ha⁻¹ (41 %). En cuanto al MM, su mayor aporte se presentó a los 14 DDR con 0.99 kg MS ha⁻¹ (7 %). Los resultados del presente estudio muestran un aumento progresivo en los rendimientos de hojas y tallos a lo largo del período de observación. Los rendimientos bajos de hojas observados en la primera semana pueden atribuirse al inicio del crecimiento de las plantas y a una acumulación de biomasa insuficiente en ese momento. Por otro lado, los rendimientos bajos de hojas y tallos durante las semanas posteriores podrían estar relacionados con un período inicial de actividad de crecimiento de los tallos. Estos hallazgos concuerdan con los resultados previamente reportados por Bernáldez *et al.* (2006), quienes indican que el crecimiento de las plantas varía en distintas épocas del año. Por otra parte, la relación hoja/tallo (R:H/T), se observó que a los 14 DDR presentó la mayor relación, con un valor de 2.1, mientras que a los 70 DDR se registró la menor relación, con un valor de 1.3. En promedio, se observó una relación de 1.6, lo que sugiere que, durante la estación de primavera, la producción de hojas es mayor con relación al tallo. Estos resultados proporcionan información valiosa sobre la productividad y composición de *Amelichloa clandestina* en respuesta a diferentes períodos de rebrote, lo que puede ser relevante para su manejo y conservación en sistemas de producción ganadera en la región.

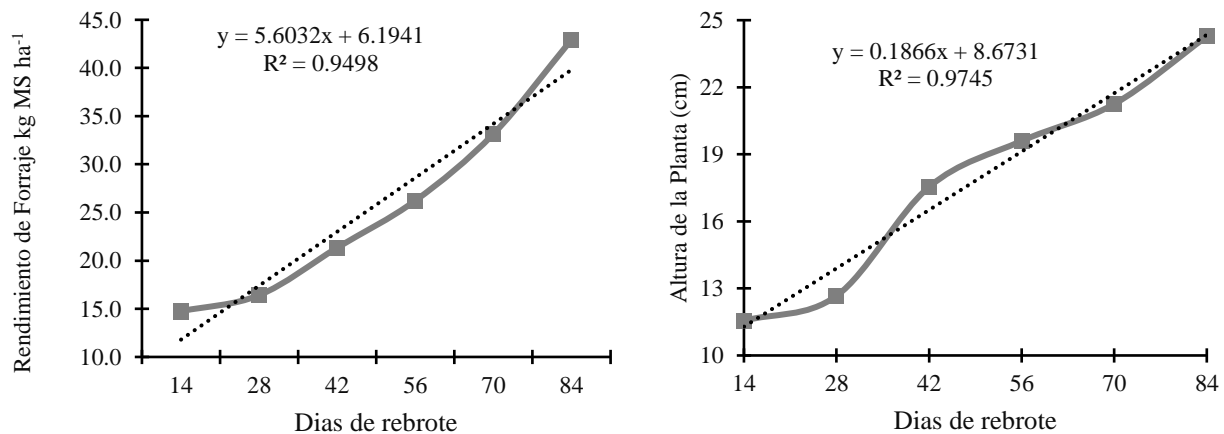


Figura 1. Rendimiento de forraje y altura de planta de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023

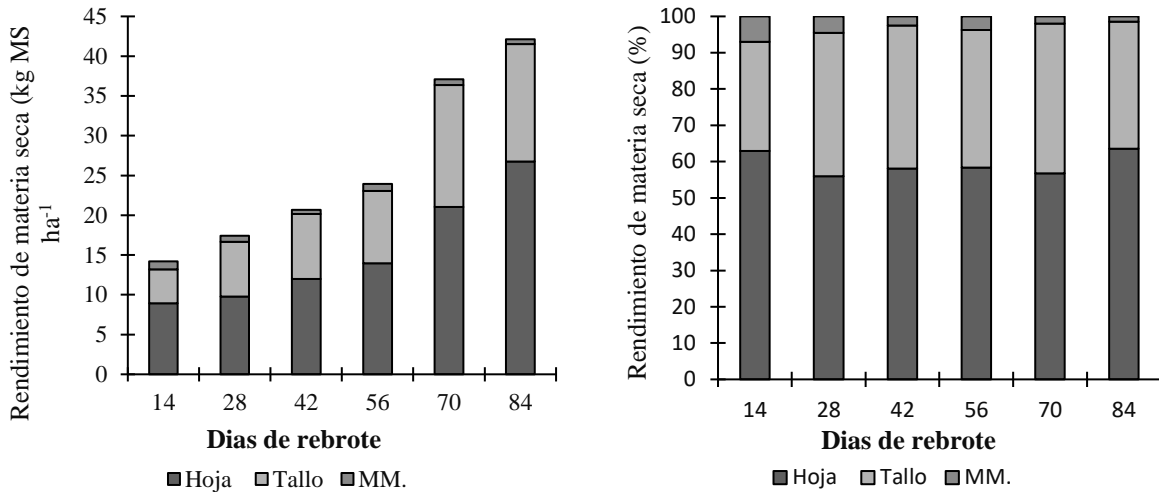


Figura 2. Composición morfológica de *Amelichloa clandestina* a diferentes semanas de rebrote posterior a un pastoreo en la estación de primavera de 2023.

CONCLUSIONES

El estudio muestra que los rendimientos de materia seca y altura de *Amelichloa clandestina* aumentan durante el período de rebrote, alcanzando su punto máximo a los 84 días. Estos hallazgos son relevantes para el manejo ganadero de la región, especialmente considerando las condiciones climáticas de primavera y la importancia de la humedad para un crecimiento óptimo. Este estudio proporciona información valiosa para la planificación y toma de decisiones en la producción y manejo de pastizales, destacando la importancia de elegir el momento óptimo para el rebrote de *Amelichloa clandestina* y maximizar su rendimiento y calidad como forraje en sistemas ganaderos.

LITERATURA CITADA

- Bernáldez, M. L.; D. Basigalup; F. J. Martínez; M. Balzarini; D. Alomar. 2006. Comparación de dos índices cuantitativos de estimación del estado de desarrollo de la alfalfa. *Agriscientia*; XXIII(2):77-82.
- Blair, J.; J. Nippert; J. Briggs. 2014. Grassland ecology. En R. K. Monson (ed.), *Ecology and the environment* (pp. 389-423). Springer Science. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7501-9_14.
- Domínguez-Escudero, J. M. A.; J.M. Iglesias-Gómez; Y. Olivera-Castro; M de Ca. Milera-Rodríguez; O. C. T. Pérez; H. B. Wencomo-Cárdenas. 2021. Caracterización del pastizal y su manejo en un sistema de pastoreo racional Voisin, en Panamá. *Pastos y Forrajes* 44, eE19.
- Herrera-Corral, J.; Y. Herrera-Arrieta; F. O. Carrete-Carreón; N. Almaraz-Abarca; N. Naranjo-Jiménez; F. González-González; 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia* 36(4), 300-305.
- Juanes, M. S.; P. Álvarez; J. Encina; M. Mellado; J. García; A. Flores-Naveda. 2022. Response to cutting and herbicide treatment of Mexican needlegrass (*Amelichloa clandestina*) in northeastern Mexico. *Fresenius Environmental Bulletin*. 31. 8663-8672.

DIVERSIDAD DE GRAMÍNEAS DESPUÉS DE 35 AÑOS (1979-2014) EN DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN EL ARENAL, DURANGO

GRASS DIVERSITY AFTER 35 YEARS (1979-2014) IN TWO GRAZING SYSTEMS IN EL ARENAL, DURANGO

Jesús Javier Sánchez Ramos^{1*}, Christian Eduardo Álvarez Enríquez¹, Lizeth Ruacho Gonzalez², Julio Cesar Cruz Rivas¹ y Omar Sánchez Ávila¹

¹Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Carretera Durango-México Km 22.5 Villa Montemorelos, Durango. Méx. C.P. 34371

²Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango. Sigma 119 Fracc. 20 de Noviembre II, Durango, Dgo. C.P. 34220

*Autor por correspondencia: sanchez.ramos@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluaron los cambios en la composición de gramíneas en un pastizal mediano arbosufrutescente después de 35 años sometido a pastoreo rotacional en el Rancho San Rafael, y continuo en el Ejido Arenal, Durango. Se realizaron muestreos de gramíneas en otoño de 2014 y se compararon con la diversidad registrada por la Comisión Técnica Consultivo para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero en 1979. Se obtuvieron datos de densidad, dominancia, frecuencia e índice del valor de importancia de las especies por medio de Líneas Canfield. Los resultados indicaron que en ambos sitios existió un recambio en la riqueza específica pues de las 33 especies reportadas en 1979, solo se encontraron 11 más otras 20 que no se reportaron previamente. El inventario por área indicó que en el Rancho San Rafael se registraron 25 especies. *Bouteloua barbata*, *B. gracilis* y *B. hirsuta*, consideradas de calidad para la ganadería, fueron las más dominantes. En el Ejido El Arenal se registraron 20 especies, donde las que mayor abundancia fueron *Bouteloua repens*, *B. gracilis* y *Eragrostis pectinacea*. Por otro lado, se detectó que la abundancia de la especie invasora *Melinis repens* en ambas áreas era alta. Se evidencia que existe menor pérdida de diversidad en áreas donde se practica el pastoreo rotacional del ganado y se recomienda realizar prácticas de buen manejo del ganado y realizar resiembras con especies calidad forrajera buena y excelente.

Palabras clave: Pastizal, Índice de Valor de Importancia, especie invasora, calidad forrajera.

ABSTRACT

We evaluated the changes in the composition of grasses in a medium-sized arbosufrutescent pasture after 35 years of rotational grazing at Rancho San Rafael and continuous grazing at Ejido Arenal, Durango. Grasses were sampled in the fall of 2014 and compared with the diversity recorded by the Technical Advisory Commission for the Regional Determination of Grazing Coefficients (COTECOCA) in 1979. Density, dominance, frequency and species importance value index data were obtained by line transect method. The results indicated that in both sites there was a change in the specific richness, since of the 33 species reported in 1979, only 11 were found, plus another 20 that were not previously reported. The inventory by area indicated that 25 species were recorded at Rancho San Rafael. *Bouteloua barbata*, *B. gracilis* and *B. hirsuta*, considered to be of high

quality for cattle ranching, were the most dominant. In Ejido El Arenal, 20 species were recorded, where the most abundant were *Bouteloua repens*, *B. gracilis* and *Eragrostis pectinacea*. On the other hand, the abundance of the invasive species *Melinis repens* was high in both areas. It is evident that there is less loss of diversity in areas where rotational grazing of cattle is practiced, and it is recommended to carry out good cattle management practices and reseeded with species of good and excellent forage quality.

Keywords: Pasture, Importance Value, invasive species, forage quality.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son ecosistemas de alto valor ecológico, económico y social, pues contribuyen y representan la base de la alimentación de millones de seres humanos en el mundo (Herrera y Pámanes, 2006). Los pastizales proporcionan servicios ambientales como la captura y almacenamiento de agua, la captura del dióxido de carbono, regulación del ciclo hídrico, el mantenimiento y formación de suelos fértiles, el control de la erosión de suelo por el efecto de lluvias torrenciales, la conservación de la biodiversidad, así como la producción de alimentos a partir de los sistemas agrícolas y pecuarios, (CONABIO, 2006). Por sus condiciones de suelo y vegetación, gran parte de la superficie del estado de Durango se destina a la ganadería extensiva, pues al menos 1.3 millones de hectáreas cuentan con pastizal natural y 0.720 millones con pastizal inducido, lo cual representa el 46 % y 25 % respectivamente de la superficie total del Estado (SEMARNAT, 2007). El principal factor que influye en el deterioro del pastizal es el sobrepastoreo pues ocasiona la pérdida de diversidad, reduce la cobertura de gramíneas y favorece la aparición de plantas y arbustos indeseables. Además, disminuye la producción ganadera y se propicia la desertificación con efectos negativos en los agostaderos, lo cual no permite una planeación y manejo racional del recurso pastizal en zonas degradadas que requieren rehabilitación. El inventario de las especies de gramíneas en el pastizal representa el primer paso para evaluar el manejo apropiado del sistema de pastoreo (De Alba, 1980), y el monitoreo permanente la clave para modificarlo, mejorarlo o mantenerlo. Es por ello, que para la conservación del recurso pastizal se requiere de un monitoreo de cambios en la vegetación y evaluación de la dinámica de diversidad. El objetivo del presente trabajo fue obtener un listado florístico de las especies de gramíneas presentes en un pastizal sometido a pastoreo rotacional y en un pastizal cuyo pastoreo es continuo y determinar el valor de importancia de las especies presentes, así como evaluar el recambio en la composición de gramíneas después de 35 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. Se seleccionaron dos áreas de pastizal, una sometida a pastoreo rotacional dentro del Rancho San Rafael y otra sometida al sistema de pastoreo continuo en el Ejido El Arenal. Ambas áreas se encuentran en la carretera Durango-México a 22.5 km de la ciudad de Durango, en la región de los lomeríos de Nacozari y de la zona de “Malpaís”. El Rancho San Rafael, es una propiedad privada que se ubica en las coordenadas 24° 2'38.71"N y 104°23'31.45"O a una elevación de 1820 msnm. Mientras que el Ejido del Arenal se ubica en las coordenadas 24° 4'52.05"N y 104°24'29.65"O a 1847 metros de elevación. El clima en ambas localidades es seco templado con verano cálido BS1k, y seco semicálido BS1h, con temperatura media anual entre 15 y 20 °C, precipitación pluvial de 400 a 500 mm al año, presentan un suelo franco-arenoso con afloramientos de roca ígnea y una pendiente con ondulaciones no muy prolongadas (COTECOCA, SARH, 1979).

Gramíneas presentes en 1979. Se utilizó el mapa de tipos de vegetación en el estado de Durango elaborado por COTECOCA (1979) el cual se escaneó y se georreferenció en el programa libre GVSIG 1.12. Posteriormente, en este mismo programa se crearon los polígonos de ambas áreas de estudio, así como la localización de los sitios de muestreos, con el fin de comparar la diversidad de especies registradas por COTECOCA en 1979 y los registros de muestreo del 2014.

Gramíneas presentes en 2014. Se realizó un recorrido en septiembre de 2014 en ambas áreas de estudio con el propósito de identificar sitios de muestreo heterogéneos que fueron georreferenciarlos con un GPS. Se seleccionaron ocho sitios representativos en el Rancho San Rafael y nueve sitios en el Ejido El Arenal.

Colección e identificación de gramíneas. Se recolectaron muestras botánicas de gramíneas del pastizal en cada sitio seleccionado, posteriormente se identificaron por taxónomos especialistas y se depositaron en el herbario del CIIDIR-IPN Unidad Durango.

Determinación de calidad de forraje. La importancia forrajera de gramíneas se obtuvo mediante la descripción breve de información en la “Guía de pastos para el ganadero del Estado de Durango” (Herrera y Pámanes, 2006).

Índice de Valor de Importancia. En cada uno de los 17 sitios se realizaron muestreos de vegetación mediante el método de intercepción lineal (10 m). Con ello, se obtuvieron los parámetros de densidad, dominancia y frecuencia, y posteriormente se calculó el valor de importancia de las especies.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la composición de especies. En el año de 1979 la COTECOCA registró 33 especies de gramíneas presentes en ambas áreas de estudio, solo la especie *Pennisetum villosum* era introducida. En el inventario de 2014 se encontraron 31, de las cuales solo 11 especies se reportan en ambos trabajos. Las principales especies de gramíneas registradas en 2014 fueron *Bouteloua gracilis*, *B. barbata* y *B. hirsuta*, las cuales están consideradas como deseables para el tipo de pastizal en estudio. El muestreo de gramíneas realizado en el rancho San Rafael reportó 25 especies, mientras que en el Ejido se registraron 20, ambos sitios compartieron 14 taxa (Cuadro 1).

Calidad de forraje en San Rafael y Ejido El Arenal. En Rancho San Rafael se reporta un 12% de especies de calidad excelente y un 16 % de gramíneas de mala calidad. En el Ejido la calidad de forraje excelente es del 15% de las especies, pero hay un 20 % de pastos de baja calidad. En el caso de las especies de calidad forrajera excelente como *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua hirsuta* pueden ser altamente recomendadas para resiembra. Terán (2010) mencionó que estas especies poseen buenas características de amacollamiento y alto porcentaje de proteína para el ganado.

Índice de Valor de Importancia (I.V.I.). En Rancho San Rafael las especies con mayor IVI fueron *Bouteloua barbata*, *B. gracilis* y *B. hirsuta* con 84.90, 82.57 y 27.90% respectivamente. En contraparte, las de menor valor fueron *Bouteloua repens*, *Muhlenbergia rigida*, *Paspalum jaliscanum* y *Eragrostis pectinacea* con 2.13%. *Melinis repens* registró el mayor IVI en áreas cercanas a zonas con fuerte afloramiento rocoso (zonas de malpaís); esto representa un riesgo para especies nativas, ya que el zacate rosado ha desplazado y ocupado espacios de gramíneas forrajeras de alta calidad como *Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula* (Carrillo *et al.*, 2009). A esto se le añade el problema que *M. repens* es consumido por el ganado bovino en menor cantidad que otras gramíneas nativas como *B. gracilis* (Terán, 2010). En el Ejido El Arenal, el mayor IVI fue para *Bouteloua repens* con 64.39%, seguido de *B. gracilis* con el 45.65% y *Eragrostis pectinacae* con el 38.64%. Por otra parte, los de menor presencia fueron *Bothriochloa perforata*, *Muhlenbergia minutissima* y *M. texana* con 3.06%.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Especies registradas en el inventario de 2014 comparadas con 1979.

Nombre común	Nombre científico	COTECOCA		Rancho	Ejido
		1979	2014	San Rafael	El Arenal
Popotillo plateado	<i>Andropogon barbinodis</i>	*			
Zacate azucarado	<i>Andropogon saccharoides</i>	*			
Tres barbas anual	<i>Aristida adscensionis</i>			*	*
Tres barbas abierto	<i>Aristida divaricata</i>	*		*	
	<i>Aristida glauca</i>	*			
Zacate araña	<i>Aristida ternipes</i>	*			
Volador	<i>Aristida orcuttiana</i>	*			
	<i>Bothriochloa perforata</i>				*
Navajita anual	<i>Bouteloua barbata</i>			*	*
	<i>Bouteloua chondrosioides</i>				*
Banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>	*		*	*
Navajita azul	<i>Bouteloua gracilis</i>	*		*	*
Navajita velluda	<i>Bouteloua hirsuta</i>	*		*	*
Navajita corta	<i>Bouteloua repes</i>			*	*
Navajita corta	<i>Bouteloua filiformis</i>	*			
Nvajita púrpura	<i>Bouteloua radicata</i>	*			
Zacate búfalo	<i>Buchloe dactyloides</i>	*			
Cadillo, rosetilla	<i>Cenchrus incertus</i>			*	*
Abrojo	<i>Cenchrus myosuoides</i>	*			
Pata de gallo	<i>Chloris submutica</i>	*			
Mota	<i>Chloris virgata</i>	*		*	*
Agrarista, bermuda	zacate <i>Cynodon dactylon</i>			*	*
Pata de gallo	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>			*	
	<i>Digitaria filiformis</i>			*	
Cangrejo gigante	<i>Digitaria sanguinalis</i>			*	
Zacate lanudo	<i>Elionurus barbiculmis</i>	*		*	*
Zacate ladera	<i>Enneapogon desvauxii</i>	*			*
Zacate amor	<i>Eragrostis intermedia</i>	*			
Amorseco o zacate africano	<i>Eragrostis lehmanniana</i>			*	
	<i>Eragrostis pectinacea</i>			*	*
Zacate de agua	<i>Eriochloa acumunata var. minor</i>			*	
Zacate colorado	<i>Heteropogon contortus</i>	*			
Barba negra dulce	<i>Heteropogon melanocarpus</i>			*	
Zacate chino	<i>Hilaria cenchroides</i>	*			
Zacate gigante	<i>Leptochloa dubia</i>	*			*
	<i>Leptoloma cognatum</i>			*	

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Lobero	<i>Lycurus phleoides</i>	*		
Zacate rosado	<i>Melinis repens</i>		*	*
Liendrilla de pinar	<i>Muhlenbergia dubia</i>	*		
Cambray	<i>Muhlenbergia emersleyi</i>	*		
Liendrilla fina	<i>Muhlenbergia minutissima</i>			*
Liendrilla	<i>Muhlenbergia phleoides</i>		*	
Liendrilla	<i>Muhlenbergia repens</i>	*		*
Liendrilla morada	<i>Muhlenbergia rigida</i>	*	*	
Liendrilla	<i>Muhlenbergia texana</i>		*	*
Zacate guía	<i>Panicum obtusum</i>	*		
	<i>Paspalum jaliscanum</i>		*	
Algodoncillo	<i>Pennisetum villosum</i>	*		
Zacate temprano	<i>Setaria macrostachya</i>	*		
Zacate temprano	<i>Setaria viridis</i>	*		
Zacatón alcalino	<i>Sporobolus airoides</i>	*	*	*
Agujilla grande	<i>Stipa eminens</i>	*		
Punta blanca	<i>Trichachne californica</i>	*		
	Total	33	25	20

CONCLUSIONES

La mayor riqueza de especies encontradas en San Rafael evidencia que existe un mayor control de la carga de pastoreo lo que se refleja en menor pérdida de diversidad y presencia de especies forrajeras de buena calidad. La presencia de la especie invasora *Melinis repens* en el Ejido, ha provocado que se un cambio en la asociación vegetal de esa zona, pues en el inventario de 1979 las dominantes eran *Bouteloua-Heteropogon* (COTECOCA1979). La presencia de *M. repens* muestra que existen cambios negativos para el aprovechamiento de la ganadería, ya que esta especie tiene poco valor nutricional cuando está madura, y además de que su índice consumo es menor que las especies nativas. Por lo anterior, es necesario realizar más estudios sobre composición de gramíneas que permitan evaluar el porcentaje de uso y aporte de nutrientes de nuevas especies encontradas, con la finalidad de contar con más elementos en la toma de decisiones en el manejo del pastizal. También es recomendable continuar con el monitoreo en todas las épocas del año así como del acopio de datos sobre las condiciones climáticas y de la respuesta en la productividad del ganado.

LITERATURA CITADA

- Carrillo, S. M., T. Arredondo, E. Huber-Sannwald y J. Flores. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnica Pecuaria en México* 47:299-312.
- Colwell R.K. 2013. EstimateS v. 9.1.0. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. En: <http://www.purl.oclc.org/estimates> Consultado 15 enero 2015.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- COTECOCA-SARH. 1979. Comisión Técnica Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Durango. Ed. Calypso, S.A. México, D.F. 200 pp.
- De Alba, J. 1980. Alimentación del Ganado en América Latina. Ed. La Prensa Médica Mexicana. 4ª Re. México, D.F. 475 pp.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Herrera, A. Y. y D.S. Pámanes G. 2006. La región de los pastizales: sustento para una ganadería sostenida. México. 183-192 pp.
- Matteucci, S.D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Serie de Biología, monografía N° 22.
- Sánchez, R. J. J. 2012. Caracterización de hábitat y riesgo de invasión por zacate rosado (*Melinis repens*) en pastizales áridos y semiáridos de Chihuahua, México. Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- SEMARNAT. 2007. Ordenamiento ecológico del estado de Durango. Secretaria de recursos naturales y medio ambiental. Gobierno del Estado de Durango; CIIDIR-I.P.N. Unidad Durango, Durango, México. 194 pp.
- Stevens, J. M. y J. S. Fehmi. 2009. Competitive effect of two nonnative grasses on a native grass in Southern Arizona. *Invasive Plant Science and Management*. 2:379-385.
- Terán, R. A. 2010. Índice de consumo de especies *Bouteloua gracilis* y *Melinis repes* y su efecto en la composición fisicoquímica del suelo. Tesis de Maestría. CIIDIR Durango. Instituto Politécnico Nacional. Durango, Dgo. Méx.

PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHAMIZO [*Atriplex canescens* (PURSH) NUTT.] EN MACETAS CON DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS

GERMINATION TESTS AND ESTABLISHMENT OF CHAMIZO SEEDLINGS [*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.] IN POTS WITH DIFFERENT ORGANIC SUBSTRATES

Leonel Santoyo-López¹, Mercedes Espino-Moreno¹, Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán¹, Jorge Arturo Bustamante-Andrade¹, María Esther Ríos-Vega^{1*}

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111.

* Autor por correspondencia: esther.rios@ujed.mx

RESUMEN

El chamizo (*Atriplex canescens*) es una especie arbustiva que debe ser considerada para reforestar áreas de pastoreo, constituye una importante fuente de alimento para el ganado en épocas de invierno y sequía, sin embargo, la semilla tiene bajo porcentaje de germinación debido a diversos inhibidores. El objetivo de este estudio fue determinar el tamaño óptimo de semilla y escarificado mecánico con diferente número de lija sobre la tasa de germinación, además determinar el mejor sustrato orgánico para su establecimiento en macetas. El experimento se estableció en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango. Para las pruebas de germinación se evaluaron dos factores; tamaño de semilla y número de lija, se procedió a la recolección de semilla de diferentes poblaciones nativas de chamizo. La siembra se realizó en charola en un suelo arenoso en el que se evaluaron 12 tratamientos, la variable a evaluar fue tasa de germinación, el diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 3x4 con cuatro repeticiones. Para el establecimiento en maceta se utilizaron tres sustratos orgánicos para evaluar el efecto en las variables altura de planta y número de hojas, el diseño fue completamente al azar con cinco repeticiones. Se mostró diferencia significativa entre tratamientos en los que el mejor tamaño para aumentar la germinación es el grande y la lija que mostró mejores resultados fue la del número 50. El mejor sustrato para establecimiento en macetas en altura y número de hojas fue el estiércol bovino.

Palabras clave: semillas, abonos orgánicos.

ABSTRACT

The chamizo (*Atriplex canescens*) is a shrubby species that should be considered to reforest grazing areas, it constitutes an important source of food for cattle in winter and dry seasons, however, the seed has a low germination percentage due to various inhibitors. The objective of this study was to determine the optimal seed size and mechanical scarification with different number of sandpapers on the germination rate, in addition to determining the best organic substrate for its establishment in pots. The experiment was established in the facilities of the Faculty of Agriculture and Zootechnics of the Juárez University of the State of Durango. For the germination tests, two factors were evaluated; seed size and sandpaper number, seed was collected from different native populations of chamizo. The planting was carried out in a tray in a sandy soil in which 12 treatments were evaluated, the variable to be evaluated was the germination percentage, the experimental design was completely randomized with a 3x4 factorial arrangement with four repetitions. For the establishment in a pot,

three organic substrates were used to evaluate the effect on the variables plant height and number of leaves, the design was completely randomized with five repetitions. A significant difference was shown between treatments in which the best size to increase germination is the large one and the sandpaper that showed the best results was that of number 50. The best substrate for establishment in pots in height and number of leaves was bovine manure.

Keywords: seeds, organic fertilizers.

INTRODUCCIÓN

Existen aproximadamente 8.8 millones de cabras en la República Mexicana y se considera el rebaño más grande del continente, existen 494,000 unidades de producción caprina y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria a la caprinocultura (SIAP, 2022). El 64% de las cabras se concentra en los sistemas de producción extensiva característicos de las zonas áridas y semiáridas (Escareño *et al.*, 2011).

Mellado (1997) ha resaltado el enorme potencial que implica el lograr incrementar la producción de leche por cabra por hectárea bajo condiciones extensivas, sin que esto implique ningún riesgo de atentar contra la estabilidad de los agostaderos. En las regiones árida y semiárida el chamizo constituye una importante fuente de alimento para el ganado a lo largo de todo el año, especialmente en las épocas de invierno y sequía, cuando la producción de otras especies forrajeras es casi nula (Urrutia *et al.*, 2007)

Esta arbustiva forrajera ha mostrado ser una efectiva fuente de proteína para cabras en pastoreo (Boutouba *et al.*, 1990). El elevado contenido de proteína (11 a 17 %) la hace comparable con algunas otras especies forrajeras, como la alfalfa (Fierro, 1991; Urrutia *et al.*, 1989; Beltrán *et al.*, 2006). Al igual que el contenido de proteína, la digestibilidad de la materia seca también es elevada. Por otra parte, Loredó *et al.* (1993) al evaluar el potencial productivo del chamizo, fue posible incorporarlo como dieta de los animales, a través del establecimiento de módulos de alta densidad de población. Asimismo, se ha determinado su valor nutritivo (Valencia *et al.*, 1981; Sanginés *et al.*, 1987; Urrutia *et al.*, 1989) encontrando que la producción de materia seca de una planta de chamizo varía de 540 a 740 g, y en plantas adultas puede rebasar el kilogramo, recomiendan una densidad 2,000 plantas por hectárea (Enríquez *et al.*, 2002). Por lo tanto, esta especie es una buena alternativa para el establecimiento de bancos de forraje para el pastoreo de caprinos en áreas con bajo nivel productivo de forraje, sin embargo, se ha determinado que el porcentaje de germinación de las semillas de esta especie es bajo (12 %), por lo que es necesario recurrir a diferentes técnicas como la escarificación que interrumpen la latencia de las semillas, con lo que se incrementa el número de plántulas que se pueden obtener (Beltrán, 1999). El objetivo de este estudio fue determinar el tamaño óptimo de semilla y escarificado mecánico con diferente número de lija sobre la tasa de germinación, además determinar el mejor sustrato orgánico para su establecimiento en macetas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango. La localización geográfica es 25° 46' 56" N, 103° 21' 02" W y una altitud de 1,110 msnm. El experimento se desarrolló en los meses de enero a septiembre de 2022 el cual constó de dos fases: Prueba de germinación; en el que se consideraron dos factores de evaluación compuestos por tres y cuatro niveles respectivamente quedando de la siguiente manera: Factor A;

tamaño de semilla: nivel 1 chica, nivel 2 mediana y nivel 3 grande. Factor B; tipo de lija: nivel 1 numero 50, nivel 2 numero 80, nivel 3 numero 120 y testigo sin lija.

Se procedió a recolectar semilla de dos poblaciones nativas en los ejidos; Pamplona y Lucero ambos del municipio de Tlahualilo y dos poblaciones en la Facultad de Agricultura y Zootecnia. Las muestras se mantuvieron en reposo por dos meses. Los análisis se realizaron por separado. Se clasificaron las semillas por tamaño (chica, mediana y grande) y se llevó a cabo el proceso de escarificación mecánica utilizando diferentes números de lija (numero 50, 80, 120 y sin lija) esto con la finalidad de eliminar la estructura de dispersión (brácteas) y testa, una vez realizada la escarificación se asignaron los tratamientos. Antes de la siembra se sumergió la semilla en agua destilada por 48 horas. El sustrato utilizado fue suelo arenoso, la profundidad de siembra de 0.5 cm. El experimento consto de nueve tratamientos más tres testigos considerando uno por cada tamaño de semilla (sin escarificación), se utilizaron charolas de 200 cavidades, el número de semillas utilizadas por comunidad fue un total de 480; correspondientes a 40 semillas por tratamiento considerando cuatro repeticiones. Una vez realizada la siembra, se dio un riego de establecimiento y se cubrieron las charolas con plástico negro por 72 horas esto con la finalidad de acelerar el proceso de germinación y mantener la humedad. Una vez transcurrido el tiempo se retiró la cubierta y se le aplicaron riegos ligeros cada 24 horas. La variable evaluada fue tasa de germinación, para determinar esta variable se realizaron tres conteos a los 7, 14 y 21 días después de la siembra, se consideró cada plántula que emergió del suelo en las fechas de conteo. Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x4, la comparación de medias se realizó mediante prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Establecimiento en macetas; el trasplante se realizó utilizando 20 plántulas del experimento de germinación, el criterio de selección; que fueran plantas homogéneas, la altura considerada como criterio de selección fue de 7 cm. Se evaluaron tres sustratos (estiércol de cabra, estiércol bovino, lombricomposta) y un testigo (suelo sin sustrato orgánico). Los sustratos fueron mezclados con suelo a una relación de 1:1. En total se evaluaron cuatro tratamientos con 5 repeticiones. Las variables a evaluar fueron: Altura de planta (Se midieron las plántulas al momento del establecimiento y a los 30 días después del trasplante) y número de hojas (Se contabilizó el número de hojas por planta hasta los 30 días después del establecimiento) el diseño fue completamente al azar, la comparación de medias por tratamiento se realizó mediante prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Tanto el análisis de varianza y la comparación de medias de ambos experimentos se realizaron con el programa de cómputo Minitab 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la fase uno del experimento, no se observó germinación en dos localidades (ejidos Lucero y Pamplona), sin embargo, en las localidades 1 y 2 de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, se presentaron porcentajes bajos de germinación (6 y 18.25 %), correspondientes a los 12 tratamientos, este comportamiento pudo ser ocasionado por el periodo de almacenamiento de la semilla, ya que, Urrutia *et al.* (2007) mencionan que es necesario almacenarla al menos durante seis meses antes de sembrarla mientras que en este experimento solo se almacenó por dos meses.

Al realizar las correspondientes pruebas estadísticas para la variable germinación, en la localidad 1 no se observó diferencias significativas entre tratamientos (cuadro 1).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Resultado de la germinación de *Atriplex canescens* en función del tamaño de semilla y número de lija.

Tamaño	No de lija	Localidad 1	Localidad 2
		Semillas Germinadas	Semillas Germinadas
Chico	50	0.75 ^a	1 ^b
	80	0 ^a	2 ^{ab}
	120	0 ^a	1.25 ^b
	testigo	0.25 ^a	0.25 ^c
Mediano	50	0.75 ^a	2.75 ^{ab}
	80	0.75 ^a	0.5 ^c
	100	0.5 ^a	1.75 ^b
	testigo	0.5 ^a	0.5 ^c
Grande	50	1.25 ^a	3.25 ^a
	80	0.25 ^a	2.5 ^{ab}
	100	0.75 ^a	1.75 ^b
	testigo	0.25 ^a	0.75 ^c

^{abc}Medias en la misma columna sin una literal en común son diferentes ($p \leq 0.05$); * = $p \leq 0.05$; ns = no significativo.

Para la localidad 2, se demostró que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la interacción de los factores en los que el tamaño de semilla grande con lija del número 50 obtuvo un mayor número de semillas germinadas con un valor de 3.25, esto concuerda con lo reportado por Thomson (1979) donde menciona que el tamaño de semilla tiene efecto en la germinación y el desarrollo de la planta, esto se asocia a embriones de mayor tamaño y con mayor cantidad de sustancias de reserva, dando como resultado plántulas más grandes, cuando germinan en condiciones favorables, esto aunado a que, la escarificación mecánica para eliminar las brácteas de la semilla es necesaria, ya que, contienen cerca de un 10% de saponinas un inhibidor de la germinación (Lopez, 1997) razón por la cual el tamaño más grande de semilla escarificada con la lija más áspera obtuvo los mejores resultados. Por otro lado, los testigos de los diferentes tamaños sin escarificación fueron los que obtuvieron una menor germinación con 0.25, 0.5 y 0.75 semillas germinadas (cuadro 1).

En la fase dos del experimento, al evaluar tres sustratos para el establecimiento de las plántulas de chamizo, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en altura de planta y número de hojas en el que el estiércol bovino fue superior a los demás tratamientos con 10.5 cm y 10.8 hojas respectivamente (cuadro 2).

Cuadro 2. Comportamiento de las variables altura de planta y número de hojas de *Atriplex canescens* con diferentes sustratos orgánicos en el establecimiento en macetas.

FACTOR	ALTURA DE PLANTA	NUMERO DE HOJAS
Estiércol bovino	10.5 ^a	10.8 ^a
Estiércol de cabra	7.1 ^{ab}	6 ^{ab}
Lombricomposta	5.8 ^b	3.4 ^b
Testigo	5.1 ^b	1.2 ^b

^{abc}Medias en la misma columna sin una literal en común son diferentes ($p \leq 0.05$); * = $p \leq 0.05$; ns = no significativo.

CONCLUSIONES

Las localidades presentaron baja tasa de germinación, no mayores al 20 %. La mejor interacción para promover la germinación en el experimento fue el tamaño de semilla grande escarificada con

la lija de número 50. En el establecimiento en macetas con diferente sustrato orgánico, el mejor tratamiento para promover el desarrollo fue el estiércol bovino. El tratamiento testigo fue el de menor efecto sobre las variables evaluada. Dados los bajos resultados se sugiere seguir realizando pruebas con otros tratamientos con la finalidad de aumentar la germinación de estas semillas.

LITERATURA CITADA

- Beltrán, L. S. 1999. Evaluación de diferentes técnicas de escarificación para incrementar la capacidad de germinación de semillas de chamizo (*Atriplex canescens*). Memoria de la XXXV Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Yucatán. Mérida Yuc. pp.
- Beltrán, L. S., O. C. Loredó, V. H. Gámez. 2006. Tasas de crecimiento y rendimiento de forraje de especies arbustivas con tres intensidades de corte. Memoria de la XLII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Veracruz. Veracruz, Ver. p.199.
- Boutouba, A., J. L.Holechek, M. L.Galyean, G. Núñez-Hernandez, J. D. Wallace y M. Cardenas. 1990. Influence of two native shrubs on goat nitrogen status. *Journal of Range Management* 43(6):530-534.
- Enríquez, C. E., G. M. A. Parra, M. F. Ramírez, O. M. F. Silva y G. C. Ortega. 2002. Establecimiento de *Atriplex canescens* y *Atriplex nummularia* en un suelo salino de la zona costera del estado de Sonora. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria, Puebla. p 76.
- Escareño, L., M. Wurzinger, F. Pastor, H. Salinas, J. Solkner y L. Iñiguez. 2011. La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la Comarca Lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo-Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17:235-246.
- Fierro, L. C. 1991 Utilización de *Atriplex canescens* y su importancia en la dieta del ganado y su manejo. Memoria del Taller sobre captación y aprovechamiento del agua con fines agropecuarios en zonas de escasa precipitación. Editores: H. Salinas, S Flores M. Martínez. INIFAP, SARH. p 255-270.
- López, M. A. 1997. Efectos de diferentes métodos de escarificación sobre la germinación de semillas de chamizo [*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.]. Sonora, Mexico: Tesis de licenciatura. 32 p.
- Loredó, O. C., L. S. Beltrán, D. J. Villanueva. 1993. *Atriplex canescens*: una alternativa para tierras marginales en la zona semiárida de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 6. Campo Experimental Palma de la Cruz (San Luis), CIRNE, INIFAP. 17 p.
- Mellado, M. 1997. Potencial de las zonas áridas y semiáridas para la producción de leche de cabra. En: Memorias de la XII Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Torreón, Coahuila. p. 297.
- Sanginés, G. L., R. F. Pérez-Gil, C. D. Grande y G. E. Samperio. 1987. Caracterización química de las plantas halófitas (genero *Atriplex*) como recurso alimenticio de las zonas áridas. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria en México p 294.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2022. Anuario estadístico de la producción <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/la-caprinocultura-en-mexico>
- Thomson, J. R. 1979. Introducción a la tecnología de semillas. Acribia. España. 301 p.
- Urrutia, J., C. A. Martínez, y D. J. Villanueva, 1989. Caracterización químico proximal de las plantas del género *Atriplex*. V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, México. pp 137-139.
- Urrutia, J., S. Beltrán, C. Loredó, M. O. Díaz y H. G. Gámez. 2007. Chamizo: forraje de calidad en zonas semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 30. San Luis Potosí, S.L.P. México. 40 p.
- Valencia, C. M., C. J. Gasto, y C. R. Nava, 1981. Época y frecuencia de utilización de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Monografía Técnico-Científica, Vol. 7, No. 1. 13 p.

RELACIÓN ENTRE PROTEÍNA CRUDA E ÍNDICE NORMALIZADO DE VEGETACIÓN EN UN AGOSTADERO DE ZACATECAS

RELATIONSHIP BETWEEN CRUDE PROTEIN AND STANDARDIZED VEGETATION INDEX IN A ZACATECAS RANGELAND.

Alfonso Serna Pérez^{1*}, Alberto Cabral Arévalo², José Israel Casas Flores¹, Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas. ²Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 167. Valparaíso, Zacatecas

*Autor por correspondencia: serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los sensores remotos se han usado para estimar índices de vegetación a partir de imágenes multiespectrales capaces de detectar la abundancia y calidad nutricional del forraje en áreas de pastoreo. El objetivo de este estudio fue correlacionar el contenido de Proteína cruda (%) de pastos y herbáceas con respecto al índice normalizado de vegetación (NDVI) y la banda multiespectral cercano infrarrojo (NIR) estimados mediante imágenes de vuelos aéreos no tripulados de un agostadero semiárido de Zacatecas. Así como obtener el mejor estimador de Proteína cruda entre modelos de regresión exponencial, lineal, logarítmica o potencial. En un área pastoreada se establecieron y geolocalizaron sitios de muestreo y parcelas excluidas al pastoreo de 1 m² en donde se muestreo el rendimiento seco anual de pastos y herbáceas forrajeras y se estimó el contenido de proteína cruda (%). Mediante vuelos aéreos no tripulados y cámara multiespectral se obtuvo un ortomosaico del área total para la estimación de índices NDVI y banda NIR usando métodos estadísticos y geomáticos. La correlación entre contenido de Proteína cruda (%) e índice NDVI fue significativa ($r \geq 0.634$, $P = 0.01$). El resto de las variables mostro muy poca correlación, incluso entre NDVI y banda espectral NIR. Todos los modelos de regresión evaluados para estimar Proteína cruda (%) a partir de NDVI fueron satisfactorios ($R^2 \geq 0.402$, $P = 0.01$). Pero el modelo potencial fue el mejor predictor del contenido de Proteína cruda (%).

Palabras Clave: Calidad Forrajera, Geomática, Índice de Vegetación, Correlación.

ABSTRACT

Remote sensing has been used to estimate vegetation indices from multispectral images capable of detecting the abundance and nutritional quality of forage in grazing areas. The objective of this study was to correlate the crude protein content (%) of grasses and herbaceous plants with respect to the normalized vegetation index (NDVI) and the near-infrared (NIR) multispectral band estimated by unmanned aerial flight images of a semi-arid rangeland. from Zacatecas. As well as obtaining the best crude protein estimator between exponential, linear, logarithmic or potential regression models. Sampling sites and 1 m² plots excluded from grazing were established and geolocated in a grazed area, where the annual dry yield of grasses and forage herbaceous plants was sampled and the crude protein content (%) was estimated. Using unmanned aerial flights and a multispectral camera, an orthomosaic of the total area was obtained for the estimation of NDVI

and NIR band indexes using statistical and geomatic methods. The correlation between crude protein content (%) and NDVI index was significant ($r \geq 0.634$, $P = 0.01$). The rest of the variables showed very little correlation, even between NDVI and NIR spectral band. All regression models evaluated to estimate Crude Protein (%) from NDVI were satisfactory ($R^2 \geq 0.402$, $P = 0.01$). But the potential model was the best predictor of crude protein content (%).

Keywords: Forage Quality, Geomatics, Vegetation Indices, Correlation.

INTRODUCCIÓN

Los agostaderos son la fuente más importante de forraje para la producción pecuaria en Zacatecas. Por lo que la calidad de los pastizales y herbáceas producidos en ellos debe ser la adecuada durante la temporada de pastoreo. Estos agostaderos ocupan una gran superficie por lo que los métodos para estimar la calidad del forraje en laboratorio no son prácticos, además de que pueden ser muy costosos (Ozyigit y Bilgin, 2013). Los sensores remotos se han usado desde hace tiempo para estimar índices de vegetación a partir de imágenes multiespectrales que son capaces de detectar la abundancia de material vegetal como el forraje, así como el Nitrógeno en pie (Thoma *et al.*, 2002). Además, el desarrollo de diversos índices de vegetación y el uso de drones han permitido realizar estudios acerca de la calidad de los forrajes a partir de variables específicas como el contenido de proteína cruda (Askari *et al.*, 2019; Irisarri *et al.*, 2022). Así como la oportunidad de modelar la calidad del forraje a partir de diferentes fuentes como bandas multiespectrales e índices de vegetación (Ozyigit y Bilgin, 2013; Wijesingha *et al.*, 2020). El objetivo del estudio fue correlacionar el contenido de proteína cruda (%) de pastos y herbáceas muestreados en diferentes sitios, con respecto al índice normalizado de vegetación (NDVI) y la banda multiespectral NIR estimados mediante imágenes de vuelos aéreos no tripulados (VANT) de un agostadero semiárido de Zacatecas. Así como obtener el mejor estimador de Proteína cruda entre los modelos de regresión exponencial, lineal, logarítmica o potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es una microcuenca de 135 has dedicada al pastoreo de bovinos y localizada en Valparaíso, Zac., ($33^{\circ}48'20.93''$ Norte, $103^{\circ}38'9.74''$ Oeste, 2170 m). Se establecieron y geolocalizaron (GPS) 28 sitios de muestreo y pequeñas parcelas excluidas al pastoreo de 1 m^2 en sitios en donde la vegetación presentó diferencias en cuanto a su composición y condición, suelo, erosión, pendiente y geomorfología. Al final de la estación de lluvias en cada uno de los 28 sitios se muestrearon las parcelas excluidas para estimar rendimiento seco anual de pastos y herbáceas forrajeras y en el laboratorio se estimó el contenido de proteína cruda (%) con el método de Dumas por combustión AOAC (1996) usando el equipo LECO. También, mediante tres vuelos aéreos no tripulados (VANT ó dron) y cámara multiespectral se obtuvo un ortomosaico del área total para la estimación de índices de vegetación. Utilizando el software estadístico R, se extrajo el valor medio de los marcos virtuales de 20 y 30 metros mediante una matriz de valores (Casa-Flores, 2021).

Para facilitar el cumplimiento del objetivo, dentro del área de estudio se delimito digitalmente una superficie de 30 has y 13 puntos de muestreo utilizando QGIS. La obtención de mapas de la distribución de Proteína cruda (%), NDVI y banda multiespectral NIR a través del área de control se hizo de la siguiente forma. Primero se creó una base de datos de los sitios y su correspondiente valor de índice NDVI, banda multiespectral NIR y contenido de proteína. Después con el software QGIS (Sistema de información geográfico) usando la herramienta de interpolación IDW

(Ponderación de distancia inversa) se interpolaron valores por celda calculando promedios de los datos por punto de muestreo en la vecindad de cada celda.

Para el análisis estadístico de la información se realizó un análisis de correlación lineal del índice de vegetación NDVI y la banda espectral NIR (cercano infrarrojo) estimados usando el marco virtual de muestreo de 20 y 30 metros contra la información obtenida de proteína cruda y rendimiento seco anual de pastos y herbáceas forrajeras. Dado que la información de proteína cruda es un porcentaje, se normalizo usando la transformación: arco seno $\sqrt{\text{porcentaje}}$. Si la correlación de proteína cruda contra NDVI o NIR fue significativa al 1 o 5 por ciento de probabilidad se realizó un análisis de regresión entre proteína cruda y su par significativo para obtener el mejor estimador, R^2 más alta, entre los modelos exponencial, lineal, logarítmico o potencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlación lineal entre la información obtenida a partir de muestreo de rendimiento seco de pasto y herbáceas y contenido de Proteína cruda (%), contra el índice de vegetación NDVI y la banda multispectral NIR estimados a partir de VANT se presentan en el Cuadro 1. Solo el índice NDVI estimado con cualquiera de los marcos virtuales de muestreo (20 y 30 m), presento una correlación estadísticamente significativa ($P=0.01$) con el contenido de Proteína cruda (%), que fue negativa indicando que a un incremento en NDVI corresponde un decremento en el contenido de Proteína cruda. Al parecer incrementar el área de muestreo no tuvo ningún efecto importante en la estimación del promedio virtual del índice NDVI, puesto que prácticamente no modificaron el coeficiente de correlación lineal. El resto de las correlaciones (NIR con Proteína cruda y Rendimiento contra NDVI o NIR) tuvieron una correlación no significativa estadísticamente ($P < 0.05$).

Cuadro 1. Análisis de correlación lineal (r) entre Proteína cruda y rendimiento seco de pasto y herbáceas contra índice de vegetación y banda espectral. Valparaíso Zacatecas.

Información de parcela excluida al pastoreo. (Sitio de muestreo).	Índice de vegetación o Banda espectral estimada con:			
	Marco virtual de 20 m		Marco virtual de 30 m	
	NDVI	NIR	NDVI	NIR
Proteína Cruda (%)	$^{\S}-0.6609^{**}$	0.2865^{NS}	-0.6510^{**}	0.2765^{NS}
Rendimiento (gr·m ²)	-0.2530^{NS}	0.1685^{NS}	-0.2563^{NS}	0.1918^{NS}

$^{\S} r \geq 0.634, P = 0.01; r \leq 0.476, NS$ (no significativo)

En la Figura 1 se presentan los mapas construidos con el software del sistema de información geográfica QGIS utilizando la herramienta de interpolación de ponderación de distancia inversa (IDW) para: A) el índice de vegetación NDVI y B) contenido de Proteína cruda (%) a través de la superficie de 30 has utilizada en este estudio para el ejercicio de correlación y obtención del estimador de proteína cruda de mejor ajuste entre cuatro modelos de regresión en el área de estudio de Valparaíso, Zacatecas. La finalidad de esto es mostrar visualmente la distribución de ambas variables, y que probablemente habría la opción de realizar un manejo organizado del pastoreo de acuerdo con criterios predeterminados por el ganadero o el administrador.

Todos los modelos de regresión para estimar Proteína cruda (%), independientemente del marco virtual de muestreo (20 y 30 m) con que se estimó el índice NDVI fueron estadísticamente significativos ($P = 0.01$). Pero los coeficientes de determinación (R^2) más altos se obtuvieron para el modelo potencial presentado en la Figura 2 A y B, especialmente al incrementar el marco virtual a 30 m, situación que fue similar en el modelo exponencial (dato no presentado).

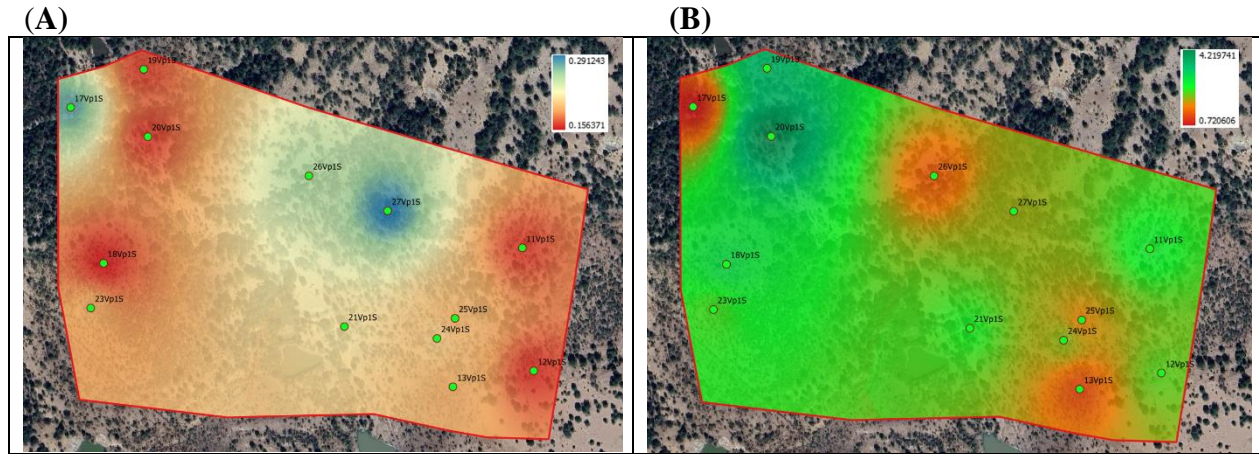


Figura 1. Mapas: A) del índice de vegetación NDVI; y B) del contenido de Proteína cruda (%) construidos con el software QGis usando la herramienta de interpolación de ponderación de distancia inversa (IDW) de la superficie del estudio. Valparaíso, Zacatecas.

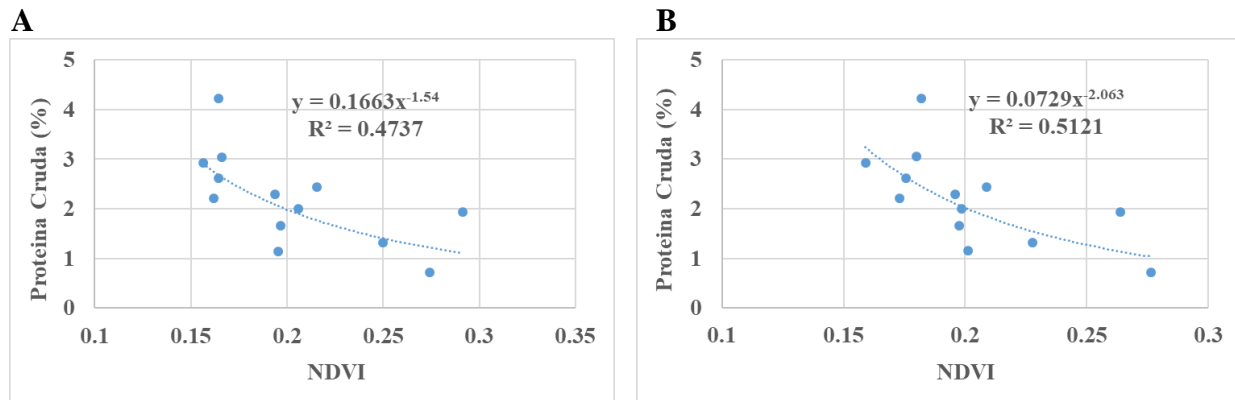


Figura 2. Modelo de regresión potencial para estimar proteína cruda en función del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) estimado a partir de: A) Un marco virtual de muestreo de 20 m, y B) Un marco virtual de muestreo de 30 m. ($R^2 \geq 0.402$, $P = 0.01$).

El modelado de calidad del forraje se ha efectuado de forma indirecta estimando el contenido del N en pie, es decir en planta viva, mediante índices NDVI obtenidos a partir de Radiometría Avanzada de Muy Alta Resolución (Thoma *et al.*, 2002), con $R^2 = 0.66$ ($P = 0.05$). También se han usado datos de bandas multispectrales como el NIR, tomadas directamente de imágenes obtenidas con drones (VANT), por ejemplo, Akari y colaboradores (2019), quienes reportan una buena predicción ($R^2 = 0.7$) de Proteína cruda (%) en pastizales templados de Irlanda. Los valores de R^2 para nuestros modelos de predicción de Proteína cruda (Figura 2 A y B), aun cuando son aceptables estadísticamente son ligeramente menores a los reportados, pero se han estimado usando el índice NDVI, que suele ser más ampliamente reportado y de mayor accesibilidad. Sin embargo, las estimaciones podrían ser mejoradas conforme se vaya avanzando con la inclusión al modelo de otras variables que vayan ganado peso en la predicción.

CONCLUSIONES

Solo la correlación entre el contenido de Proteína cruda (%) y el índice de vegetación NDVI, estimado con cualquiera de los marcos virtuales de muestreo (20 y 30 m) a partir de vuelos aéreos no tripulados (drones), fue significativa ($r \geq 0.634$, $P = 0.01$). El resto de las variables mostro muy poca correlación, incluso entre NDVI y la banda espectral NIR (cercano infrarrojo). Todos los

modelos de regresión evaluados para estimar Proteína cruda (%) a partir de NDVI fueron satisfactorios ($R^2 \geq 0.402$, $P = 0.01$). Pero el modelo potencial con el índice NDVI estimado a partir de un marco virtual de muestreo de 30 m fue el mejor predictor del contenido de Proteína cruda (%) en el área evaluada.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1996. Official methods of Analysis. 16th ed. Assoc OFF. Anal. Chem., Arlington, VA., USA.
- Askari, M.S., McCarthy, T., Darren, A.M., Murphy, J. 2019. Evaluation of Grass Quality under Different Soil Management Scenarios Using Remote Sensing Techniques. *Remote Sens.* 2019, 11, 1835; doi:10.3390/rs11151835
- Casas-Flores, J.I. 2021. Modelado de variables edáficas y geomorfológicas en sitios de pastizal mediante vuelos aéreos no tripulados en el estado de Zacatecas. Tesis de Maestría en Ciencias en Geomática Aplicada a Recursos Forestales y Ambientales. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. 55p.
- Irisarri, J.G.N., Durante, M., Derner, J.D., Oesterheld, M., Augustine, D.J. 2022. Remotely Sensed Spatiotemporal Variation in Crude Protein of Shortgrass Steppe Forage. *Remote Sens.* 14, 854. <https://doi.org/10.3390/rs14040854>
- Ozyigit, Y., Bilgen, M. 2013. Use of Spectral Reflectance Values for Determining Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Contents of Rangeland Plants. *J. Agr. Sci. Tech.* 15: 1537-1545
- Thoma, D.P. Bailey, D.W., Long, D.S., Nielsen, G.A. Henry, M.P., Breneman, M.C., Montagne, C. 2002. Short-term monitoring of rangeland forage conditions with AVHRR imagery. *J. Range Manage.* 55: 383-389.
- Wijesingha, J., Astor, T., Schulze-Brüningho, D., Wengert, M., Wachendorf, M. 2020. Predicting Forage Quality of Grasslands Using UAV-Borne Imaging Spectroscopy. *Remote Sens.* 2020, 12, 126; doi:10.3390/rs12010126

RELACIÓN ENTRE COBERTURA DEL SUELO DE UN AGOSTADERO SEMIARIDO E INDICES DE VEGETACIÓN EN ZACATECAS

RELATIONSHIP BETWEEN THE GROUND COVER OF A SEMI-ARID RANGELAND AND VEGETATION INDICES IN ZACATECAS

Alfonso Serna Pérez^{1*}, José Israel Casas Flores¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas

*Autor por correspondencia: serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los agostaderos semiáridos del centro norte de México varían en la distribución y composición de la vegetación. La cobertura del suelo cuantifica la composición de la cubierta vegetal. En la actualidad el uso de drones ha elevado la calidad en la estimación de la cobertura por la precisión que permiten los vuelos más cercanos a la superficie del suelo. El objetivo del estudio fue determinar en un agostadero la correlación entre la cobertura del suelo medida en campo y cuatro índices de vegetación (NDVI, LCI, OSAVI y NDRE) estimados de imágenes multispectrales obtenidas con vuelos aéreos no tripulados (VANT). En una red de muestreo de 16 sitios geolocalizados en un agostadero se registró la cobertura del suelo: pastos, herbáceas, arbustos, cactáceas, costras biológicas del suelo (CBS), material vegetal seco (MVS), grava, rocas y suelo desnudo. A la par en un ortomosaico obtenido mediante VANT se estimaron mediante, SIG, técnicas geomáticas y estadísticas los índices de vegetación NDVI, LCI, OSAVI y NDRE. Se encontró buena correlación ($P=0.05$) para las siguientes combinaciones de cobertura e índices de vegetación: pasto salino y todos los índices; arbustos no espinosos y NDVI, LCI y NDRE; arbustos no espinosos y LCI y NDRE; y material vegetal seco y NDVI. Es posible estimar la cobertura foliar en un agostadero semiárido en Zacatecas.

Palabras Clave: Geomática, Vuelos aéreos no tripulados, Correlación, Recursos naturales.

ABSTRACT

The semi-arid rangelands of north-central Mexico vary in the distribution and composition of the vegetation. Land cover quantifies the composition of the vegetation cover. At present, the use of drones has raised the quality in the estimation of the coverage due to the precision that the flights closest to the ground surface allow. The objective of the study was to determine the correlation between the ground cover measured in the field and four vegetation indices (NDVI, LCI, OSAVI and NDRE) estimated from multispectral images obtained with unmanned aerial flights (UAVs) in a rangeland. In a sampling network of 16 geolocated sites in a rangeland, the soil cover was recorded: grasses, herbaceous plants, shrubs, cacti, biological soil crusts (CBS), dry plant material (MVS), gravel, rocks and bare soil. At the same time, in an orthomosaic obtained by UAV, the NDVI, LCI, OSAVI and NDRE vegetation indices were estimated by means of GIS, geomatic and statistical techniques. A good correlation ($P=0.05$) was found for the following combinations of cover and vegetation indices: saline grass and all indices; non-thorny shrubs and NDVI, LCI and NDRE; non-thorny shrubs and LCI and NDRE; and dry plant material and NDVI. It is possible to estimate the foliar cover in a semi-arid rangeland in Zacatecas.

Keywords: Geomatics, Unmanned aerial flights, Correlation, Natural resources.

INTRODUCCIÓN

Los agostaderos semiáridos del centro norte de México presentan variación en la distribución y composición de la vegetación. Frecuentemente se mide la cobertura del suelo de los sitios de pastoreo para cuantificar la composición de los diferentes tipos de vegetación, así como el suelo desnudo, rocas, costras biológicas del suelo o el material vegetal seco utilizando transectos usando diferentes criterios para medir la cobertura vegetal o su composición (Elzinga *et al.*, 2001; Herrick *et al.*, 2005 a y b. Conforme la tecnología de sensores remotos se ha vuelto más accesible, el uso de imágenes de satélite como Landsat se han usado índices de vegetación, estimados a partir de bandas multiespectrales, para evaluar la cobertura vegetal (Jafari *et al.*, 2007). En la actualidad el uso de drones ha elevado la calidad en la estimación de la cobertura por la precisión que permiten los vuelos más cercanos a la superficie del suelo (Théau *et al.*, 2021). El objetivo del estudio fue determinar, en un agostadero semiárido, la correlación entre la cobertura del suelo medida directamente en el lugar y cuatro índices de vegetación (NDVI, LCI, OSAVI y NDRE) estimados a partir de imágenes multiespectrales obtenidas mediante vuelos aéreos no tripulados (VANT).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es una porción de 30.9 has de un rancho ganadero dedicado a la producción de ganado bovino para carne ubicado en la localidad de Noria de Burros en Villa de Cos, Zacatecas (23° 36' 6.76" Norte y 102° 10' 0.95" Oeste, 2018 m). Se establecieron y geolocalizaron (GPS) 16 sitios de muestreo y pequeñas parcelas excluidas al pastoreo de 1 m² en sitios en donde la vegetación presentó diferencias en cuanto a su composición y condición, suelo, erosión, pendiente y geomorfología. En dos semanas coincidiendo con el final de la estación lluviosa (Septiembre-Octubre de 2022) en los sitios de muestreo se estimó la cobertura del suelo mediante transectos de 40 m de longitud usando el método de intercepción línea-punto a cada metro de acuerdo con Herrick *et al.*, (2005 a y b). En donde en cada punto se registran todos los elementos de la cobertura que se hayan tocado desde la superficie del suelo hasta el dosel superior, reportándose la cobertura de dosel (foliar) y basal. De estas usamos como parte del estudio a la cobertura de dosel (%) por sitio de muestreo por ser la proyección visible desde una observación aérea a la cual llamamos aquí como cobertura foliar. Los elementos registrados fueron pastos, herbáceas, arbustos, cactáceas, costras biológicas del suelo (CBS), material vegetal seco (MVS) que incluye todo tipo de vegetación, grava, rocas y suelo desnudo, todos suman el 100 % de la longitud muestreada.

Coincidiendo con el tiempo de la estimación en campo de la cobertura del suelo, en una sola sesión se realizó vuelo aéreo no tripulado (VANT), a través del área de estudio (Octubre 11, 2022) utilizando un dron rotomotor P4 Multiespectral DJI, con una cámara RGB y un conjunto multiespectral de 5 cámaras que cubre las bandas Azul, Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo cercano. Se voló a una altura de 95 m para alcanzar una resolución espacial de 5 cm² por pixel. A partir del ortomosaico obtenido y utilizando las propiedades del software DJI TERRA BASIC (SZ DJI Technology Co, 2023, Distrito de Nanshan, Shenzhen, China; <https://enterprise.dji.com/es/dji-terra>) se estimaron los índices de vegetación (NDVI, LCI, OSAVI y NDRE) realizando una extracción por valor de pixel mediante el programa estadístico R (R CORE TEAM 2020). Para la extracción por pixel se eligió un marco virtual de muestro de 20·20m como buffer (Casas-Flores, 2022), considerando los 16 sitios de muestreo almacenados en un archivo shapefile. Con los puntos de muestreo sobre puestos en el ortomosaico obtenido de cada índice de vegetación, se calculó el promedio de los pixeles, obteniendo una matriz con los valores promedio por cada índice de vegetación para cada uno de los sitios de muestreo.

De todos los elementos de la cobertura foliar registrados en campo se obtuvieron los siguientes grupos: pasto no salino y herbáceas, pasto salino, arbusto espinoso, arbusto no espinoso, cactáceas,

CBS, MVS, cobertura no vegetal (CNV; grava+rocas+suelo desnudo), todos los pastos y herbáceas, todos los arbustos y cactáceas y la cobertura total de vegetación (CTV) que es la suma de todas las coberturas vegetales. Cada uno de estos grupos se correlaciono linealmente (r) por sitio con sus respectivos valores de índice de vegetación estimados a partir de los VANT. Tanto los elementos de la cobertura foliar medidos en campo como los índices de vegetación, por ser porcentajes y fracciones, fueron ajustados a la distribución normal usando la transformación: $\arcsin\sqrt{\text{porcentaje}}$, o a la distribución lognormal usando la transformación a logaritmo natural. Solo los elementos de la cobertura foliar que resultaron significativos en su correlación ($P=0.05$) con al menos uno de los índices de vegetación son reportados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra: A) el ortomosaico obtenido del vuelo de dron del 11 de octubre, y B) la distribución del índice NDVI estimado con el software DJI TERRA BASIC, para el área de estudio de Villa de Cos, Zacatecas. En la figura 1 B, las zonas con un color más verde corresponden con valores más altos de NDVI con una cobertura foliar más densa de pasto salino. El verdor menos intenso distribuido a través del agostadero correspondió mayormente con áreas en donde hay mayor variedad en la cobertura de arbustos, cactáceas, pastos no salinos y salinos y material vegetal seco. Hay pequeñas porciones en donde hay una menor cobertura vegetal que toman tonalidades más rojizas en la Figura 1 B, pero que se ven muy claramente en el ortomosaico (Figura 1 A).

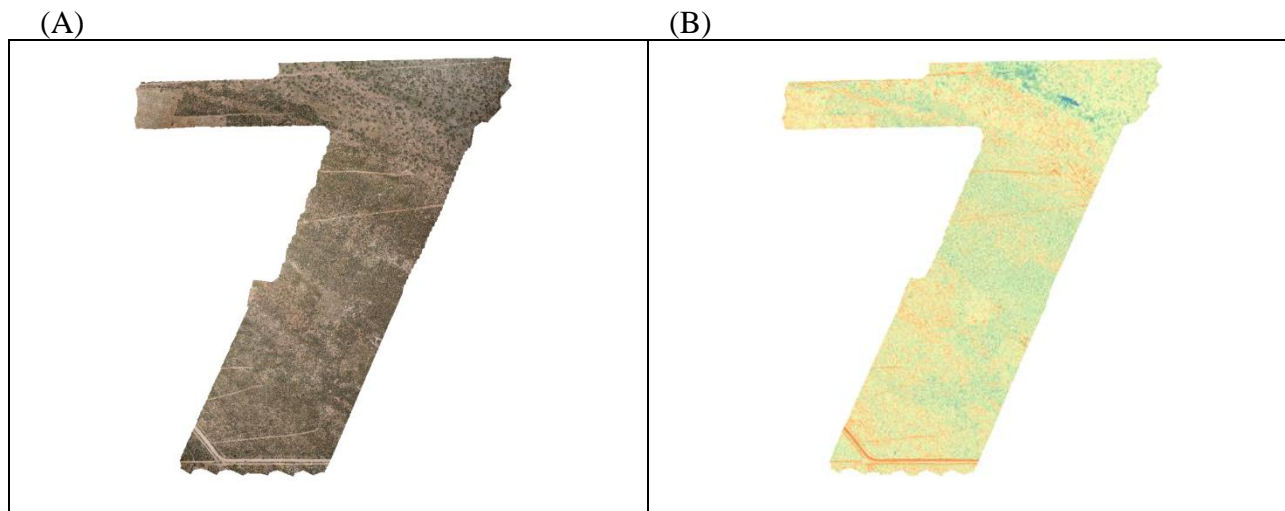


Figura 1. A) Ortomosaico, y B) Índice vegetal NDVI estimado a partir del ortomosaico. Vuelo de dron del 11 de octubre de 2022. Villa de Cos, Zacatecas.

En el cuadro 1 se muestran los coeficientes de correlación lineal (normalizados) entre los elementos de la cobertura foliar que resultaron significativos ($P=0.05$) con al menos uno de los índices de vegetación estimados. El pasto salino es una planta muy frecuente a través del agostadero, su cobertura foliar presento una correlación significativa estadísticamente con los cuatro índices de vegetación evaluados y fue la única que mostro ese comportamiento. La cobertura por arbustos no espinosos presento una correlación significativa con los índices de vegetación NDVI, LCI y NDRE, pero negativa, lo que indica que una mayor cobertura coincide con valores más pequeños de esos índices de vegetación. Los índices de vegetación LCI y NDRE se correlacionaron significativa y positivamente con la cobertura de arbustos espinosos y negativamente cuando la cobertura por arbustos y cactáceas se concentró en un grupo compacto. Finalmente, una mayor cobertura de material vegetal seco se correlaciono de forma significativa con un índice NDVI mayor.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Correlación lineal entre diferentes grupos de cobertura foliar e índices de vegetación estimados a partir del ortomosaico obtenido mediante vuelo de dron. Villa de Cos, Zac.

Cobertura por	NDVI	LCI	OSAVI	NDRE
Pasto salino [§]	0.475*	0.556*	0.466*	0.564*
Arbusto espinoso	0.333	0.492*	0.260	0.515*
Arbusto no espinoso	-0.455*	-0.562*	-0.334	-0.566*
Material vegetal seco	0.526*	0.388	0.362	0.346
Arbustos + cactáceas	-0.388	-0.445*	-0.232	-0.440*

[§] Cobertura foliar medida en 16 a través del área de estudio. * $r \geq 0.426$ ($P = 0.05$).

En el cuadro 2 se muestran los coeficientes de correlación lineal (lognormal) entre elementos de la cobertura foliar que resultaron significativos ($P=0.05$) y muy significativos ($P = 0.01$) con al menos uno de los índices de vegetación estimados. Al hacer la transformación logarítmica, el comportamiento de la correlación entre la cobertura de pasto salino y los cuatro índices de vegetación, así como la cobertura de arbusto espinoso e índices de vegetación LCI y NDRE fue muy parecido al descrito para el Cuadro 1. Pero, regresando al Cuadro 2, el índice NDVI dejó de tener una correlación relevante para la cobertura de arbusto no espinoso, resultando esta última significativa solo para los índices de vegetación LCI y NDRE. La transformación logarítmica mejoró considerablemente la correlación entre la cobertura por material vegetal seco y el índice NDVI, además de que incluyó una mejor correlación ($P = 0.05$) con los índices de vegetación LCI y NDRE. La cobertura por material vegetal seco se da en 15 de los 16 sitios de muestreo del área de estudio y varía desde 2.4 hasta 24.4 % del total de cobertura, con un valor medio de 9% y una desviación estándar de 5.4%, lo que le da cierta importancia en el agostadero semiárido en Zacatecas.

Cuadro 2. Correlación lineal (lognormal) entre diferentes grupos de cobertura foliar e índices de vegetación estimados a partir del ortomosaico obtenido del vuelo de dron. Villa de Cos, Zac.

Cobertura por	NDVI	LCI	OSAVI	NDRE
Pasto salino	0.459*	0.541*	0.456*	0.553*
Arbusto espinoso	0.265	0.429*	0.222	0.453*
Arbusto no espinoso	-0.416	-0.512*	-0.287	-0.515*
Material vegetal seco	0.600**	0.476*	0.422	0.434*
Arbustos + cactáceas	-0.358	-0.274	-0.392	-0.387

[§] Cobertura foliar medida en 16 sitios a través del área de estudio. * $r \geq 0.426$ ($P=0.05$); $r \geq 0.574$ ($P=0.01$).

Hagen y colaboradores (2012) mencionan que las propiedades de la cobertura del suelo, como la vegetación senescente, pueden tener efecto en la reflectancia registrada por los sensores (satélites o cámaras multiespectrales). Esto puede explicar la importancia de la cobertura por material vegetal seco en el índice NDVI y la mejoría en la correlación con los índices LCI y NDRE al ser esta cobertura ajustada a una distribución lognormal.

CONCLUSIONES

La cobertura por pasto salino mostró una buena correlación lineal y positiva con los índices de vegetación NDVI, LCI, OSAVI y NDRE independientemente de la distribución normal o lognormal de los datos. También la cobertura de arbustos no espinosos tuvo una buena correlación con los índices NDVI, LCI y NDRE, aunque negativa. Y los arbustos no espinosos mostraron buena correlación con los índices LCI y NDRE. La cobertura por material vegetal seco se correlaciona bien y positivamente con el índice NDVI y su correlación mejora mediante la transformación logarítmica. Esta información es útil para la obtención de modelos que ayuden a estimar la cobertura foliar en un agostadero semiárido en Zacatecas.

LITERATURA CITADA

- Elzinga, C.L.; D.W. Saltzer; J.W. Willoughby; J.P. Gibbs. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell Science, Inc., Malden, MA.
- Hagen, S.C.; P., Heilman; R. Marsett; N. Torbick; W. Salas; J. van Ravensway; J. Qi. 2012. Mapping total vegetation cover across western rangelands with moderate-resolution imaging spectroradiometer data. *Rangeland Ecol. Manage.* 65: 456-467.
- Herrick, J.E., J.W. Van Zee; K.M. Havstad; L.M. Burkett; W.G. Whitford. 2005 a. Monitoring manual for grassland and savanna ecosystems. Volume I: Quick Start. USDA-ARS Jornada Experimental Range, Las Cruces, NM, USA. 36p.
- Herrick, J.E., J.W. Van Zee; K.M. Havstad; L.M. Burkett; W.G. Whitford. 2005 b. Monitoring manual for grassland and savanna ecosystems. Volume II: Design, supplementary methods and interpretation. USDA-ARS Jornada Experimental Range, Las Cruces, NM, USA. 200p.
- Jafari, R; M.M. Lewis; B. Ostendorf. 2007. Evaluation of vegetation indices for assessing vegetation cover in southern arid lands in South Australia. *The Rangeland Journal*. 29: 39-49.
- Théau J, Lauzier-Hudon E, Aube L, Devillers N (2021) Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery. *PLOS ONE* 16(1): e0245784. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245784>

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y COMPOSICIÓN MORFOLÓGICA EN DOS MAICES NATIVOS Y UN HÍBRIDO TRILINEAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL

FORAGE YIELD AND MORPHOLOGICAL COMPOSITION IN TWO NATIVE MAICES AND A TRILINEAL HYBRID IN VALLE DEL MEZQUITAL

Francisco Jesús Bautista Barrera¹, Yultzint Xadany González Monroy¹, Mauricio Velázquez Martínez², Rosendo Hernández Martínez³, Filogonio Jesús Hernández Guzmán^{1*}, Julio Nieto Aquino¹, María de la Luz Estrada Hernández¹

¹Universidad Politécnica Francisco I. Madero s/n, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. C.P. 42660.

²INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)-Campo Experimental San Luis, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. C.P. 78432

³INIFAP-Campo Experimental Río Bravo. Cd. Río Bravo, Tamaulipas, México. C.P. 88900.

*Autor para correspondencia: fjhernandez@upfim.edu.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar dos maíces nativos en comparación a un maíz híbrido trilineal en condiciones de riego. Se sembró el 4 de abril en suelo a capacidad de campo a densidad de 90,000 plantas ha⁻¹. Se evaluó altura, perímetro de tallo, área foliar (cm²) en tres fechas, por otro lado, en una sola fecha se calculó el rendimiento de forraje en verde (kg ha⁻¹) y composición morfológica (%). Los maíces nativos fueron originarios de Cuetzala del Progreso, Guerrero y Tehuacan, Puebla. El híbrido trilineal H443a fue proporcionado por INIFAP. El experimento se estableció en diseño completamente al azar y análisis con Tukey (0.05). La mayor altura (261 cm) y área foliar (77,286 cm²) la alcanzó el maíz guerrerense y el grosor mayor se observó en el maíz tehuacano (9.4 cm; P<0.05). El rendimiento mayor de forraje en verde se observó en H443a (59700 kg ha⁻¹; P<0.05). La mayor proporción de hojas, elote y brácteas fue obtenida con H443a (P<0.05). El acame fue mayor en nativos en comparación a híbrido trilineal (P<0.05). El híbrido trilineal H443a es un maíz para considerarse adaptable al suelo, agua y clima del Valle del Mezquital.

Palabras clave: *Zea mays*, área foliar, acame de maíces, altura de planta.

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate two native maize compared to a trilinear hybrid maize under irrigation conditions. It was sown on April 4 in soil at field capacity at a density of 90,000 plants ha⁻¹. Height, stem perimeter, leaf area (cm²) were evaluated on three dates, on the other hand, green forage yield (kg ha⁻¹) and morphological composition (%) were calculated on a single date. One native corn originated from Cuetzala del Progreso, Guerrero and another from Tehuacan, Puebla. The trilinear hybrid H443a was provided by INIFAP. The experiment will be established in a completely randomized design and Tukey analysis (0.05). The highest height (261 cm) and leaf area (77,286 cm²) reached by Guerrero maize and the greatest thickness stands out in Tehuacano maize (9.4 cm; P<0.05). The highest fresh forage yield was demonstrated in H443a (59700 kg ha⁻¹; P<0.05). The highest proportion of leaves, corn and bracts was obtained with H443a (P<0.05). Lodging was higher in natives compared to a trilinear hybrid (P<0.05). The trilinear hybrid H443a is a maize to prefer, adaptable to the soil, water and climate of Valle del Mezquital.

Keywords: *Zea mays*, leaf area, corn lodging, plant height.

INTRODUCCIÓN

En México, el forraje de maíz es el más importante en la alimentación del ganado, y se caracteriza por su amplia gama de variedades para cada región (Robles *et al.*, 2017). Para elegir un material forrajero para ensilado y/o producción de grano, es necesario considerar el ciclo fenológico del cultivo (Arista-Cortes *et al.*, 2018), sin embargo, considerar que maíces de ciclo intermedio y tardío producen más materia seca en comparación a ciclo corto (Núñez *et al.*, 2001). Así mismo, la calidad de los forrajes depende de la estructura anatómica foliar, donde la epidermis, esclerenquima, parénquima y mesófilo que constituyen los principales tejidos relacionados con la calidad forrajera, y de la abundancia del último; mayor digestibilidad (Echenique *et al.*, 2008). Los maíces criollos o bajo efecto de hibridación ante un evento de fuertes vientos se “postran o se acaman” (Jiménez-Cordero *et al.*, 2015), lo cual imposibilita el ensilaje con maquinaria, por lo tanto, sembrar híbridos de maíz con alto efecto de heterosis para evitar acame y hacer efectivo el proceso.

Ante la necesidad de evaluar los recursos nativos de maíces criollos productivos en rendimiento de forraje verde, fueron comparados dos maíces criollos con un híbrido trilineal desarrollado en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP en Tamaulipas. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar en cuatro fechas el área foliar, altura de planta y perímetro de tallo, así como el rendimiento de forraje y composición morfológica de dos maíces criollos y un híbrido trilineal (H443a) en el Valle del Mezquital.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, unidad Tepatepec del 20 de marzo al 17 de Julio del 2023 con riego rodado. La fecha de siembra fue el 4 de abril. Los dos maíces nativos fueron a) originario de Tehuacan, Puebla, color negro y floración masculina a 85 días después de siembra (dds) y b) originario de Cuetzala del Progreso, Guerrero, color amarillo y necesita 90 días para floración masculina. El híbrido H443a es trilineal de color amarillo y necesita 100 días para floración masculina. La preparación de terreno constó de barbecho, se regó con agua del lugar, y después de 10 días se rastreó con dos pasos y se sembró a capacidad de campo. El control de malezas se realizó a 20 días después de la siembra (dds) con 2,4D amina a dosis de 1000 ml de i.a ha⁻¹ mezclado con atrazina a dosis de 1000 g de i.a ha⁻¹. Para controlar el picudo del maíz y gusano cogollero se realizó una aplicación de insecticida sistémico de manera foliar a 60 dds con Imidacloprit 19.6% + betacyfruthin 8.4% a una dosis de 250 ml ha⁻¹. Se aplicaron cinco riegos rodados con agua del lugar. El área foliar de cada hoja viva se midió a 26, 55 y 72 dds. El área foliar, en 12 plantas tomadas al azar, se determinó al medir el largo y ancho de cada lamina foliar, y para obtener al área, se multiplicó por el factor 0.75 (López-Ortega *et al.*, 2018). Así mismo en cada fecha se midió altura de planta desde la base del suelo y hasta el ápice máximo, y perímetro de tallo; tomada en el segundo internodo.

Para determinar el rendimiento de forraje en verde se cortó en dos surcos por 5 m de largo en tres repeticiones y se pesó, para determinar composición morfológica se cortaron 12 plantas y fueron pesadas en báscula tipo reloj modelo BAS-10Z marca Truper (México), posteriormente las plantas fueron separadas en hojas, tallos, espigas y gineceo (brácteas y elote) y para obtener materia seca, fueron sometidas a 55°C por 72 h en estufa de aire forzado hasta peso constante y se pesó en una báscula marca Torrey, modelo L-EQ5/10 (México). Los datos climatológicos fueron obtenidos en la estación de bomberos de Francisco I. Madero. Se evaluó el acame al contar en cinco repeticiones

de 6 m en dos surcos la cantidad de plantas establecidas y la cantidad de plantas a menor angulo de 50°.

Para el estudio de las variables antes mencionadas, se empleó un diseño completamente al azar. Los datos fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS (2009) y las medias fueron separadas a 5% con la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El umbral de temperatura de los tres maíces fue suficiente, ya que mostraron floración masculina a 84, 90 y 105 dds y floración femenina a 88, 98 y 105 dds. La precipitación fue deficiente (116 mm).

Se observaron diferencias en altura de planta y perímetro de tallo a 26, 55 y 72 dds ($P < 0.05$; figura 1). El maíz originario de Tehuacán fue de menor talla y aunque no hubo diferencia en grosor de tallo (Figura 1b), mostró mayor porcentaje de acame ($P < 0.05$), ya que el acame fue de 20%, lo cual, es elevado si se considera que los maíces forrajeros se ensilan. Por el contrario el H443a, no mostró ninguna planta acamada y el maíz originario de Guerrero mostró 5%, lo cual es aceptable según Arellano *et al.* (2018). La altura de planta es relacionada directamente con el rendimiento de forraje (Rivas *et al.* (2020; Figura 1a), no obstante en este estudio, no fue así ($P > 0.05$), ya que H443 y el maíz guerrerense fue similar. ($P > 0.05$).

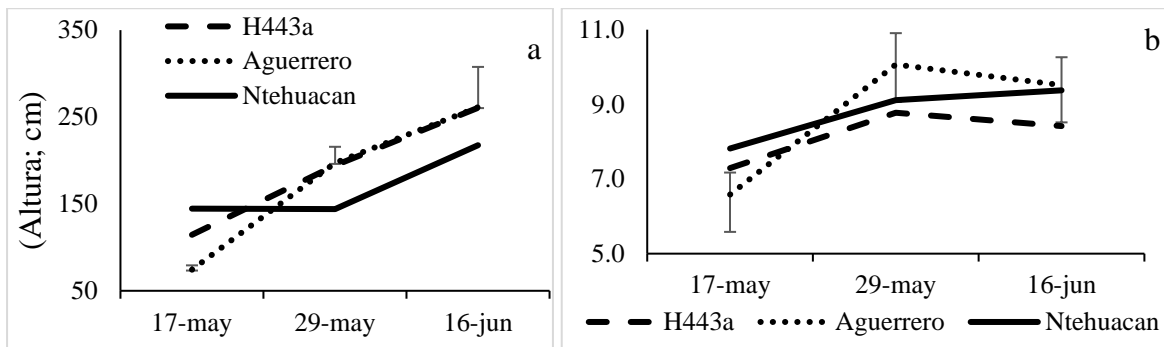


Figura 1. Altura de planta (cm; a) y perímetro de tallo (cm; b) en dos maíces nativos. Aguerrero = originario de Cuetzala del Progreso, Guerrero y de color amarillo. Ntehuacan = originario de Tehuacán, Puebla y de color negro.

Se observó diferencia en el área foliar en cada fecha ($P < 0.05$; Figura 2). En la primer fecha de muestreo, a 26 dds, el maíz tehuacano fue mayor ($P < 0.05$), sin embargo a la segunda y tercera fecha, lo fue el maíz guerrerense ($P < 0.05$). Una área foliar mayor es indicativo de mayor captación solar, lo que se traduce en mayor cantidad de fotosintatos que servirán como base para celulosa y almidón (Hernández-Guzmán *et al.*, 2015).

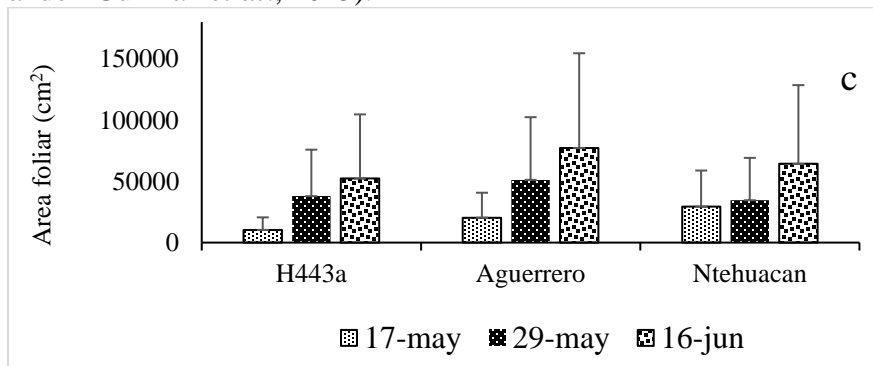


Figura 2. Area foliar en dos maíces nativos (cm²). Aguerro = originario de Cuetzala del Progreso, Guerrero, y de color amarillo. Ntehuacan = originario de Tehuacán, Puebla y de color negro.

La producción de forraje en verde a 152 dds de tres maíces en Francisco I. Madero (dos nativos y un trilineal) fue diferente ($P < 0.05$; Figura 3a). El híbrido H443a fue mayor al tehuacano y guerrerense en 1.84 y 1.9 veces, respectivamente, por lo que la siembra de maíces nativos en la zona no es recomendable para ensilado, ya que hay acame y el rendimiento es menor. Por lo anterior, Robles *et al.* (2017) en Toluca Estado de México, reportaron 90.6 t ha⁻¹ de forraje en el híbrido Hit-13 al aplicar N-P-K; 150-90-70, por tanto, bajo las condiciones dadas en Francisco I. Madero, la producción forrajera en verde fue menor, sin embargo, considerar que los tres maíces aun no estaban formando el grano en estado lechoso-masoso, por lo que requiere mas horas calor para llegar a la primera línea de leche y por tanto encontrar el punto óptimo de cosecha.

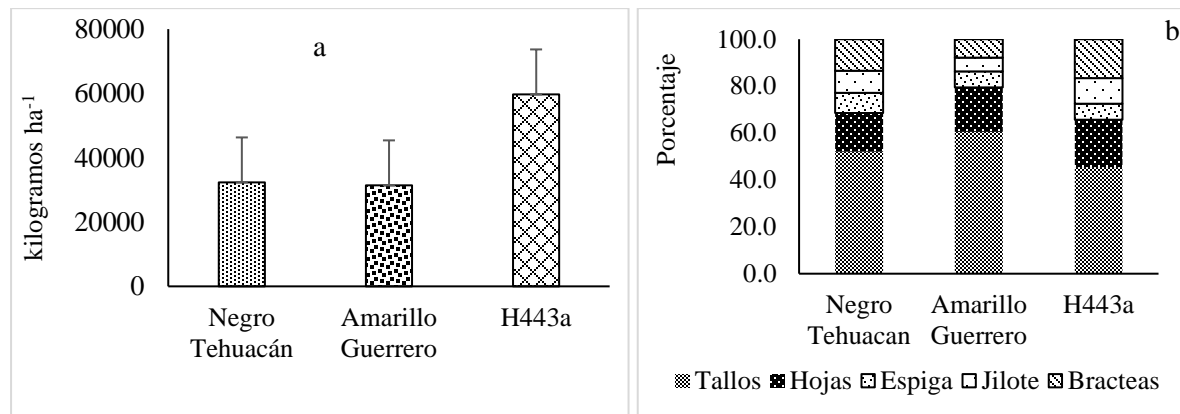


Figura 3. Rendimiento de forraje en verde (kg ha⁻¹; a) y composición morfológica (%; b) de dos maíces nativos (cm²). Aguerro = originario de Cuetzala del Progreso, Guerrero, y de color amarillo. Ntehuacan = originario de Tehuacán, Puebla y de color negro.

En la proporción de los componentes morfológicos se observaron diferencias en hojas, tallos, jilote y brácteas a 152 dds ($P < 0.05$; Figura 3b). La mayor proporción de hojas, jilotes y bracteas se observó en H443A ($P < 0.05$), mientras en proporción mayor de tallos, el material guerrerense fue diferente ($P < 0.05$). A mayor proporción de hojas en un material forrajero, tendrá mayor fibra degradable en rumen, lo que equivale a mayor producción de ácidos grasos volátiles que representan del 65 al 85% de la energía que requiere un rumiante (Hernández-Guzmán *et al.*, 2023).

CONCLUSIONES

El híbrido trilineal H443a mostró un rendimiento mayor de forraje en verde en comparación a los nativos y sin acame.

LITERATURA CITADA

- Arellano, V.J.L.; J. Virgen V.; I. Rojas M. 2018. Venado H74: híbrido de maíz precoz para áreas de temporal y riego del Altiplano Central de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(7): 1303-1310.
- Arista-Cortes, J.; A. Quevedo N.; B.P. Zamora M.; R. Bauer, M.; K. Sonder, O. Lugo E. 2018. Temperatura base y grados día de desarrollo de 10 accesiones de maíz en México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(5): 1023-1033.
- Echenique, V.; S. Pessino; M. Díaz; P. Selva J.; G. Luciani; D. Zappacosta; G. Cervigni; M. Meier; I. Garbus; S. Cardone; R. Miranda; G. Spangenberg. 2008. Aportes de la biotecnología al mejoramiento del pasto llorón (*Eragrostis curvula*). *Revista Argentina de Producción Animal* 28 (2): 147-164.
- Hernández-Guzmán, F.J.; A.R. Quero-Carrillo; P. Pérez-Rodríguez; M. Velázquez-Martínez; G. García-de los Santos. 2015. Germinación y emergencia de propágulos de pasto, en respuesta a pruebas de vigor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6 (7): 1519-1532.

**BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES EN
NAYARIT, MÉXICO**

GERMPLASM BANK OF TROPICAL FORAGE SPECIES IN NAYARIT, MEXICO

Abieser Vázquez González^{1*}, Yobani Girón Ruiz¹, José Francisco Villanueva Avalos¹

¹INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Entronque carretera internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. C. P. 63300.

*Autor por correspondencia: vazquez.abieser@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los bancos de germoplasma de todo el mundo poseen colecciones muy diversas de recursos fitogenéticos, y su objetivo general es la conservación a largo plazo y la accesibilidad del germoplasma vegetal para los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios. El INIFAP, ha logrado establecer un Banco de Germoplasma: Especies Forrajeras Tropicales en Nayarit, Mexico. Se encuentra establecida en el Sitio Experimental El Verdineño. La Colecta Base está constituida por las especies forrajeras de mayor trascendencia en la ganadería tropical. Los Recursos Genéticos Forrajeros introducidos incluyen colecciones importantes de *Brachiaria*, *Cenchrus purpureus*, *Cynodon dactylon*, *Megathyrsus maximus* y otras especies de *Andropogon*, *Panicum*, *Cynodon*, *Hemarthria*, *Botriochloa*, *Setaria*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Chenchrus* y *Melinis*; las gramíneas nativas incluyen diferentes especies y accesiones del género *Tripsacum* y en menor proporción, *Hymenachne*, *Echinochloa* y *Panicum*. Entre leguminosas nativas se cuenta con 12 ecotipos de *Leucaena* y 7 de *Clitoria* con flores y semillas distintivas y en menor proporción ecotipos de *Centrosema* y *Macroptilium lathyroides*. De las leguminosas introducidas se incluyen algunos ecotipos de *Leucaena*, *Acacia*, *Cratylia*, *Macroptilium*, *Clitoria*, *Dolichos*, *Pueraria* y *Centrosema*; y otros recursos arbóreos como *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleifera*. Los recursos genéticos forrajeros disponibles en el Banco de Germoplasma representan un importante insumo para la investigación en la conservación, evaluación, selección y mejoramiento genético, para su aprovechamiento y apoyo a la transferencia de tecnología, que mejora la productividad, competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción en pastoreo de las regiones tropicales de México.

Palabras clave: Gramíneas, Leguminosas, Recursos genéticos, Forrajes.

ABSTRACT

Genebanks around the world have very diverse collections of plant genetic resources, and their overall objective is the long-term conservation and accessibility of plant germplasm for plant breeders, researchers and other users. The INIFAP, has managed to establish a Germplasm Bank: Tropical Forage Species in Nayarit, Mexico. It is established in the El Verdineño Experimental Site. The Base Collection is made up of the most important forage species in tropical livestock. Introduced Forage Genetic Resources include important collections of *Brachiaria*, *Cenchrus*

purpureus, *Cynodon dactylon*, *Megathyrsus maximus* and other species of *Andropogon*, *Panicum*, *Cynodon*, *Hemarthria*, *Botriochloa*, *Setaria*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Chenchrus* and *Melinis*; native grasses include different species and accessions of the genus *Tripsacum* and to a lesser extent, *Hymenachne*, *Echinochloa* and *Panicum*. Among native legumes there are 12 ecotypes of *Leucaena* and 7 of *Clitoria* with distinctive flowers and seeds and to a lesser extent ecotypes of *Centrosema* and *Macroptilium lathyroides*. Introduced legumes include some ecotypes of *Leucaena*, *Acacia*, *Cratylia*, *Macroptilium*, *Clitoria*, *Dolichos*, *Pueraria* and *Centrosema*; and other tree resources such as *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleifera*. The forage genetic resources available in the Germplasm Bank represent an important input for research in conservation, evaluation, selection and genetic improvement, for their use and support for technology transfer, which improves the productivity, competitiveness and sustainability of grazing production systems in the tropical regions of Mexico.

Keywords: Grasses, Legumes, Genetic resources, Forages.

INTRODUCCIÓN

Los bancos de germoplasma de todo el mundo poseen colecciones muy diversas de recursos fitogenéticos, y su objetivo general es la conservación a largo plazo y la accesibilidad del germoplasma vegetal para los fitomejoradores, investigadores y otros usuarios. Los recursos fitogenéticos constituyen el material de partida para el mejoramiento de cultivos, y su conservación y uso es esencial para la seguridad alimentaria y nutricional mundial (FAO, 2014). La conservación de los recursos fitogenéticos (RF) adquiere cada día más relevancia como una estrategia para salvaguardar el planeta, conservar la diversidad biológica y uso esencial para la seguridad alimentaria en el mundo. Estos RF constituyen un patrimonio de la humanidad de valor incalculable, sin embargo, actualmente están desapareciendo a un ritmo alarmante (Martín, 2012), amenazando la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo (Gold *et al.*, 2004).

En México, los recursos genéticos forrajeros (RGF) son de gran importancia por su uso actual y potencial en los sistemas ganaderos, además de contribuir al equilibrio ecológico, económico y social de los ecosistemas naturales. La protección y conservación de estos recursos es importante por la erosión física y genética que ocurre en México, donde los ecosistemas sufren continuamente una degradación de los recursos naturales, a consecuencia de una intensa depredación escasamente planeada por el hombre. La recolección, conservación *ex situ* y evaluación de estos RGF, constituye el primer paso para el desarrollo de tecnologías tendientes a lograr mayor producción animal en las explotaciones ganaderas (CIAT, 1982; Quero *et al.*, 2012; Villanueva *et al.*, 2012; Quero *et al.*, 2017). Los bancos de semillas y los jardines botánicos son los métodos más comunes para conservar la diversidad biológica vegetal *ex situ*. (Gold *et al.*, 2004). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ha logrado establecer un Banco de Germoplasma: Especies Forrajeras Tropicales en Nayarit, se estableció con el propósito de coleccionar, conservar *ex situ*, evaluar y multiplicar los RGF de especies nativas e introducidas mediante esquemas ordenados y sistemáticos que ofrezcan resultados sólidos a corto, mediano y largo plazo, como una estrategia para lograr la pertinencia, estabilidad ecológica y desarrollar sistemas agropecuarios sustentables en regiones tropicales de México.

MATERIALES Y METODOS

El Banco de Germoplasma: Especies Forrajeras en Nayarit, se encuentra establecida en el Sitio Experimental El Verdineño – INIFAP, Santiago Ixcuintla, Nayarit, Mexico (21° 42'9.60" latitud norte y 105° 07'5.58" longitud oeste), a 50 msnm, clima tropical subhúmedo (Aw₂), precipitación anual de 1201 mm, temperatura media anual de 24 °C y una época de secas de siete a ocho meses (Noviembre – Junio) (Villanueva *et al.*, 2021). Suelos chernozem, rojos y café rojizo, franco-arcillosos y franco-arenosos, someros y profundos, origen in situ y coluvial; estructura granular y blocoso angular, consistencia firme, drenaje interno lento, medio y rápido con pedregosidad de 5 a 30%, rocosidad de 40% y pH de 6.7 (Villanueva *et al.*, 2021).

La Colecta Base está constituida por las especies forrajeras de mayor trascendencia en la ganadería tropical. Los recursos forrajeros (planta y semilla) se colectaron por carreteras, caminos y ecosistemas naturales del trópico en diferentes estados de la república mexicana con base a los métodos propuestos por (Schultze-Kraft, 1979; Villanueva *et al.*, 2012, FAO, 2014). Asimismo, mediante donaciones y convenios Internacionales con instituciones asociadas al grupo CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research), ILRI (International Livestock Research Institute – Etiopia), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical - Colombia), CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo – México), COLPOS (Colegio de Postgraduados – México) y Recientemente con la Universidad de Texas en Austin – EEUU, y donaciones intra e interinstitucionales y de casas comerciales en México.

La plantación en campo de gramíneas erectas y arbóreo-arbustivas se realizó en parcelas de cinco plantas en hilera separadas a 1.5 m entre plantas y 2.0 m entre parcelas, mientras que las gramíneas de porte bajo y leguminosas herbáceas fueron plantadas en parcelas de 2x5 m con cuatro surcos distanciados a 50 cm entre sí. Se aplicaron riegos de auxilio hasta el establecimiento, posteriormente, los RGF han sobrevivido bajo condiciones de temporal, con control de plagas y enfermedades y fertilización de mantenimiento (60-60-00). Los RGF disponibles han sido evaluados considerando variables asociadas a su adaptación, establecimiento, morfología forrajera y de su comportamiento agronómico y productivo a través de varios años (2007 - 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales forrajeros que conforman la Colecta Base del Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras en Nayarit (Cuadro 1) y Leguminosas (Cuadro 2), fueron acopiados en el Sitio Experimental El Verdineño, a través de colectas, intercambios y donaciones desde 2007 al 2023. Cabe mencionar que algunos materiales mostraron una baja adaptación a las condiciones exobiológicas de la región, lo cual se manifestó en baja sobrevivencia y en ocasiones mortandad de algunos ecotipos. Los RGF introducidos incluyen colecciones importantes de *Brachiaria* (*brizantha*, *humidicola*, *decumbens*, *dictioneura*, *ruziziensis*, híbridos recientes y otros materiales codificados aun en evaluación), *Cenchrus purpureus*, *Cynodon dactylon*, *Megathyrsus maximus* y otras especies de *Andropogon*, *Panicum*, *Cynodon*, *Hemarthria*, *Botriochloa*, *Setaria*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Chenchrus* y *Melinis*; las gramíneas nativas incluyen diferentes especies y accesiones del género *Tripsacum dactyloides*, *floridanum*, *maizar*, *lanceolatum* y *laxum*. Y en menor proporción, *Hymenachne*, *Echynochloa* y *Panicum*. En 2013, la Colecta Base se incrementó con 185 accesiones donadas por el ILRI (171) y CIAT (14). Asimismo, CIMMYT, incrementó nuevamente la Colecta Base con 63 nuevos ecotipos y accesiones de *Tripsacum spp: intermedium*, *dactyloides* var. *Meridionale*, *bravum*, *jalapense*, *peruvianum*, *australe*, *latifolium*, *andersonii*, *cundinamarca*, *manisuroides*, *zopilotense*, *dactyloides* var. *Hispidum*, *lanceolatum*. *andersonii*, híbrido, *bravum gray*, *maizar.y pilosum*.

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Cuadro 1. Recursos genéticos forrajeros nativos e introducidos en el Banco de Germoplasma del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP

Taxón	Procedencia	Accesiones
<i>Tripsacum</i>	CIMMYT	23
<i>Tripsacum</i>	Nayarit	66
<i>Tripsacum</i>	Chiapas	1
<i>Panicum virgatum</i>	Universidad de Texas	55
<i>Panicum virgatum</i>	México (Colecta)	50
<i>Panicum ssp.</i>	Colegio de Postgraduados	315
<i>Cenchrus purpureus</i>	INIFAP – Costa de Jalisco	5
<i>Cenchrus purpureus</i>	INIFAP - Las Huastecas	11
<i>Andropogon gayanus</i>	ILRI	1
<i>Anthepphora pubescens*</i>	ILRI	3
<i>Brachiaria</i>	ILRI	21
<i>Cynodon dactylon</i>	ILRI	12
<i>Hyparrhenia rufa</i>	ILRI	3
<i>Panicum maximum</i>	ILRI	7
<i>Pennisetum polystachion</i>	ILRI	8
<i>Setaria*</i>	ILRI	4
<i>Cynodon dactylon</i>	México (Colecta)	11
<i>Hemarthria altissima</i>	México (Colecta)	1
<i>Chloris gayana*</i>	México (Colecta)	1
<i>Bouteloua chondrosioides</i>	México (Colecta)	1
<i>Hymenachne</i>	México (Colecta)	1
<i>Dichanthium aristatum</i>	México (Colecta)	1
<i>Digitaria decumbens</i>	México (Colecta)	1
<i>Bothriochloa bladhii</i>	México (Colecta)	1
<i>Brachiaria</i>	México (Comercial)	28
<i>Echinochloa polystachya</i>	México (Colecta)	1
<i>Panicum coloratum</i>	México (Colecta)	1
<i>Hyparrhenia rufa</i>	México (Colecta)	1
<i>Andropogon gayanus</i>	México (Colecta)	1
<i>Eragrostis superba</i>	México (Colecta)	1
<i>Panicum maximum</i>	México (Comercial)	9
	Total de Accesiones	644

*RGF con problemas de adaptación y baja sobrevivencia bajo las condiciones agroecológicas del Sitio Experimental El Verdineño – INIFAP

Entre leguminosas nativas se cuenta con 12 ecotipos de *Leucaena* y 7 de *Clitoria* con flores y semillas distintivas y en menor proporción ecotipos de *Centrosema* (*molle*, *brasilanum*, y *macrocarpum*) y *Macroptilium lathyroides*. De las leguminosas introducidas se incluyen algunos

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

ecotipos de *Leucaena*, *Acacia*, *Cratylia*, *Macroptilium*, *Clitoria*, *Dolichos*, *Pueraria* y *Centrosema*; y otros RGF arbóreos como *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleifera*.

Cuadro 2. Recursos genéticos de leguminosas forrajeras nativos e introducidos en el Banco de Germoplasma del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP

Taxón	Leguminosas	Procedencia	Accesiones
<i>Mucuna pruriens</i>	Rastreras	México (Colecta)	3
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Canavalia ensiformis</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Clitoria ternatea</i>	Rastreras	México (Colecta)	8
<i>Clitoria ternatea</i>	Rastreras	ILRI	10
<i>Clitoria ternatea</i>	Rastreras	CIAT	2
<i>Centrosema spp.</i>	Rastreras	México (Colecta)	2
<i>Centrosema macrocarpum</i>	Rastreras	México (Colecta)	2
<i>Centrosema brasilanum</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Macroptilium lathyroides</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Centrosema schutie</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Vigna spp.</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Centrosema molle</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Crotalaria longirostrata</i>	Rastreras	México (Colecta)	1
<i>Leucaena</i>	Arbustivas	México (Colecta)	28
<i>Bahuinia spp.</i>	Arbustivas	México (Colecta)	10
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Arbustivas	México (Colecta)	8
<i>Cratylia argentea</i>	Arbustivas	México (Colecta)	3
<i>Gliricidia sepium</i>	Arbustivas	México (Colecta)	3
<i>Moringa oleifera</i>	Arbustivas	México (Colecta)	3
<i>Acacia angustissima</i>	Arbustivas	México (Colecta)	3
	Total	Rastreras	35
		Arbustivas	58

En 2015 a 2021 el INIFAP, en colaboración con la Universidad de Texas y el Departamento de Energía de los Estados Unidos, Se obtuvo una colección de 635 ecotipos de *Panicum spp.*, con la cual, se cuenta con 420 ecotipos en campo (55 *P. virgatum* introducidos de Estados Unidos, 50 accesiones de Mexico, 315 *Megathyrsus maximus* sin. *Panicum maximum*), los 215 (33.85 %) restantes, no sobrevivieron a las condiciones ecobiológicas de la región. Estos recursos genéticos se encuentran en una primera fase de evaluación sobre la adaptación al medioambiente y morfología forrajera de la planta y la panícula. Los recursos fitogenéticos han sido una base importante como fuente de diversidad genética para especies forrajeras. La recolección de plantas dentro del centro de origen de las especies representa el primer paso importante hacia el mejoramiento de las plantas y su evaluación promete importantes avances técnicos. México representa un importante centro de diversidad para varios cultivos importantes como maíz, aguacate, calabaza, cacao, tomate, etc.; sin embargo, pocas especies forrajeras tropicales de gramíneas (Poaceae) han evolucionado allí (Quero *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Los recursos genéticos forrajeros disponibles en el Banco de Germoplasma representan un importante insumo para la investigación en la conservación, evaluación, selección y mejoramiento genético, para su aprovechamiento y apoyo a la transferencia de tecnología, que mejora la productividad, competitividad y sostenibilidad de los sistemas de producción en pastoreo de las regiones tropicales de México.

LITERATURA CITADA

- CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Editor técnico: José Toledo. Cali, Colombia. 170 p.
- FAO. 2014. Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Edición revisada. Roma.
- Gold., Kate, León L., Pedro y Way., Michael. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica . La Serena, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 110.
- Martín, M. I. 2012. Conservación de recursos fitogenéticos. Centro de Recursos Fitogenéticos Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Quero, C. AR.; Miranda, J. L.; Villanueva, A. JF. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. Avances en Investigación Agropecuaria. 21(3): ISSN: 0188-7890. https://www.researchgate.net/publication/330567547_Recursos_geneticos_de_gramineas_para_el_pastoreo_extensivo_Condicion_actual_y_urgencia_de_su_conservacion_ante_el_cambio_climatico
- Quero, C. AR.; Villanueva, A. J.F.; Enríquez, Q. J.F.; Morales N. CR.; Bolaños, A. ED.; Castillo, H. J.; Maldonado, M. JJ.; Herrera, C. F. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. 2012. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla. DOI: [10.13140/2.1.4642.8481](https://doi.org/10.13140/2.1.4642.8481)
- Schultze-Kraft, R. 1979. Preparation for collection trip. In: Mott, G.O. (Ed.). Handbook for the collection, preservation and characterization of tropical forage germplasm resources. Cali, Colombia. CIAT. pp. 5-8. [Handbook for the collection, preservation and characterization of tropical forage germplasm resources | Semantic Scholar](#)
- Villanueva, A. JF, Morales, N. CR. Enriquez, Q. FJ.; Quero, Carrillo. AR.; Cedano, H. F.; Jimenez, G. R.; Silva, L. M. 2013. Manual para la recolección y conservación de germoplasma forrajero en México. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 20. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 46 p. DOI:[10.13140/2.1.3672.0964](https://doi.org/10.13140/2.1.3672.0964)
- Villanueva, J. F.; Vázquez, G. A. and Quero, A. R. 2021. Forage morphology and productivity of different species of *Tripsacum* under sub-humid tropical conditions. Biol. Life Sci. Forum. 2(25):1-5. <https://doi.org/10.3390/bdee2021-09478>.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN CULTIVARES DE *Cenchrus purpureus*, EN CONDICIONES DE TRÓPICO SECO DE NAYARIT

BIOMASS PRODUCTION IN CULTIVARS OF *Cenchrus purpureus*, UNDER CONDITIONS OF THE DRY TROPICS OF NAYARIT

Abieser Vázquez González^{1*}, Yobani Girón Ruiz¹, José Francisco Villanueva Avalos¹

¹INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Entronque carretera internacional México-Nogales km 6, Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. C. P. 63300.

*Autor por correspondencia: vazquez.abieser@inifap.gob.mx

RESUMEN

En áreas de trópico seco de Nayarit, México, la época seca dura siete a ocho meses, en los cuales tanto la disponibilidad y calidad del forraje disminuyen considerablemente, provocando con ello pérdidas de peso y hasta la muerte de los animales. En este caso, la especie forrajera de corte más usada después de la caña de azúcar, es *Cenchrus purpureus* Schum. Morrone. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar la producción de biomasa en cultivares de *Cenchrus purpureus*, incluyendo dos materiales de reciente introducción al estado, siendo el OM-22 y el CLON51. El trabajo se realizó en el Sitio Experimental El Verdineño. Los tratamientos estuvieron constituidos por 16 cultivares, actualmente disponibles en el Banco de Germoplasma de especies Forrajeras en Nayarit. Estos materiales se establecieron en parcelas de 2x6 m, con tres surcos de ocho plantas cada uno, considerando una densidad de 20, 000 plantas por hectárea para cada ecotipo. Se evaluaron variables de producción: altura de planta, producción de materia seca de hojas y tallos, número de tallos, materia seca de vaina y material muerto. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar, se realizó un análisis de varianza y comparación de medias, mediante software R- Estudio. Los mejores rendimientos se presentaron en Maralfalfa, CLON51, OM22 y Taiwán A-144, estos materiales sobresalientes constituyen una excelente alternativa para su utilización en épocas secas (corte y acarreo, ensilados y pastoreo) en los diferentes sistemas de producción de carne y leche en el estado de Nayarit.

Palabras clave: Forraje, *Cenchrus purpureus*, Biomasa, Trópico seco.

ABSTRACT

In areas of the dry tropics of Nayarit, Mexico, the dry season lasts seven to eight months, in which both the availability and quality of the forage decrease considerably, causing weight loss and even the death of the animals. In this case, the most used cut forage species after sugarcane is *Cenchrus purpureus* Schum. Morrone. Therefore, the objective of the work was to evaluate the biomass production in cultivars of *Cenchrus purpureus*, including two recently introduced materials to the state, being OM-22 and CLON51. The work was carried out at the El Verdineño Experimental Site. The treatments consisted of 16 cultivars, currently available in the Forage Species Germplasm Bank in Nayarit. These materials were established in 2x6 m plots, with three rows of eight plants each, considering a density of 20,000 plants per hectare for each ecotype. Production variables were evaluated: plant height, dry matter production of leaves and stems, number of stems, pod dry matter and dead material. For the statistical analysis, a completely

randomized design was used, an analysis of variance and comparison of means was carried out, using R-Estudio software. The best yields were presented in Maralfalfa, CLON51, OM22 and Taiwan A-144, these outstanding materials constitute an excellent alternative for use in dry seasons (cutting and hauling, silage and grazing) in different meat and milk production systems. in the state of Nayarit.

Keywords: Forage, *Cenchrus purpureus*, Biomass, Dry Tropics.

INTRODUCCIÓN

El problema fundamental de la ganadería en regiones agroecológicas subtropical radica en la alimentación de los animales durante la época seca. En áreas de trópico seco del estado de Nayarit, México, este periodo crítico dura de siete a ocho meses, en los cuales tanto la disponibilidad como la calidad del forraje disminuyen considerablemente, provocando con ello pérdidas de peso y hasta la muerte de los animales. En Nayarit, la producción animal se desarrolla principalmente bajo condiciones de pastoreo extensivo y semiextensivo en áreas tropicales y subtropicales, donde los ecosistemas nativos y praderas cultivadas constituyen el recurso más barato para la alimentación del ganado (Villanueva, 2015). En este caso, la especie forrajera de corte más usada después de la caña de azúcar, es *Cenchrus purpureus* Schum. Morrone, debido a su persistencia, utilización (corte, ensilaje o pastoreo), elevada productividad y calidad del forraje. Además, por su rusticidad y plasticidad se adapta a una amplia diversidad de suelos y condiciones climáticas adversas como altas temperaturas y bajas precipitaciones (Nava *et al.*, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP, en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México (21° 42' 9.60 LN y 105° 07' 5.58 LW), a 50 msnm, clima cálido subhúmedo Aw₂, con lluvias en verano, temperatura media de 22 °C y precipitación anual de 1201 mm, suelo arcilloso, pH ligeramente ácido sin presencia de salinidad, fertilidad media y buen drenaje.

Los tratamientos estuvieron constituidos por 16 cultivares de *Cenchrus purpureus*, Schum, Morrone: Taiwan A144, CLON51, CT115, Caña Africana, OM22, Taiwan, Uruguana, Merkeron, King grass, Roxo, elefante, CT-169, Maralfalfa, King grass morado, Mott, Camerun, actualmente disponibles en el Banco de Germoplasma de especies Forrajeras en Nayarit, en S. E. “El Verdineño”. Estos materiales se establecieron en parcelas de 2x6 m, con tres surcos de ocho plantas cada uno, considerando una densidad de 20, 000 plantas por hectárea para cada ecotipo; Las parcelas se establecieron en época de lluvias en julio 2021, y la evaluación se realizó a los 210 días, después de siembra, siendo este el primer corte. Las variables evaluadas fueron altura de planta (ATP) se midió con una regla graduada en cm, se midieron cuatro plantas de cada parcela, los datos se registraron en metros. Producción de materia seca de: hojas (MSH), materia seca de tallos (MST) y numero de tallos (NTP), vaina (MSV), material muerto (MSM), planta completa (MSPL), para la evaluación de estas variables se seleccionaron y cosecharon cuatro plantas del surco central, posteriormente, se realizó la separación de las hojas, tallos, vainas y material muerto, y se tomó el peso de cada componente mediante una báscula digital, para obtener datos de materia seca se tomaron alícuotas de 100 gr, de cada componente de la planta, posteriormente se colocaron en una estufa de aire forzado a temperatura constante de 55 °C, por 72 horas, y se pesaron para obtener el peso seco, con los datos obtenidos se realizaron los cálculos de acuerdo a los pesos de materia verde de cada componente. Al obtener los datos de producción de biomasa de cada planta esta se extrapola a producción de biomasa por hectárea (PBM).

XII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar con 16 tratamientos y cuatro repeticiones y, se realizó un análisis de varianza y para la comparación de medias se utilizó la prueba diferencia mínima significativa (LSD), mediante software R- Estudio versión 4.3.1.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas entre los cultivares, para todas las variables evaluadas (Cuadro 1). El cultivar Taiwán A-144, mostro diferencias significativas ($p < 0.001$) en MSH (0.492 kg/pl), mientras que el cultivar Maralfalfa mostro diferencia significativa ($P < 0.01$) en MST (2.72 kg/pl), ($p < 0.001$) en MSM (0.648 kg/pl), ($p < 0.01$) en MSPL (3.53 kg/pl) y ($p < 0.001$) en NTP (24 tallos/pl), mientras que CLON51 mostro diferencias significativas ($p < 0.01$) en MSV (0.168 kg/pl), y OM22 mostro diferencias significativas ($p < 0.01$) en ATP (3.91 m/pl). Sin embargo, Maralfalfa mostro diferencias significativas ($p < 0.01$) en PBM 7.060 (Mg ha^{-1}), CLON51 con (5.249 Mg ha^{-1}), OM-22 CON (4.839 Mg ha^{-1}) y Taiwán A-144 con (4.837 Mg ha^{-1}), siendo estos los materiales más promisorios en producción de biomasa para regiones subtropicales del estado de Nayarit.

Cuadro 1. Producción de biomasa y sus componentes en 16 cultivares de *Cenchrus purpureus* a los 210 días después de siembra en condiciones agroecológicas de trópico seco del estado de Nayarit

	MSH	MST	MSV	MSM	MSPL	PBM	ATP	NTP
	kg/pl					Mg ha^{-1}	m/pl	tallos/pl
Taiwan-A144	0.492 ^a	1.47 ^{bcde}	0.077 ^{bc}	0.378 ^b	2.42 ^{ab}	4.837 ^{ab}	3.34 ^{abcd}	9.25 ^{bcde}
CLON51	0.284 ^b	1.92 ^{ab}	0.168 ^a	0.256 ^{bc}	2.62 ^{ab}	5.249 ^{ab}	3.73 ^{ab}	14.75 ^b
CT115	0.257 ^{bc}	1.39 ^{bcde}	0.028 ^{cd}	0.275 ^{bc}	1.95 ^{bed}	3.894 ^{bed}	3.39 ^{abcd}	8.25 ^{bcde}
Caña Africana	0.236 ^{bcd}	1.56 ^{bed}	0.054 ^{bed}	0.305 ^{bc}	2.16 ^{abc}	4.312 ^{abc}	2.96 ^{cd}	8.5 ^{bcde}
OM22	0.207 ^{bed}	1.72 ^{abc}	0.115 ^{ab}	0.377 ^b	2.42 ^{ab}	4.839 ^{ab}	3.91 ^a	10 ^{bcde}
Taiwán	0.177 ^{bcd}	0.89 ^{bcdef}	0.047 ^{cd}	0.232 ^{bc}	1.35 ^{bcde}	2.701 ^{bcde}	3.52 ^{abcd}	5.5 ^{de}
Uruguana	0.176 ^{bcd}	1.17 ^{bcdef}	0.045 ^{cd}	0.273 ^{bc}	1.66 ^{bcde}	3.322 ^{bcde}	3.50 ^{abcd}	5.75 ^{de}
Merkeron	0.164 ^{bcd}	1.31 ^{bcdef}	0.062 ^{bcd}	0.270 ^{bc}	1.80 ^{bcde}	3.605 ^{bcde}	3.63 ^{abc}	14.5 ^b
King grass	0.151 ^{bcd}	1.02 ^{bcdef}	0.051 ^{cd}	0.196 ^{bc}	1.42 ^{bcde}	2.832 ^{bcde}	3.35 ^{abcd}	12.5 ^{bcd}
ROXO	0.135 ^{bed}	0.96 ^{bcdef}	0.037 ^{cd}	0.206 ^{bc}	1.34 ^{bcde}	2.673 ^{bcde}	3.44 ^{abcd}	7.75 ^{bcde}
Elefante	0.133 ^{bcd}	1.02 ^{bcdef}	0.036 ^{cd}	0.249 ^{bc}	1.44 ^{bcde}	2.872 ^{bcde}	3.10 ^{bed}	13.5 ^{bc}
CT169	0.128 ^{bed}	0.71 ^{cdef}	0.029 ^{cd}	0.247 ^{bc}	1.11 ^{bcde}	2.226 ^{bcde}	3.63 ^{abc}	6.25 ^{cde}
Maralfalfa	0.116 ^{bcd}	2.72 ^a	0.047 ^{cd}	0.648 ^a	3.53 ^a	7.060 ^a	3.62 ^{abc}	24 ^a
Morado	0.099 ^{bcd}	0.49 ^{def}	0.035 ^{cd}	0.061 ^c	0.68 ^{cde}	1.367 ^{cde}	3.62 ^{abc}	4.75 ^e
Mott	0.078 ^{cd}	0.37 ^{ef}	0.034 ^{cd}	0.077 ^c	0.56 ^{de}	1.123 ^{de}	2.88 ^{cd}	11 ^{bcde}
Camerun	0.051 ^d	0.26 ^f	0.007 ^d	0.068 ^c	0.38 ^e	0.764 ^e	2.81 ^d	5.75 ^{de}
Significancia	**	*	***	**	*	*	*	***

a, b, c, d, e, f; Literales minúsculas dentro de columnas indican diferencias ($P < 0.01^*$, 0.001^{**} , 0.0001^{***}) entre cultivares. Kilogramo por planta (kg/pl); Toneladas por hectárea (Mg ha^{-1}); Metro por planta (m/pl); tallos por planta (tallos/pl).

Los rendimientos de forraje obtenidos en el presente estudio están por debajo a los reportados por Rueda *et al.*, (2016) en Taiwán, CT-115, OM-22 y Roxo (34.8, 25.4, 27.8, 25.4 Mg MS ha^{-1}), cuando fueron cosechados a 185 días de edad de rebrote en el sur del estado de Veracruz. Diversos estudios se han realizado con nuevas variedades y clones de *Cenchrus purpureus* en diferentes regiones de México, donde generalmente se ha concluido que el rendimiento de forraje está

influenciado por la variedad, el ambiente y manejo agronómico (Caballero *et al.*, 2016; Arias *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La producción de biomasa de materia seca es muy variable en los diferentes cultivares de *C. purpureus*; los mejores rendimientos se presentaron en Maralfalfa, CLON51, OM22 y Taiwán A-144, estos materiales sobresalientes constituyen una excelente alternativa para su utilización en épocas secas (corte y acarreo, ensilados y pastoreo) en los diferentes sistemas de producción de carne y leche en el estado de Nayarit. Sin embargo, se sugiere fortalecer estos resultados con estudios agronómicos multilocacionales, nutritivos y en pastoreo de los cultivares evaluados.

LITERATURA CITADA

- Arias, J. J.; V. Reyes; G. Ray; G. Benítez; L. Ledea. 2019. Indicadores morfométricos en nuevas variedades megatérmicas de *Cenchrus purpureus* tolerante al estrés hídrico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22: 115-125.
- Caballero, G. A.; O. R. Martínez; M. Hernández B.; M. Navarro. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes*. 39(2): 94-101.
- Nava, C. J.; E. Gutiérrez; F. Zavala; E. Olivares; E. Treviño; B. Barragán; H. Herrera. 2013. Establecimiento del pasto 'CT-115' (*Pennisetum purpureum*) en una zona semiárida del noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36(3): 239-244.
- Rueda, J. A.; J. Ortega; A. Hernández.; F. Enríquez; J. Guerrero; A. R. Quero. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass & Bioenergy*. 88: 59-65.
- Villanueva, A. J. F. 2015. Producción de pastizales y manejo de praderas en el estado de Nayarit. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico Núm.5. Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. 151p.

