

XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES 2024

Ganadería para el Futuro, Agua y
Biodiversidad

MEMORIAS





SOCIEDAD MEXICANA DE MANEJO DE PASTIZALES A.C.



Y

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN
ZOOTECNIA**

COMPILADORES

M.C. JOSÉ GUADALUPE MARTÍNEZ MARTÍNEZ

ING. JOSHUA ÁLVAREZ ACACIO

DR. ADRIÁN RAYMUNDO QUERO CARRILLO

Créditos de fotografías: Karen Aglaee López Román

ISBN: EN TRAMITE



PRESENTACIÓN

La Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C. (SOMMAP) se estableció el 22 de agosto de 1986, gracias a la iniciativa conjunta de investigadores y autoridades de destacadas instituciones mexicanas. Entre estas instituciones fundadoras se encuentran COTECOCA-CGG-SAGARPA, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), entre otras. Desde su fundación, la SOMMAP ha mantenido como objetivo fundamental la preservación y mejoramiento de los pastizales mexicanos.

Los pastizales constituyen una de las fuentes más importantes de alimentación de bajo costo para el ganado bovino, ovino y caprino, así como la fuente de alimento principal de la fauna silvestre. Su utilización adecuada genera beneficios económicos significativos que impactan positivamente en Estados, regiones ganaderas, productores y consumidores finales de productos agropecuarios. Sin embargo, en décadas recientes, estos ecosistemas han enfrentado serios desafíos debido a prácticas inadecuadas de manejo. El sobrepastoreo y la excesiva carga animal han ocasionado una reducción en la capacidad productiva del ecosistema, provocando erosión del suelo y una preocupante pérdida de biodiversidad.

Frente a esta situación, diversas instituciones han reconocido la urgencia de implementar acciones estratégicas para restaurar la condición natural de los pastizales y aumentar su productividad en las distintas regiones ganaderas de México. La conservación de estos ecosistemas no solo favorecerá la biodiversidad y aumentará la productividad animal, sino que también contribuirá a reducir los costos de alimentación del ganado. Además, estas acciones ayudarán a mitigar los efectos del cambio climático y propiciarán el bienestar de las comunidades rurales.

Para 2024, la SOMMAP designó al Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) como sede del XIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Esta elección resulta particularmente significativa dado el histórico papel de la UACH como institución pionera en las ciencias agropecuarias en México, una tradición que se remonta a 1854 con la fundación de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA). La UACH, ubicada en Chapingo, Texcoco, Estado de México, ofrece el entorno ideal para esta importante reunión académico-científica.

Evento que se desarrolló bajo la temática "Ganadería para el futuro, Agua y Biodiversidad", congregó a técnicos, investigadores, productores y estudiantes interesados en el conocimiento y mejoramiento de los pastizales mexicanos. Este evento representa una valiosa oportunidad para abordar los aspectos más críticos que afectan a estos invaluable ecosistemas, promoviendo el diálogo y la colaboración entre los diversos actores del sector en beneficio de los pastizales mexicanos.

MESA DIRECTIVA SOCIEDAD MEXICANA DE MANJEIO DE PASTIZALES A.C.
SOMMAP 2023-2025

PRESIDENTE

DR. FRANCISCO OSCAR CARRETE CARREÓN

VICEPRESIDENTE

D. Ph. ALAN ÁLVAREZ HOLGUÍN

SECRETARIO EJECUTIVO

DR. FERNANDO SÁNCHEZ ARROYO

TESORERO

DR. CARLOS ENRIQUE AGUIRRE CALDERÓN

VOCALES

DR. DANIEL RODRÍGUEZ TENORIO

DR. HÉCTOR GUTIÉRREZ BAÑUELOS

D. Ph. RAÚL CORRALES LERMA

M.C. JESÚS MANUEL OCHOA RIVERO

DR. CARLOS R. MORALES NIETO

M.C. RICARDO A. SÁNCHEZ GUTIÉRREZ

Ph .D. PEDRO JURADO GUERRA



COMITÉ ORGANIZADOR
XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

PRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR
M.C. JOSÉ GUADALUPE MARTÍNEZ MARTÍNEZ

COORDINADOR DEL COMITÉ CIENTÍFICO
Ph.D. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

COLABORADORES
DR. ADRIAN RAYMUNDO QUERO CARRILLO
DR. HUMBERTO VEGA MARES
D.PH. ALAN ÁLVAREZ HOLGUÍN
ING. JOSHUA ÁLVAREZ ACACIO

COORDINADOR DE PONENCIAS CORTAS
DR. ALFREDO LORENZO TORRES

COLABORADORES
M.C. ALVIN GUSTAVO CARRILLO HURTADO
M.C. PEDRO ARRIAGA LORENZO
M.C. NOÉ GALINDO DORANTES

COORDINADOR DE ENCUENTRO DE PRODUCTORES
M.C. JORGE LUIS CASTRELLÓN MONTELONGO

COORDINADOR DE CONCURSO DE IDENTIFICACIÓN
DR. JAVIER OCHOA ESPINOZA

COORDINADORA PRESENTACIÓN DE CARTELES
DRA. MARIAN JESABEL PÉREZ RODRÍGUEZ

COORDINADORA CONCURSO DE FOTOGRAFIA
DRA. LAURA HAYDEE VALLEJO HERNÁNDEZ

COORDINADOR DE CURSOS
ING. SAULO ACEVEDO CRUZ

COORDINADOR DE REDES SOCIALES Y DIVULGACIÓN
D.PH. ALAN ÁLVAREZ HOLGÍN

PRÓLOGO

Es un honor presentar las memorias del XIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, celebrado en Texcoco, Estado de México, bajo la coordinación del Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo. Este destacado evento internacional reunió a más de 670 participantes entre estudiantes, profesionistas, investigadores y productores, consolidándose como un foro fundamental para el intercambio de conocimientos en el ámbito de los pastizales.

El programa académico de esta decimotercera edición destacó por su diversidad y excelencia, iniciando con siete ponencias magistrales presentadas por expertos internacionales de Estados Unidos, Canadá, Francia y México, quienes compartieron sus más recientes investigaciones y perspectivas sobre el manejo sustentable de los pastizales. El programa se enriqueció con 28 presentaciones orales y 31 presentaciones en formato de cartel, donde investigadores y estudiantes expusieron sus valiosas contribuciones al campo.

Un elemento distintivo de este congreso fue la realización de cuatro cursos cortos, que permitieron a los participantes profundizar en temas específicos y adquirir herramientas prácticas para el manejo de pastizales. Estas sesiones intensivas de capacitación fortalecieron significativamente el componente formativo del evento.

La participación estudiantil fue especialmente destacada a través del concurso de identificación de plantas de pastizales, actividad que fomenta las habilidades prácticas fundamentales para los futuros profesionales del área. Paralelamente, el concurso de fotografía ofreció una perspectiva artística y visual de la riqueza de nuestros ecosistemas de pastizal.

Un momento particularmente significativo del congreso fue el reconocimiento otorgado al equipo de identificación de plantas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por sus primeros 50 años de historia, celebrando cinco décadas de dedicación a la formación de especialistas en el área. Este homenaje resaltó la importancia de la continuidad y el compromiso en la enseñanza de las ciencias de los pastizales.

El congreso también rindió un merecido homenaje a cinco destacados investigadores del Colegio de Posgraduados, la Universidad Autónoma de Chihuahua, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y la Universidad Autónoma Chapingo, por sus invaluable contribuciones al estudio y desarrollo del conocimiento sobre los pastizales. Sus trayectorias ejemplares han sido fundamentales para el avance de esta disciplina en México.

Con especial emotividad, se realizó un reconocimiento póstumo al Dr. Jesús Valdez Reyna, cuya destacada carrera y aportes significativos al estudio de los pastizales han dejado una huella indeleble en la comunidad científica. Su legado continuará inspirando a las nuevas generaciones de investigadores y profesionales del área.

El encuentro de productores constituyó un componente esencial del congreso, estableciendo un puente vital entre la academia y la aplicación práctica en el campo. Este espacio facilitó

el diálogo directo entre investigadores y productores, promoviendo la transferencia de tecnología y el intercambio de experiencias prácticas.

La notable participación en todas las actividades programadas demuestra el creciente interés y compromiso de la comunidad nacional e internacional en el estudio, conservación y manejo sustentable de los pastizales. Este congreso no solo ha cumplido con sus objetivos de difusión del conocimiento y establecimiento de vínculos profesionales, sino que también, ha honrado la trayectoria de quienes han dedicado su vida profesional al estudio y manejo de los pastizales.

Las memorias que aquí se presentan son testimonio del alto nivel académico y profesional alcanzado durante el evento, y servirán como referencia valiosa para estudiantes, investigadores y profesionales del sector. Agradecemos a todos los participantes, ponentes, organizadores y patrocinadores que hicieron posible este exitoso encuentro, que sin duda marcará un precedente para futuras ediciones.



El contenido de los resúmenes es total responsabilidad de los autores.

ÍNDICE

PRESENTACIONES ORALES

POTENCIAL DE AGUA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE PASTOS NATIVOS E INTRODUCIDOS A MÉXICO

Edith Ramírez Segura, David Trujillo García, Carlos Trejo, Ebandro Uscanga Mortera, Antonio García Esteva..... 16

EFFECTO DE UNA SUPLEMENTACIÓN CON MAÍZ SOBRE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CALOSTRO EN CABRAS PASTOREO

Jorge Arturo Bustamante Andrade, Amaury Esquivel Romo, Ulises Noel Gutiérrez Guzmán, María Esther Ríos Vega, Luis Jesús Barrera Flores, Apolinar González Mancilla 21

EL VALOR ECONÓMICO DE LOS AGOSTADEROS: EL CASO DE LA GANADERÍA CAPRINA EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Octavio Tadeo Barrera Perales, Leticia Myriam Sagarnaga Villegas, José Luis Oviedo Pro 26

POBLACIÓN Y DASOMETRÍA DE SOTOL (*Dasyilirion* spp.) EN EL PREDIO EXPERIMENTAL APANTITA

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán, Carlos Jesús Beltrán-Silva, Amaury Esquivel-Romo, Jorge Arturo Bustamante-Andrade, Apolinar González-Mancilla, María Esther Ríos-Vega..... 30

VALORACIÓN DEL GRADO DE SUSTENTABILIDAD DE TRES RANCHOS GANADEROS EN TABASCO, MÉXICO

Eduardo Daniel Bolaños Aguilar, Laura Giraldo López, José Pérez Mayo 36

EFFECTO DE UN SUPLEMENTO PELETIZADO SOBRE DEGRADABILIDAD Y FERMENTACIÓN RUMINAL DE BOVINOS EN PRADERAS IRRIGIDADAS

Diana Sofía Torres Velázquez, Karina Araiza Ponce, Jesús Bernardo Páez Lerma, Damián Reyes Jáquez, Maribel Guerrero Cervantes, Gerardo Pámanes Carrasco, Manuel Murillo Ortiz 42

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO: ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

José Antonio Hernández-Herrera, Luis Manuel Valenzuela Núñez, José Javier Ochoa Espinoza, Michelle Ivonne Ramos-Robles, Juan Antonio Encina Domínguez, Aldo Rafael Martínez Sifuentes 47

GERMINACIÓN DE SEMILLA COSECHADA A ORILLA DE CARRETERA Y SEMILLA COMERCIAL DEL PASTO BANDERITA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.)

Torr.]

Raúl Corrales Lerma, Adriana Ronquillo Leyva, Carlos Raúl Morales Nieto, Alan Álvarez Holguín, Martín Martínez Salvador, Nathalie Socorro Hernández Quiroz, Federico Villarreal Guerrero, Jesús Alejandro Prieto Amparán, Alfredo Pinedo Álvarez, José Humberto Vega Mares 53

COMPARACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BIO-HERBICIDA Y HERBICIDAS COMERCIALES PARA EL CONTROL DE GRAMÍNEAS INVASORAS

Luis Lauro de León González, José Alejandro Aguilar Flores, José Javier Ochoa Espinoza, José Antonio Hernández Herrera, Perpetuo Álvarez Vazquez y F. Martín Tucuch Cauich 58

EFFECTO DE LA SEQUÍA 2023 EN SISTEMAS BOVINOS EN CLIMA SECO DE ZACATECAS, MÉXICO

Yenifer Guadalupe Luna-Rodríguez, Daniel García-Cervantes, Alejandro Espinoza-Canales, Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas, Juan Carlos López-García, Héctor Gutiérrez-Bañuelos 63

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA EN PASTOS FORRAJEROS NATIVOS E INTRODUCIDOS EN MÉXICO

Edith Ramírez Segura, David Trujillo García, Carlos Trejo, Ximena Guadalupe Galaviz Vázquez, Ebandro Uscanga Mortera, Antonio García Esteva, Juan Pablo Parra Toro 68

COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LOS PASTIZALES EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Martín Martínez-Salvador, Fernando Quiroz-Sánchez, Raúl Corrales-Lerma, José Humberto Vega-Mares, Alfredo Pinedo-Alvarez, José Alfredo Villarreal-Balderrama, Nathalie Socorro Hernández-Quiroz 74

UTILIZACIÓN DE JAGÜEYES POR EL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) EN SIERRA JALMICH, MICHOACÁN, MÉXICO

Eliazín Gómez Cárdenas, Guillermo Herrera Arreola, José Luis Montañez Soto 79

PERFIL BROMATOLÓGICO DE TRIGO CRISTALINO BAJO CLIMA SEMISECO EN ZACATECAS, MÉXICO

Armando José María Carrillo-Aguilera, Luis Cuauhtemoc Muñoz-Salas, Daniel García-Cervantes, Alejandro Espinoza-Canales, Claudia Manuela Cortés-Vega, Héctor Gutiérrez-Bañuelos 85

IMPACTO DE LA SEQUIA 2023 EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINO EN ZACATECAS, MÉXICO

Ma. Enriqueta Luna-Coronel, Alberto Muro-Reyes, Daniel García-Cervantes, Alejandro Espinoza-Canales, Einar Vargas-Bello-Pérez, Carlos Fernando Aréchiga-Flores, Héctor Gutiérrez-Bañuelos 90

SEQUÍA EXTREMA Y DEGRADACIÓN DE SUELOS EN ZACATECAS: ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA

Gloria Elva Dorado-González, Alberto Muro-Reyes, Jesús Gerardo García-Olivares, Héctor Manuel Robles-Berlanga, Daniel García-Cervantes, Héctor Gutiérrez-Bañuelos 95

SHOCK TÉRMICO EN LA ESCARIFICACIÓN DE SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Raúl Plascencia Jiménez, Adrián Raymundo Quero Carrillo, Guadalupe Montserrat Valencia Trejo, Adrián Hernández Livera, Leonor Miranda Jiménez 100

COMPORTAMIENTO FORRAJERO EN GENOTIPOS DE SORGO EN EL SUR DE TAMAULIPAS

Guillermo Guzmán Ochoa, Jonathan R. Garay Martínez, Moisés Felipe Victoriano, Benigno Estrada Drouaillet, Jairo Jeu Quintanilla Medina, Santiago Joaquín Cancino 106

EFFECTO DE LA ASIGNACIÓN DE PASTOREO SOBRE EL CRECIMIENTO DE REBROTOS DE ALFALFA

Aurelio Guevara-Escobar, Vicente Lémus-Ramírez, Benjamín Villagrán Vélez, Mónica Cervantes Jiménez, Mónica Elisa Queijeiro-Bolaños, Israel Gustavo Carrillo-Ángeles 111

CINÉTICA DE PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE FORRAJE Y ENSILADOS DE PASTO MULATO II

María Fernanda Martínez-Hernández¹, Juan Eduardo Godina Rodríguez, Jonathan Raúl Garay-Martínez, Luis Alberto Miranda-Romero, Benigno Estrada-Drouaillet, Santiago Joaquín-Cancino 118

EVALUACIÓN DE VEGETACIÓN UTILIZANDO INDICE DE VEGETACIÓN NORMALIZADA (NDVI) EN UN PASTIZAL EN AÑOS DE SEQUÍA

José Contreras Bañuelos, Israel José Contreras Casas Flores, Daniel Rodríguez Tenorio, Ramón Gutiérrez Luna, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez, Alfonso Serna Pérez 123

GERMINACIÓN DE ARVENSE *Parthenium hysterophorus* L. EN CONDICIONES DE LUZ DE DÍA Y OSCURIDAD

Alejandro Alviter Aguilar, Pedro Arturo Martínez Hernández, Enrique Cortés Díaz, Alejandro Rodríguez Ortega, José Luis Zaragoza Ramírez..... 121

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE FUENTES ALIMENTICIAS NO CONVENCIONALES

Araiza-Ponce Karina, Torres-Velázquez Diana Sofía, Murillo-Ortiz Manuel, Guerrero-Cervantes Maribel, Carrete-Carreón Francisco O. 133

CRECIMIENTO Y VALOR FORRAJERO DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. ECOTIPO NATIVO DE TEXCOCO, EDOMÉX

Joshua Álvarez Acacio, José Guadalupe Martínez Martínez, Juan José Gutiérrez Sánchez, José Manuel Olvera Aguilar 139

PREDICCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE PASTOREO A TRAVÉS ÍNDICES MULTIESPECTRALES Y DATOS AMBIENTALES

Alan Álvarez-Holguín, José Miguel Prieto-Rivero, Jaime Neftalí Márquez Godoy, Jesús A. Prieto-Amparán, Carlos R. Morales-Nieto, Federico Villarreal-Guerrero, Carlos G. Monzón-Burgos.... 144

USO DE NÚCLEOS SEMILLEROS DE PASTOS PARA LA RECUPERACIÓN DE AGOSTADEROS DEGRADADOS

Abieser Vázquez González, Erickson Basave Villalobos, José Ángel Sígala Rodríguez, Miguel Ángel Ramírez Fuentes, Edith Ramírez Segura, Erika Nava Reyna..... 150

***Leucaena* PARA EL SEMIDESIERTO ¿ES FACTIBLE?**

Adrián Raymundo Quero Carrillo, Leonor Miranda Jiménez, Nancy Cadena Ramírez 155

SIEMBRA MECANIZADA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO BANDERILLA EN TEMPORAL SEMIÁRIDO

Adrián Raymundo Quero Carrillo, Nancy Cadena Ramírez, César Gamboa Ramírez, Leonor Miranda Jiménez 161

PRESENTACIONES EN CARTEL

DINÁMICA DEL SUELO DESNUDO EN UN PASTIZAL CON 22 AÑOS DE PASTOREO ROTACIONAL

Miguel Márquez-Madrid; Ricardo David Valdez-Cepeda, Fidel Blanco-Macías 168

CARACTERIZACIÓN MORFO-AGRONÓMICA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PASTOS ENDÉMICOS DEL NORTE DE MÉXICO

Pablo Alfredo Domínguez Martínez, José Ángel Sigala Rodríguez, Rigoberto Rosales-Serna, Rafael Jiménez Ocampo 172

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD FORRAJERA DE PASTOS ENDÉMICOS DEL NORTE DE MÉXICO

Pablo Alfredo Domínguez-Martínez, José Ángel Sigala-Rodríguez, Rafael Jiménez-Ocampo, Rigoberto Rosales-Serna, Pedro Jurado Guerra, Cynthia Adriana Nava Berumen 179

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS NUTRIMENTALES DE *Dalea bicolor* DESARROLLADA EN AMBIENTES CON SOBREEXPOSICIÓN DE CO₂

Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas, Federico Villarreal-Guerrero, Héctor Gutiérrez-Bañuelos, Daniel García-Cervantes, Edith Ramírez-Segura Alberto Muro-Reyes, Alejandro Espinoza-Canales 185

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DEGRADACIÓN RUMINAL DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS FORRAJERAS TROPICALES

Cándido Enrique Guerra Medina, José de Jesús Maldonado Méndez, Luis Antonio Gálvez Marroquín, Oziel Dante Montañez Valdez, Pablo Amín Ruiz Cruz 190

EFFECTO DEL PASTOREO EN LA COBERTURA VEGETAL Y DINÁMICA DE PLANTAS DE VALOR FORRAJERO

Lilith Contreras-Olivar, Juan Antonio Encina-Domínguez, J. Javier Ochoa-Espinoza 196

FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE PLANTAS DE MEZQUITE: RESERVAS QUÍMICAS Y CAPACIDAD DE REBROTE

Erickson Basave Villalobos, José Sigala Rodríguez, Luis Valenzuela Nuñez, Celi Calixto Valencia, Edith Ramírez Segura, Homero Sarmiento López, José Luis García Pérez 202

EFFECTOS DEL RODILLO AIREADOR EN LA BIODIVERSIDAD Y RIQUEZA DE UN MATORRAL ESPINOSO EN CANDELA, COAHUILA

J. Javier Ochoa Espinoza, Eloy Alejandro Lozano Cavazos, José Antonio Hernández Herrera Antonio Sosa Islas 208

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA VEGETAL DEBIDO AL PASTOREO DE TRES GRUPOS RACIALES DE GANADO

Jaime Neftalí Márquez Godoy, Carlos Raúl Morales Nieto, Alfredo Pinedo Alvarez, Raúl Corrales Lerma, Guadalupe Nelson Aguilar Palma 213

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS FORMACIONES VEGETALES DE PASTIZAL EN EL NORTE DE MÉXICO

Karen Meraz-Molina, Alfredo Pinedo-Alvarez, Alan Álvarez-Holguin, Raúl Corrales-Lerma, Carlos Raúl Morales-Nieto, Federico Villarreal-Guerrero, Jesús Alejandro Prieto-Amparán 218

PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES VARIETALES DE (*Cenchrus ciliaris* L.) EN EL TROPICO SECO

Daniel González González, Miguel Ángel Gastelum Delgado, Pablo Carlos Arellano Piña, Norberto Ismael Ángulo Valenzuela	224
CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA EN ENSILADO DE FORRAJE DE SOYA ADICIONADO CON MELAZA	
Jonathan Raúl Garay Martínez, Nicolás Maldonado Moreno, Jorge Alonso Maldonado Jáquez, Juan Eduardo Godina Rodríguez, Lorenzo Danilo Granados Rivera	230
RECOLECCION DE ECOTIPOS DE PASTO <i>Panicum hallii</i> Vasey EN LA ZONA NORTE-CENTRO DE MÉXICO	
Francisco Antonio Rubio Aguirre, José Francisco Villanueva Avalos, Adrián Raymundo Quero Carrillo.....	235
EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE <i>Panicum hallii</i> Vasey EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE ZACATECAS	
Francisco Antonio Rubio Aguirre, José Francisco Villanueva Avalos, Adrián Raymundo Quero Carrillo.....	241
HUMEDAD SUPERFICIAL DEL SUELO EN CONDICIONES DE SEQUÍA EXTREMA EN DOS ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO	
Héctor Ramírez-Garduño, Carlos G. Ochoa, Federico Villarreal Guerrero, Gabriel Sosa Pérez, Pedro Jurado Guerra	247
CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS DEL <i>Cenchrus purpureus</i> VC CUBA CT-115 EN PASTOREO EN TRÓPICO DE VERACRUZ, MÉXICO	
Raymundo Salvador Gudiño Escandón, José Andrés Díaz Untoria, María Luisa Méndez Ojeda, Vicente Eliezer Vega Murillo, Verena Torres Cárdenas, Cesar Padilla Corrales, Ramon Omar Martínez Zubiaur	253
FERMENTACIÓN <i>in vitro</i> Y PRODUCCIÓN DE GAS DE PASTO CAMELLO COSECHADO A DIFERENTE MANEJO AGRONÓMICO	
Juan Eduardo Godina Rodríguez, Fernando Lucio Ruíz, Jonathan Raúl Garay Martínez, Luis Alberto Miranda-Romero, Andrés Gilberto Limas Martínez, Santiago Joaquín Cancino	258
EXTRACCIÓN DE ADN DEL SUELO BAJO COSTRAS BIOLÓGICAS EN PASTIZALES PARA IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS	
Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez, Biridiana Lozano Hipólito, Luis Roberto Reveles-Torres, Silvia Salas Muñoz.....	263
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN <i>Tripsacum dactyloides</i> L., EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO	
Raúl Plascencia Jiménez, Adrián Raymundo Quero Carrillo, José Alberto Salvador Escalante Estrada, Leonor Miranda Jiménez, Cándido López Castañeda	268
RENDIMIENTO DE FORRAJE DE <i>Bouteloua curtipendula</i> EN DOS FASES DE CRECIMIENTO EN TULA, TAMAULIPAS, MÉXICO	
Jesús E. Ochoa-Lechuga, Jonathan R. Garay-Martínez, Edith Ramírez-Segura, Fernando Lucio-Ruiz, Santiago Joaquín-Cancino, Lizeth Vázquez-Rocha	274
CALIDAD Y CURVAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE GRAMINEAS FORRAJERAS BAJO DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN HIDALGO	

Enrique Cortés Díaz, Cesar Cortés Romero, Víctor Cabrera Larios	279
DIAGNÓSTICO EXPLORATORIO DE LA PERCEPCIÓN DE LA SEQUÍA POR GANADEROS DE SONORA, MÉXICO	
Yazuri Reynosa-Sánchez, J. Javier Ochoa-Espinoza, Lorenzo Alejandro López-Barbosa, Jorge Enrique Ramírez-Albores, José Antonio Hernández-Herrera.	287
PLAN DE MANEJO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO	
Nora Lilia Hernández Santos, Iván Gómez Sánchez, Marcela Quiroz Sodi, María Piedad Olvera Escamilla, Gervasio Vázquez Martínez, David Linoe Sangerman Arcos	293
VALOR NUTRICIONAL DE LA DIETA DEL GANADO BOVINO PASTOREANDO EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO EN EL NORTE DE ZACATECAS MÉXICO	
Daniel Rodríguez Tenorio, José Contreras Bañuelos, Ramón Gutiérrez Luna, Alberto Muro Reyes, Luis Humberto Díaz García, Alejandro Espinoza Canales, Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas, Daniel García Cervantes	300
EFFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL SOBRE EL FLUJO DE ÓXIDO NITROSO	
Josué Jonathan Ríos Hilario, Claudia María Isabel Hidalgo Moreno, Sergio Iban Mendoza Pedroza, Adelaido Rafael Rojas García, Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca, Arturo Pro Martínez, Fernando González Cerón	306
USO Y APROVECHAMIENTO DEL PASTO ROSADO (<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka)	
Adriana Herlinda Cabral Frías, Alejandro Espinoza Canales, Ada Rebeca Contreras Rodríguez, Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas	310
ALMACENES DE CARBONO EN UN PASTIZAL AMACOLLADO ARBORESCENTE EN CHIHUAHUA	
Pedro Jurado Guerra, Gabriel Sosa Pérez, Héctor Ramírez Garduño, José Luis García Pérez	316
ESTUDIO AGROSTOLÓGICO EN ALMOLOYA, HIDALGO PARA LA DETERMINACIÓN DE PLANTAS CON POTENCIAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	
José Manuel Olvera Aguilar, José Guadalupe Martínez Martínez, Joshua Álvarez Acacio, Juan José Gutiérrez Sánchez	321
COBERTURA Y VARIABLES DEL SUELO QUE AFECTAN LA EROSIÓN HÍDRICA DE UN AGOSTADERO EN ZACATECAS	
Alfonso Serna Pérez, José Israel Casas Flores, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez	326
COBERTURA VEGETAL EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD EDÁFICA DISPONIBLE EN UN AGOSTADERO SEMIARIDO DE ZACATECAS	
José Israel Casas Flores, Alfonso Serna Pérez, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez	331
RENDIMIENTO DE BIOMASA VERDE EN GIRASOL EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN	
José Alberto Salvador Escalante Estrada, Eleazar Cortés Rosales, Luis Enrique Escalante Estrada, Cid Aguilar Carpio	336
DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA TRIBU STIPEAE EN MÉXICO	

Juan José Gutiérrez Sánchez, José Guadalupe Martínez Martínez, Joshua Álvarez Acacio, José Manuel Olvera Aguilar.....341

PRESENTACIONES ORALES

**POTENCIAL DE AGUA EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE PASTOS
NATIVOS E INTRODUCIDOS A MÉXICO**
**WATER POTENTIAL ON SEED GERMINATION OF NATIVE AND
INTRODUCED GRASSES TO MEXICO**

Edith Ramírez Segura^{1*}, David Trujillo García², Carlos Trejo², Ebandro Uscanga Mortera², Antonio García Esteva²

¹CENID AF, INIFAP, ²Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados.

*Autor para correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los pastizales en México enfrentan un severo deterioro debido a condiciones ambientales extremas y al sobrepastoreo. La rehabilitación mediante la resiembra de pastos nativos e introducidos está limitada por las precipitaciones bajas y erráticas en estas regiones. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del potencial de agua en la germinación de semillas de cuatro especies nativas (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex. Steud (navajita azul), *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. (banderita), *Muhlenbergia phleoides* Kunth (lobero), *Disakisperma dubium* (Kunth) Nees (gigante), y tres especies introducidas *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (llorón), *Cenchrus ciliare* (L.) Link (buffel), *Melinis repens* (Willd.) C.E. Hubb (rosado). Las semillas se recolectaron en Ojuelos de Jalisco, Jal., Méx. y se pusieron a germinar en soluciones de potenciales hídricos de -0.03 (agua destilada), -0.58, -1.43, -2.0 y -2.8 MPa, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. No se observó diferencia significativa en el porcentaje y la velocidad de germinación entre los pastos nativos y los introducidos; sin embargo, si se observaron diferencias significativas entre especies y potenciales hídricos. En la interacción especie x potencial hídrico, las especies nativas tendieron a mostrar una respuesta homogénea; no así para las especies introducidas. *C. ciliare*, tuvo el mayor porcentaje de germinación en todos los potenciales de agua en comparación con las otras especies introducidas. Lo anterior, resalta la importancia de seleccionar especies adecuadas para la rehabilitación y resiembra de pastizales en México, considerando su capacidad para germinar en diferentes potenciales del agua.

Palabras clave: adaptación, resiembra, selección, sequía.

ABSTRACT

Grasslands in Mexico face severe degradation due to extreme environmental conditions and overgrazing. Rehabilitation through reseeding with native and introduced grasses is limited by low and erratic precipitation in these regions. The aim of this study was to determine the effect of water potential on seed germination of four native species (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag. ex. Steud (navajita azul), *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. (banderita), *Muhlenbergia phleoides* Kunth (lobero), *Disakisperma dubium* (Kunth) Nees (gigante) and three introduced species: *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees (llorón), *Cenchrus ciliare* (L.) Link (buffel), *Melinis repens* (Willd.) C.E. Hubb (rosado). The seeds were collected in Ojuelos de Jalisco, Jal., Mexico, and were germinated in solutions with water potentials of -0.03 (distilled water), -0.58, -1.43, -2.0, and -2.8 MPa), using a completely randomized design with four repetitions. No significant differences were observed in the percentage and rate of germination between native and introduced grasses; however, significant differences

were observed between species and water potentials. In the species x water potential interaction, native species tended to show a homogeneous response, not so for introduced species. *C. ciliare*, had the highest germination percentage at all water potentials compared to the other introduced species. The above results highlight the importance of selecting appropriate species for rehabilitation and reseeded of grasslands in Mexico, considering their ability to germinate under different water potentials.

Keywords: adaptation, drought, reseeded, selection.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del norte y centro de México son ecosistemas deteriorados debido a las condiciones ambientales extremas y al sobrepastoreo. Una alternativa para su rehabilitación es la resiembra de pastos nativos e introducidos; sin embargo, esta práctica no siempre es exitosa, debido a las precipitaciones bajas y erráticas en estas zonas (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). La germinación de las semillas, el establecimiento y desarrollo exitoso de las plántulas son cruciales en el ciclo biológico de las plantas y dependen principalmente de la disponibilidad del agua en el suelo. Conocer la capacidad que tienen las semillas de pastos para germinar y las plántulas para desarrollarse en diferentes contenidos de agua en el suelo, es fundamental para la planeación de estrategias de rehabilitación. Dicho conocimiento permitirá la selección de especies adecuadas para la producción agropecuaria y la restauración de áreas degradadas. Los pastos nativos, *B. gracilis*, *B. curtipendula*, *M. phleoides*, *L. dubia*, y las introducidas, *E. curvula*, *C. ciliare*, *M. repens*, tienen importancia agropecuaria y potencial para germinar y desarrollarse en condiciones limitantes de agua en el suelo en la región del Altiplano Potosino-Zacatecano. Algunas de estas especies han sido estudiadas por su capacidad de adaptarse a condiciones adversas. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del potencial de agua en la germinación de semillas de *B. gracilis*, *B. curtipendula*, *M. phleoides*, *L. dubia*, especies nativas y de *E. curvula*, *C. ciliare*, *M. repens*, especies introducidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Biofísica y Fisiología Vegetal Ambiental del Posgrado en Botánica, *Campus* Montecillo, Colegio de Postgraduados. Se utilizaron semillas de siete especies de pastos, recolectadas en Ojuelos de Jalisco, Jal., Méx. durante noviembre y diciembre de 2023. Dichas especies son comunes en los pastizales de zonas áridas y semiáridas del Altiplano Potosino-Zacatecano de México y son empleadas como forraje. Los cariósidos fueron separados manualmente de las brácteas (glumas, lema y palea) mediante fricción sobre un tapete de caucho corrugado, posteriormente, se seleccionaron los cariósidos enteros y sin daño físico y se conservaron en bolsas de papel. Para determinar las concentraciones de las soluciones, se agregaron de 0 a 400 g L⁻¹ de polietilenglicol (PEG-8000 BioUltra, Sigma-Aldrich, Co, MO, USA) y se colocaron sobre un agitador magnético a temperatura ambiente (27 °C) durante 6 horas para asegurar su completa dilución. La cantidad de solutos en las soluciones se midió con un osmómetro de punto de congelación (OSMETTE III, Model 5010, Precision System Inc., Natick, USA), el cual fue previamente calibrado con soluciones estándar de 100, 500, 1500, 2000 mmol kg⁻¹. Con la osmolaridad de las soluciones de PEG-8000 conocida, se calcularon los potenciales hídricos (π_x) utilizando la ecuación de Van't Hoff, $\pi_x = -CRT$, donde C es la concentración (mol kg⁻¹), R es la

constante universal de los gases ($0.00831 \text{ Kg MPa mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) y T es la temperatura absoluta ($K = 273 + ^\circ\text{C}$). Para este estudio, se consideraron las concentraciones de 150, 200, 225 y 250 g L^{-1} PEG-8000, las cuales tuvieron un π_a de -0.58, -1.43 (ligeramente por encima del punto de marchitez permanente, PMP), -2.0 y -2.8 MPa (por debajo del PMP). El diseño de tratamientos fue un factorial, donde el factor A correspondió a la especie con siete niveles y el factor B, el potencial hídrico con cinco niveles, -0.03 (agua destilada) -0.58, -1.43, 2.0 y -2.8 MPa, generando 35 tratamientos. Estos se distribuyeron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió de una caja Petri con 25 semillas. Las semillas se colocaron sobre un papel filtro en cajas Petri de 8.5 cm de diámetro y se le añadió la solución correspondiente a cada especie. Las cajas Petri se incubaron a $25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ en oscuridad durante siete días en una germinadora.

VARIABLES EVALUADAS. Se contabilizó diariamente el número de semillas germinadas durante siete días, considerándose una semilla germinada cuando la radícula expuesta presentó al menos un milímetro de longitud. Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje y la velocidad de germinación.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Los datos fueron analizados utilizando RStudio-2024.04.1. Se realizó un análisis de varianza factorial y pruebas de comparación de medias (Tukey $p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observó significancia en el porcentaje y velocidad de germinación entre los pastos nativos e introducidos (60.8 vs. 58 % y 3.5 vs. 2.9 semillas día⁻¹, en un periodo de siete días). El porcentaje y la velocidad de germinación fueron significativos entre las especies. Dichas variables fueron similares entre las especies nativas; mientras que fueron diferentes entre las especies introducidas. *C. ciliare* especie introducida, presentó el porcentaje mayor de germinación con respecto a las demás (Figura 1A). El porcentaje de germinación fue afectado por el π_a , disminuyendo conforme este disminuyó. El menor porcentaje de germinación se observó a partir de los -2.0 MPa (Figura 1B).

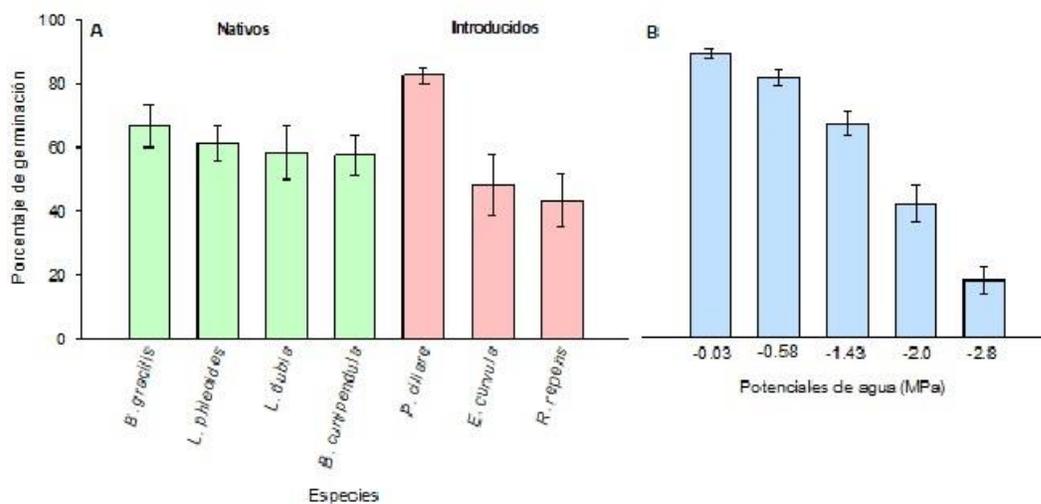


Figura 1. Efecto de la especie (A), y el potencial de agua (B) en el porcentaje de germinación de semillas de cuatro pastos nativos (*B. gracilis*, *L. phleoides*, *L. dubia*, y *B. curtipendula*) y tres introducidos (*C. ciliare*, *E. curvula*, y *M. repens*). Las barras representan el promedio \pm error estándar ($n=4$).

Se observó diferencia significativa en el porcentaje de germinación debido a la interacción entre especies y Ψ_a . En los pastos nativos se observó una disminución en el porcentaje de germinación a partir del Ψ_a de -2.0 MPa, excepto en *L. dubia*, en el cual se tuvo a partir de los -1.43 MPa; mientras, que en los pastos introducidos, la disminución se observó a partir de los -1.43 MPa, excepto en *C. ciliare*, en el cual, la reducción se presentó a partir de los -2.8 MPa. (Figura 2).

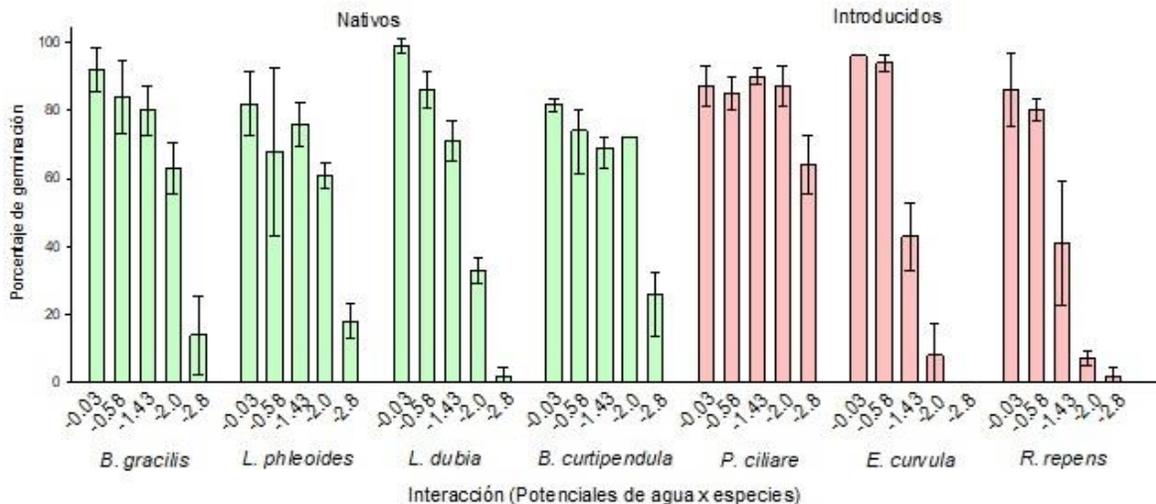


Figura 2. Interacción entre los potenciales de agua y especies en el porcentaje de germinación de cuatro pastos nativos (*B. gracilis*, *L. phleoides*, *L. dubia*, y *B. curtipendula*) y tres introducidos (*C. ciliare*, *E. curvula*, y *R. repens*). En el eje horizontal se muestran los cinco potenciales hídricos (MPa) y las siete especies en estudio. Las barras representan el promedio \pm error estándar (n=4).

Alagbo y Chauhan (2023) observaron en poblaciones de *Eragrostis curvula* variabilidad en la tolerancia al estrés por sequía, lo que indica diferencias inherentes en la germinación entre las poblaciones. Entre los pastos introducidos, *C. ciliare* mostró poca variación en la germinación en Ψ_a bajos, en comparación con *E. curvula* y *M. repens*, que tuvieron mayor variación que los pastos nativos.

La velocidad de germinación fue diferente entre especies, en orden descendente fue la de *C. ciliare*, *B. curtipendula*, y *L. dubia*, *M. phleoides*, *B. gracilis*, *E. curvula* y *M. repens*. El valor del Ψ_a también determinó la velocidad de germinación. Las velocidades de germinación más altas se observaron en los Ψ_a más altos en comparación a las observadas en los Ψ_a más bajos (5.0 vs. 0.92 semillas día⁻¹, durante siete días). En la interacción entre especies y Ψ_a , se observaron diferencias significativas en la velocidad de germinación. *D. dubium* (nativo) destacó con la mayor velocidad, 6.68 semillas día⁻¹ al Ψ_a de -0.03 MPa; en contraste, *B. gracilis* (nativo) y *M. repens* (introducido) mostraron la menor velocidad de germinación con 3.4 y 4 semillas día⁻¹, respectivamente, al mismo potencial hídrico.

Conocer las variaciones en la germinación a diferentes Ψ_a entre las especies es fundamental para la gestión exitosa de los pastizales y su restauración ecológica. Las especies nativas suelen estar mejor adaptadas a las condiciones locales; por lo tanto, algunas muestran mayores porcentajes de germinación en comparación con las especies introducidas (Zhang y

Galvin, 2023). Esta adaptación es crucial para el establecimiento de los pastos y la conservación de la biodiversidad local. Sin embargo, las especies nativas también enfrentan desafíos en su establecimiento, como la baja calidad del propágulo, tamaño del fruto o semilla, entre otros factores (Silva *et al.*, 2022).

En general, no se obtuvo el 100 % de germinación en las especies en ningún potencial hídrico a pesar que se seleccionaron semillas normales; por lo tanto, se puede inferir que las semillas tienen ligera latencia. La presencia de glumas, lema y palea, además de las propiedades intrínsecas al cariósipide, pueden contribuir a la latencia de las semillas. Moulessehouli *et al.* (2022); Alagbo y Chauhan (2023) recomendaron eliminar dichas estructuras. En este trabajo las estructuras mencionadas fueron eliminadas, por lo que se puede inferir que la latencia es debida a otras causas. El estrés hídrico afecta fisiológica y morfológicamente a las especies nativas e introducidas en forma diferente (Pepe *et al.*, 2022).

CONCLUSIONES

El origen (nativas *vs.* introducidas) de las especies no afectó el porcentaje y velocidad de germinación de las semillas. Las especies nativas tuvieron porcentaje de germinación similar; mientras que en las introducidas se observó variación. El potencial hídrico afectó el porcentaje de germinación, este decreció conforme disminuyó el Ψ_w . La interacción origen x especie x Ψ_w también afectó el porcentaje de germinación. En general se observó mayor efecto en las especies introducidas que en las nativas.

Los resultados de este estudio proporcionan una base sólida para futuras investigaciones, que podrían explorar más a fondo las respuestas de las especies de pastos a diferentes condiciones ambientales.

LITERATURA CITADA

- Alagbo, O. O., and Chauhan, B. S. (2023). Germination Ecology of African Lovegrass (*Eragrostis curvula*) and Herbicide Options for Its Control. *Agriculture*, 13(5), 920. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050920>
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., & Chávez-Ruiz, M. 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.
- Moulessehouli, Y. I., Mehdadi, Z., and Benchiha, W. (2022). Comparative Study on Caryopses Germination of *Stipa tenacissima* L. From Two Habitats of Western Algeria Under Different Controlled Conditions of Salinity and Water Potential. *Egyptian Academic Journal Of Biological Sciences. C, Physiology And Molecular Biology/Egyptian Academic Journal Of Biological Sciences. C, Physiology And Molecular Biology*, 14(2), 163-174. <https://doi.org/10.21608/eajbsc.2022.262281>
- Pepe, M., Crescente, M. F., and Varone, L. (2022). Effect of Water Stress on Physiological and Morphological Leaf Traits: A Comparison among the Three Widely-Spread Invasive Alien Species *Ailanthus altissima*, *Phytolacca americana*, and *Robinia pseudoacacia*. *Plants*, 11(7), 899. <https://doi.org/10.3390/plants11070899>
- Silva, C. L. C., De Oliveira Almeida, G., De Vasconcelos Freitas Pinto, A., Rodal, M. J. N., Ferreira, W. N., and Silva, M. A. M. (2022). Does the presence of exotic species decrease the initial development of native species in Brazilian seasonally dry tropical forests? *Acta Botanica Brasílica/Acta Botânica Brasílica*, 36. <https://doi.org/10.1590/0102-33062021abb0029>
- Zhang, Z., and Galvin, L. (2023). Native grasses potential of providing ecological weed suppression in rangeland and natural areas: A scoping review. *Outlook On Agriculture*, 52(4), 391-398. <https://doi.org/10.1177/00307270231180902>

EFFECTO DE UNA SUPLEMENTACIÓN CON MAÍZ SOBRE PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CALOSTRO EN CABRAS PASTOREO EFFECT OF CORN SUPPLEMENTATION ON COLOSTRUM PRODUCTION AND QUALITY IN GRAZING GOATS

Jorge Arturo Bustamante Andrade^{1*}, Amaury Esquivel Romo¹, Ulises Noel Gutiérrez Guzmán¹, María Esther Ríos Vega¹, Luis Jesús Barrera Flores¹, Apolinar González Mancilla¹

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Venecia, Durango, México.

*Autor por correspondencia: jorge.bustamante@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de una suplementación energética a base de maíz rolado en cabras en pastoreo, en el sistema extensivo sedentario, 24 días antes del parto, el estudio se llevó a cabo en el municipio de Gómez Palacio Durango perteneciente a la Comarca Lagunera, se seleccionaron 30 cabras de un hato caprino, y se distribuyeron aleatoriamente en dos tratamientos Grupo Control (GC, n=15) solo consumió la dieta en pastoreo y Grupo Suplementado (GS, n=15) consumió la dieta en pastoreo más una suplementación con maíz (0.6 kg/cabra/d). El efecto de la suplementación se vio reflejada en la mayor producción de calostro en el GS ($p=0.04$) así como el mayor porcentaje en los componentes proteína y lactosa ($p<0.05$) favoreciendo también a este último grupo experimental, con lo cual concluimos que una suplementación energética a cabras en gestación manejadas en condiciones extensivas es necesaria para cubrir las necesidades nutricionales de mantenimiento más la demanda de la gestación y así garantizar mayores tasa de prolificidad en este sistema de producción marginal.

Palabras clave: Sistema extensivo, composición química, pastizales.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the effect of energy supplementation based on rolled corn in grazing goats, in the extensive sedentary system, 24 days before parturition. The study was carried out in the municipality of Gómez Palacio Durango belonging to the Comarca Lagunera, 30 goats were selected from a goat herd, and they were randomly distributed into two treatments. Control Group (CG, n=15) only consumed the grazing diet and Supplemented Group (GS, n=15) consumed the grazing diet. Plus supplementation with corn (0.6 kg/goat/d). The effect of supplementation was reflected in the greater production of colostrum in the GS ($p=0.04$) as well as the greater percentage in the protein and lactose components ($p<0.05$), also favoring this last experimental group, with which we conclude that energy supplementation to gestating goats managed in extensive conditions is necessary to cover the nutritional maintenance needs plus the demand of the gestation and thus guarantee higher prolificacy rates in this marginal production system.

Key words: Extensive system, chemical composition, grasslands.

INTRODUCCIÓN

La caprinocultura es una actividad pecuaria, donde gran parte de la población rural obtiene recursos económicos para subsistir a partir de la venta de leche y cabrito (Castel *et al.*, 2010),

esta actividad. La mayor parte de los caprinos vive en condiciones climáticas extremas, predominando el sistema de producción extensivo, como la Comarca Lagunera que es una región al noreste árido de México donde sobresale el sistema de producción caprino extensivo sedentario con pastoreo diurno y encierro nocturno (Navarrete-Molina *et al.*, 2020), lo que ocasiona que las cabras de la región dependan en gran medida de la estacionalidad en la disponibilidad en cantidad y calidad de la vegetación nativa de los sitios de pastoreo de la región (Serrato-Corona *et al.*, 2011), consecuencia de ello es importante una suplementación estratégica en el último tercio de gestación para garantizar cantidad y calidad de calostro además de mayores tasas de crecimiento en las crías (Banchero *et al.*, 2007), tal como lo reporta (Ramírez-Vera *et al.*, 2012) quienes evaluaron el efecto de una suplementación con maíz durante los últimos 12 días antes del parto en cabras en pastoreo y se incrementó al doble la cantidad de calostro disponible al parto. Considerando los hallazgos mencionados anteriormente se llevó a cabo un estudio cuyo objetivo fue: evaluar el efecto de una suplementación con maíz 24 días antes del parto sobre la producción y calidad de calostro en cabras manejadas bajo condiciones extensivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental. El estudio se realizó en el municipio de Gómez Palacio Durango (Figura 1) ubicado en la Comarca Lagunera, zona agroecológica en el Norte árido de México. Esta región posee un clima seco con una temperatura promedio anual de 21°C variando de 37°C (Mayo-Agosto) a 0°C (Noviembre-Febrero) en invierno (INEGI, 2015). Todas las cabras se alimentaban bajo el sistema de pastoreo extensivo sedentario predominante en la Comarca Lagunera, con pastoreo diurno y encierro nocturno, consumiendo la vegetación nativa de la región: pastos como buffel (*Cenchrus ciliaris*), bermuda (*Cynodon dactylon*), navajita (*Bouteloua spp.*), Johnson (*Sorghum halepense*), chamizo (*Atriplex canescens*) así como rebrotres vegetales y frutos de mezquite (*Prosopis glandulosa*), huizache (*Acacia farnesiana*), arbustos y esquilmos de cosecha como: sorgo, melón, sandía algodón, avena forrajera. (INIFAP, 2010).

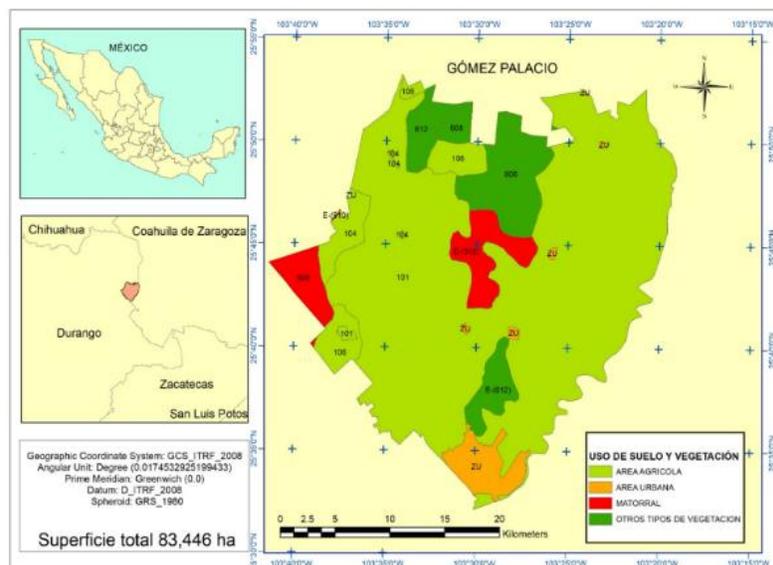


Figura 1. Uso de suelo y vegetación (áreas de pastoreo y de esquilmos agrícolas) en el municipio de Gómez Palacio (Comarca Lagunera de Durango, México) utilizadas en el sistema de producción caprino extensivo sedentario.

Tratamientos: Se seleccionaron 30 cabras homogéneas en peso y condición corporal de un hato caprino de 155 cabras multirraciales, múltiparas. Las cabras del Grupo Control (n=15) solo recibieron el pastoreo diario, mientras que el otro grupo de cabras recibió en promedio durante los últimos 30 días de gestación, además del pastoreo diario, una suplementación con 0.6 kg de maíz rolado (Grupo Suplementado; GS, n=15). Dicha suplementación se ofreció en 2 fracciones: antes y después del pastoreo (300 g a las 0900 h y 300 g a las 1800 h). La cantidad de maíz proporcionado a las cabras del GS se calculó de acuerdo con su peso metabólico ($W^{0.75}$), suministrándole 25 g por kg de dicho peso, según lo sugerido por National Research Council (NRC), 2007. Además, el maíz proporcionó 3.2 Mcal/KgMS EM y 8,6% PC. Las cabras se ordeñaban a mano una vez al día 07:00 h. Todas las cabras fueron desparasitadas de manera subcutánea (Ivermectina al 1%, Baymec, Bayer, Ciudad de México, México). Un mes antes del inicio del estudio; agua, y sales minerales estuvieron disponibles y a libre acceso.

Variables evaluadas: La producción de calostro fue determinada después del parto mediante la extracción completa del calostro de uno de los medios de la hembra, a través de ordeña manual y se registró el peso total de calostro obtenido. Además, se tomó una muestra de 20 mL de calostro que se mantuvo en refrigeración y posteriormente se transportó al laboratorio de la FAZ UJED para el análisis de calidad de calostro a través del equipo LactiChekTM (RapiRead LC-01 RR Hopkinton, MA USA) se determinaron los componentes: grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, y el porcentaje de sólidos totales. Al inicio del periodo de colección del calostro, cada cría se amamantó de un medio de la madre y una vez que finalizó el periodo de colección de calostro, se permitió el libre acceso a las crías a los dos medios de la ubre de su madre.

Análisis estadístico: En este estudio se utilizó un diseño completamente al azar, para las variables de producción y calidad de calostro se analizaron entre grupos mediante una prueba de t de student para 2 grupos independientes. Diferencias entre tratamientos fueron aceptadas si $p < 0.05$. El paquete estadístico SAS fue usado para analizar las variables de respuesta. (SAS Inst. Inc. versión 9.4, Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tal como se muestra en la Grafica 1, la producción de calostro al parto fue diferente entre las cabras del Grupo Control y las del Grupo Suplementado ($p = 0.04$). Esta información coincide con lo reportado por (Banchero *et al.*, 2006) quien establece que una suplementación al final de gestación puede duplicar la cantidad de calostro disponible para las crías. Además (Annett *et al.*, 2005) establece que hembras en condiciones extensivas requieren además una suplementación proteica para mejorar la disponibilidad de calostro las primeras horas postparto.

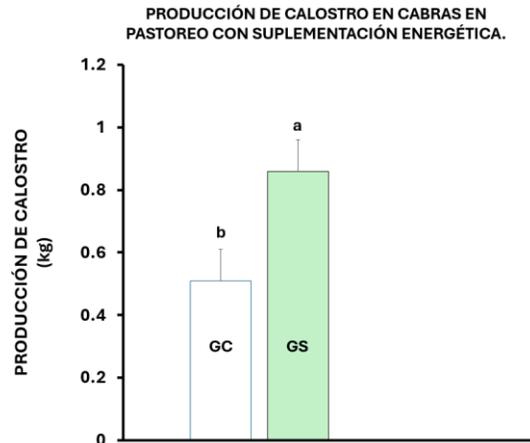


Figura 2. Producción promedio (\pm EEM) de la cantidad de calostro producido al parto en las cabras que se alimentaron durante toda la gestación con sólo el pastoreo sedentario (GC n =15) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una suplementación diaria a base de maíz rolado (0.6 kg/cabra/d) durante los últimos 24 días antes del parto (GS n = 15). Diferencia estadística ($p=0.04$).

En lo que respecta a la calidad del calostro (Grafica 2) solamente en los componentes de proteína y lactosa existieron diferencias estadísticas entre ambos tratamientos ($p<0.05$) tal como lo reporta (Ramírez-Vera *et al.*, 2012) quienes evaluaron el efecto de una suplementación energética los últimos 12 días de gestación en cabras en condiciones extensivas en la Comarca Lagunera y encontraron mayor efecto de la suplementación sobre la lactosa y proteína del calostro. La probable razón por la que en nuestro estudio de suplementación energética al final de la gestación en cabras en condiciones extensivas tuvo efecto solo en dos de los componentes químicos es que en el momento de realizar la suplementación existía en las áreas de pastoreo disponibilidad de vegetación nativa además de esquilmos agrícolas de melón, sandía, sorgo forrajero. Sin embargo, en la variable de producción de calostro el GS fue quien mostro mejor rendimiento, lo que abre la posibilidad de seguir probando diferentes cantidades de suplemento y en diferentes etapas gestaciones en caprinos y en este sistema de producción marginal.

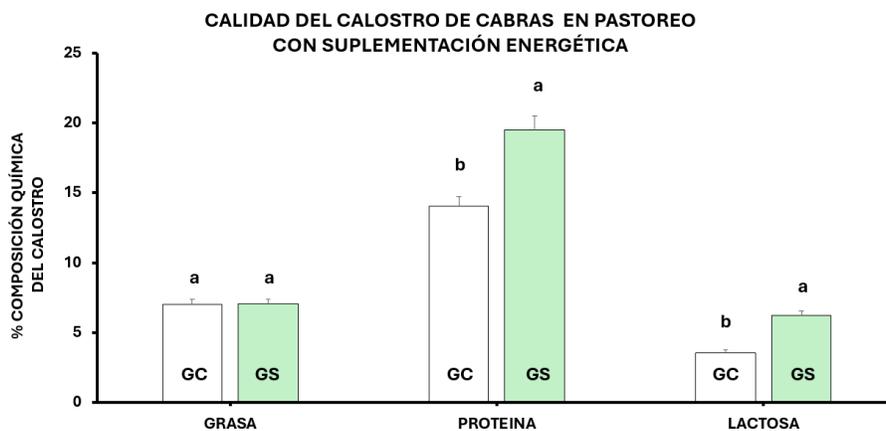


Figura 3. Calidad de calostro (\pm EEM) producido al parto en las cabras que se alimentaron durante toda la gestación con sólo el pastoreo sedentario (GC n =15) y de las cabras que además del pastoreo recibieron una

suplementación diaria a base de maíz rolado (0.6 kg/cabra/d) durante los últimos 24 días antes del parto (GS n = 15). Diferencia estadística (grasa: $p=0.95$, proteína: $p=0.02$, lactosa: $p=0.03$).

CONCLUSIONES

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio concluimos que la suplementación energética con maíz al final de la gestación en cabras en pastoreo resultó favorable para el incremento de la producción de calostro al parto y solo en la proteína y lactosa en cuanto a la calidad de calostro. En el presente trabajo, se sugiere que se estudie el periodo de suplementación a hembras durante la gestación tardía se lleve a cabo en época de baja disponibilidad en cantidad y calidad de vegetación en las áreas de pastoreo. Asimismo, se sugiere estudiar en cabras en pastoreo si ofreciendo la suplementación en el periodo de mayor demanda de nutrientes pudiera obtenerse una mayor cantidad y calidad de calostro, garantizando así la supervivencia de las crías en este sistema de producción marginal.

LITERATURA CITADA

- Annett, R.W., Carso, A.F., Dawson, L.E.R. 2005. The effect of digestible undegradable protein (DUP) content of concentrates on colostrum production and lamb performance of triplet-bearing ewes on grass-based diets during late pregnancy. *Anim. Sci.* 80:101-110.
- Banchero, G.E., Perez-Clariget, R.C., Bencini, R., Lindsay, D.R., Milton J.T.B., Martin, G.B. 2006. Endocrine and metabolic factors involved in the effect of nutrition on the production of colostrum in female sheep. *Reprod. Nutr. Dev.* 46: 447-460.
- Banchero, G.E., Quintans, G., Vazquez, A., Gigena, F., La Manna A., Lindsay D. R., Milton J.T.B. 2007. Effect of supplementation of ewes with barley or maize during the last week of pregnancy on colostrum production. *Animal.* 1: 625-630.
- Castel, J.M., Ruiz, F.A., Mena, Y. and Sánchez-Rodríguez, M. 2010. Present situation and future perspectives for goat production systems in Spain. *Small Ruminant Research.* 89: 207-210.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2010. Boletín técnico. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana: Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León, Durango y San Luis Potosí. 2: 13-78. SAG. México. Available online: <http://www.gob.mx/inifap/archivo/documentos/coeficientesdeagostadero>.
- National Research Council (NRC). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2007.
- Navarrete-Molina, C., Meza-Herrera, C.A., Herrera-Machuca, M.A., Macias-Cruz, U. and Veliz-Deras, F.G. 2020. Not all ruminants were created equal: Environmental and socioeconomic sustainability of goats under a marginal-extensive production system. *Journal of Cleaner Production.* 255:120237.
- Ramírez-Vera, S., Terrazas A., Delgadillo, J.A., Serafín, N., Flores J.A., Elizundia J.M., Hernández, H. 2012a. Feeding corn during the last 12 days of gestation improved colostrum production and neonatal activity in goats grazing subtropical semi-arid rangeland. *J. Anim Sci.* 7: 2362-2370.
- Santos Serrato-Corona, J., Sanchez Duarte, J. I., Murillo Ortiz, M., & Castellanos Perez, E. 2011. Oat hay apparent digestibility, rumen ammonia nitrogen and bun in goats supplemented with fermented molasses-poultry litter. *Journal of Animal and Veterinary Advances.* 10: 808-812.

EL VALOR ECONÓMICO DE LOS AGOSTADEROS: EL CASO DE LA GANADERÍA CAPRINA EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO THE ECONOMIC VALUE OF RANGELANDS: THE CASE OF GOAT RANCHING IN SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO

Octavio Tadeo Barrera Perales^{1*}, Leticia Myriam Sagarnaga Villegas², José Luis Oviedo Pro³

¹Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial, Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Texcoco, Estado de México;

²Departamento de Zootecnia, UACH, Texcoco, Estado de México

³Instituto de Ciencias Marinas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Cádiz, España

Autor por correspondencia: obarrera@ciestaam.edu.mx

RESUMEN

Los agostaderos han sido el sustento de la ganadería extensiva en áreas con pocas alternativas productivas. Sin embargo, estos ambientes muestran un alto grado de deterioro, atribuido en buena medida a que el forraje pastado de los agostaderos carece de valor económico para los productores. Al no asignar un valor económico al uso del agostadero ni definir claramente derechos de propiedad, se tiende a sobreexplotar este recurso, lo que conduce a la tragedia de los comunes. El objetivo de esta investigación consistió en cuantificar el aporte económico que hace el agostadero a la economía de los caprinocultores. Se analizaron dos ejidos de San Luis Potosí, México, siendo el criterio diferenciador el tipo de tenencia de la tierra: agostaderos comunales versus agostaderos parcelados. Se realizó un análisis económico para determinar los principales indicadores de los ejidos mediante la metodología de Paneles de Productores. Para estimar el forraje que aporta el agostadero a los sistemas de producción ganadero se utilizó el Sistema de Cuentas Agroforestales y el Método del Valor Residual. Esto permitió estimar el ingreso ambiental o valor económico del forraje. El ingreso ambiental para el ejido con agostaderos comunales se estimó en \$142,132.45, para el ejido con agostaderos parcelados fue de \$159,092.00. El ejido con un tipo de tenencia de la tierra de uso privado obtuvo mayores beneficios económicos que el gestionado de manera comunal. Al estimar el ingreso económico que se obtiene del uso de un recurso natural, es posible generar conciencia sobre la conservación del mismo.

Palabras clave: costos, unidades forrajeras, ejido, rentabilidad

ABSTRACT

Rangelands have been the foundation of extensive livestock farming in areas with few productive alternatives. However, these environments show a high degree of degradation, largely attributed to the fact that forage grazed from the rangelands lacks economic value for producers. By not assigning an economic value to the use of the rangeland or clearly defining property rights, this resource tends to be overexploited, leading to the tragedy of the commons. The objective of this research was to quantify the economic contribution of rangelands to the economy of goat ranchers. Two ejidos in San Luis Potosí, Mexico, were analyzed, with the differentiating criterion being the type of land tenure: communal rangelands versus parceled rangelands. An economic analysis was conducted to determine the main indicators of the ejidos using the Producer Panels methodology. The Agroforestry Accounts System and the Residual Value Method were used to estimate the forage

contribution of the rangelands to livestock production systems. This allowed for the estimation of the environmental income or economic value of the forage. The environmental income for the ejido with communal rangelands was estimated at \$142,132.45, while for the ejido with parceled rangelands it was \$159,092.00. The ejido with private land tenure obtained greater economic benefits than the one managed communally. By estimating the economic income derived from the use of a natural resource, it is possible to raise awareness about its conservation.

Keywords: costs, forage units, ejido, profitability

INTRODUCCIÓN

Los agostaderos son un recurso natural renovable que sustenta a la ganadería como la principal actividad económica en áreas con limitadas opciones productivas. En México, más del 50% del territorio está conformado por agostaderos (103 millones de hectáreas) y más de la mitad de estos son gestionados por ejidos (Morett-Sánchez & Cosío Ruiz, 2017). Los agostaderos suelen exhibir un marcado deterioro atribuido al sobrepastoreo. Este fenómeno se vincula principalmente con el tipo de tenencia de la tierra, ya que los agostaderos comunales tienden a mostrar un nivel más alto de deterioro en comparación con aquellos gestionados de manera privada (Barrera-Perales et al., 2021). El objetivo del trabajo fue estimar los beneficios económicos que aporta el forraje pastoreado por la cría de cabras de forma extensiva en dos ejidos. La hipótesis de esta investigación sugiere que los agostaderos gestionados de forma privada otorgan mayores beneficios económicos respecto a los agostaderos gestionados comunally. La originalidad de esta investigación consiste en ser la primera en estimar a partir de datos reales, el valor económico y la cantidad de forraje pasado en explotaciones caprinas en los agostaderos de San Luis Potosí, México. Cabe destacar, que el forraje pasado en los agostaderos es un recurso natural que no es cuantificado en los análisis económicos convencionales a pesar de ser el agostadero la principal fuente de alimentación en los sistemas ganaderos extensivos. El valor del forraje de los agostaderos permite realizar análisis económicos más precisos de las explotaciones pecuarias. Con base en estas estimaciones, es posible comparar el valor de los recursos forrajeros en diferentes unidades de producción y por lo tanto, mejorar su gestión (Bartlett, Torell, Rimbey, Tassell, & Daniel, 2002).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en los ejidos Tanque de Dolores (ETD) y El Castañón (EEC) del municipio de Catorce, San Luis Potosí, México. ETD posee 15 mil hectáreas de agostaderos comunales y EEC cuenta con 13 mil hectáreas de agostaderos privados. La colecta de datos se realizó en octubre y noviembre de 2023. Los datos corresponden al promedio de precios del año 2023 y a un periodo de producción de un año. La recopilación y análisis de información para estimar costos de producción se realizó mediante la metodología de paneles de productores (Salas et al., 2013). La estimación del valor económico de los agostaderos se realizó mediante el Sistema de Cuentas Económicas Agroforestales y el Método del Valor Residual (Campos et al., 2016). Dado que el forraje que los animales pastan en el agostadero no es observable, y por lo tanto no cuantificable, el costo de la alimentación se estimó indirectamente por medio de las unidades forrajeras (UF) consumidas en un año. El consumo del forraje en el agostadero por el ganado es la diferencia entre las Unidades Forrajeras

Pastoreadas (UFP) y las Unidades Forrajeras Suplementadas (UFS). Una Unidad Forrajera (UF) representa la energía contenida en un kilogramo de cebada con 14.1% de humedad y un aporte de 2,723 kcal de energía metabólica. Los requerimientos de energía para cada animal se estimaron con base en la metodología propuesta por Elizondo, (2002) y el INRA (1978). Con la información recopilada de los paneles de productores, se definió la estructura y el tamaño de un rebaño funcional de acuerdo a las características de los ejidos.

Las unidades forrajeras totales (UFt) se estimaron a partir de las necesidades energéticas anuales de las cabras utilizando la ecuación:

$$UFt \sum ijkl = MRC_{ijkl} * 365 UF * N_{ijkl}$$

Donde:

MRC = representa la cantidad de requerimientos energéticos (expresada en Kcal por día) de un animal de acuerdo con su estado fisiológico (i: cabras en producción; j: reemplazos; k; cabritas y l: sementales) para cada URP.

365 = es la duración del año (en días)

UF = unidad forrajera equivalente a 2,723 Kcal

N_{ijkl} = número de animales (i: cabras en producción; j: reemplazos; k cabras más jóvenes y l: sementales)

Las contribuciones económicas de la naturaleza o ingreso ambiental es el valor económico que aporta el agostadero a través de las UFP a un precio de \$3.50 por UF o kg de cebada estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ETD las explotaciones cuentan en promedio con 100 cabras en producción (vientres) mientras que en EEC cuenta con 125 vientres. En el EEC se estimó una mayor disponibilidad de UFP. En ETD las UFP son menores que en EEC por lo que es necesario proporcionar más suplemento al ganado (UFS) para evitar pérdidas por muerte en época de estiaje (Cuadro 1).

Cuadro 1. Unidades forrajeras consumidas por el ganado caprino.

Ejido	UFT	UFS	UFP	UFP/ha	UFP/\$MXN
Tanque de Dolores (ETD)	42,910	15,258	42,758	2.85	149,632
El Castañón (EEC)	55,559	10,339	55,455	4.26	194,092

Kg/supl: kilogramos de suplemento suministrado en base húmeda; UFT: Unidades forrajeras totales; UFS: Unidades forrajeras suplementadas; UFP: Unidades forrajeras pastoreadas.

Los mayores ingresos ambientales derivados de las UFP en el agostadero se registraron en el EEC, a pesar de tener una menor superficie de pastoreo y rebaños más grandes (125 cabras) por productor (ver Cuadro 2). Se ha observado que cuando los ganaderos tienen certeza en el derecho de propiedad de las tierras de pastoreo junto con la implementación de barreras físicas (cercas), se puede promover una mayor disponibilidad de recursos forrajeros porque estas áreas están limitadas a otros usuarios (Mosalagae & Mogotsi, 2013).

Cuadro 2. Comparación de costos e ingresos ambientales entre ejidos (MXN).

Concepto	Tanque de Dolores (ETD)		El Castañón (EEC)	
	UFP	Ganadería	UFP	Ganadería
1. Producción total	149,632.00	149,989.94	194,092.00	222,219.36
2. Costos totales	7,500.00-	60,937.67	35,000.00	95,064.52
2.1.1 Materias primas	-	39,510.00	-	46,303.72
2.1.1.1 Materias primas propias	-	10,300.00	-	13,959.99
2.1.1.2 Materias primas externas	-	29,210.00	-	32,343.73
2.1.2 Mantenimiento agostaderos	7,500.00-	21,426.67	35,000.00	27,160.66
2.1.2.1 Servicios propios	-	16,391.67	-	21,866.09
2.1.2.2 Servicios externos	-	5,035.00	-	5,294.75
2.2 Mano de obra	-	71,241.82	-	1,260.50
3. Ingresos totales ganadería		89,052.27		127,154.84
4. Ingreso ambiental	142,132.45		159,092.00	

Fuente: elaboración propia con datos de campo

CONCLUSIONES

El ingreso económico proveniente de los agostaderos privados supera al proporcionado por los agostaderos comunales. La gestión privada de los agostaderos genera incentivos para la conservación, un manejo sostenible y el desarrollo de mercados para el pastoreo del ganado. La renta de capital solo existe cuando los derechos de propiedad de un agostadero permiten el uso de otro usuario que no sea el propietario mediante el pago de una tarifa para aprovecharlo. Cabe destacar que además de contar con certeza legal sobre la propiedad de la tenencia de la tierra esta debe estar acompañada con asistencia técnica, créditos, seguros y comercialización. Al estimar el ingreso económico que se obtiene del uso de un recurso natural, es posible generar conciencia sobre la conservación del mismo al saber lo que no se podría obtener en caso de deteriorarlo.

LITERATURA CITADA

- Barrera-Perales, O. T., Sagarnaga-Villegas, L. M., Tudela-Mamani, J. W., Salas-González, J. M., Moreno-Islas, A., & Leos-Rodríguez, J. A. (2021). Economic valuation of rangelands in the north of Mexico: A study for its conservation. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 19(3), 13. <https://doi.org/10.5424/sjar/2021193-17041>
- Campos, P., Ovando, P., Mesa, B., & Oviedo, J. L. (2016). Environmental income of livestock grazing on privately-owned silvopastoral farms in Andalusia, Spain. *Land Degradation and Development*, 29(2), 250–261. <https://doi.org/10.1002/ldr.2529>
- Morett-Sánchez, J. C., & Cosío Ruiz, C. (2017). Outlook of Ejidos and Agrarian Communities in Mexico. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 14(1), 171.
- Mosalagae, D., & Mogotsi, K. (2013). Caught in a sandstorm: an assessment of pressures on communal pastoral livelihoods in the Kalahari Desert of Botswana. *Pastoralism*, 3(1), 1–20. <https://doi.org/10.1186/2041-7136-3-18>
- Salas G., J., Sagarnaga, V. M., Gómez, G. G., Leos, R. J., & Peña, J. S. (2013). Unidades Representativas de Producción de Cereales. Panorama Económico 2009-2014. Estado De Guanajuato. *Revista Mexicana de Administración Agropecuaria A.C.*, XIII (33), 483–494.

**POBLACIÓN Y DASOMETRÍA DE SOTOL (*Dasyliirion* spp.) EN EL PREDIO
EXPERIMENTAL APANTITA**
**POPULATION AND DASOMETRY OF SOTOL (*Dasyliirion* spp.) IN THE
APANTITA EXPERIMENTAL FARM**

Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán¹, Carlos Jesús Beltrán-Silva¹, Amaury Esquivel-Romo¹, Jorge Arturo Bustamante-Andrade¹, Apolinar González-Mancilla¹, 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

Actualmente la producción y comercialización de bebidas destiladas de Sotol se realiza de manera industrial, lo que implica la necesidad de materia prima derivada exclusivamente de poblaciones naturales, lo que ha provocado una disminución de las poblaciones de *Dasyliirion* en el estado. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la población y dasometría de sotol (*Dasyliirion* spp.) en el predio experimental Apantita. Para la evaluación se diseñó un sistema de muestro sistemático, el cual consistió en seis estaciones distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal ubicado de oeste a este de forma ascendente a la pendiente del sitio, cada estación constó de 36 m². Se localizó la estación uno en un punto aleatorio y posteriormente se ubicaron las demás estaciones a 50 m de distancia entre ellas. Las variables evaluadas fueron: densidad de plantas, diámetro de copa, diámetro de tallo o piña, altura de planta, estructura poblacional y biomasa verde. Se utilizó estadística descriptiva para el análisis de los datos. Los resultados muestran un promedio de 4074 individuos por hectárea de los que 9.68% se encuentran en estado juvenil, el 22.88% en desarrollo, el 26.4% son adultos, el 10.56 se encuentran en estado senescente y el 7.92% en floración. La altura promedio fue de 0.99 m, el diámetro de tallo o piña y diámetro de copa fue de 0.25 y 1.15 m respectivamente. Se estimó un peso promedio de 14.564 Kg por individuo. Se concluye que con el sistema de muestreo implementado fue posible caracterizar la población de sotol.

Palabras clave: poblaciones naturales, disminución de las poblaciones.

ABSTRACT

Currently the production and marketing of Sotol distilled beverages is carried out industrially, which implies the need for raw material derived exclusively from natural populations, which has caused a decrease in *Dasyliirion* populations in the state, the objective of this work. was to characterize the population and dasometry of sotol (*Dasyliirion* spp.) in the Apantita experimental property. For the evaluation, a systematic sampling system was designed, which consisted of six stations distributed along an altitudinal gradient located from west to east ascending the slope of the site, each station consisted of 36 m². Station one was located at a random point and subsequently the other stations were located 50 m away from each other. The variables evaluated were: plant density, crown diameter, stem or cone diameter, plant height, population structure and green biomass. Descriptive statistics were used to analyze the data. The results show an average of 4074 individuals per hectare of which 9.68% are in the juvenile state, 22.88% in development, 26.4% are adults, 10.56 are in the senescent state and 7.92% in flowering. The average height was 0.99 m, the stem or cone diameter and

crown diameter were 0.25 and 1.15 m, respectively. An average weight of 14,564 kg per individual was estimated. It is concluded that with the implemented sampling system it was possible to characterize the sotol population.

Keywords: natural populations, population decline.

INTRODUCCIÓN

Según la CONABIO (2021) en el estado de Durango convergen cuatro ecorregiones entre las que destaca la región Árida y Semiárida que se encuentra al noreste de la entidad y está formada por las llanuras y serranías del Bolsón de Mapimí que forman parte del Desierto Chihuahuense. Desde hace varias décadas, para los habitantes de esta ecorregión, las especies de Sotol constituyen un recurso natural de gran valor, ya que, son utilizados como forraje para el ganado (Vázquez, 2021) construcción de cercos, cestería (Bogler, 1994) y la producción y comercialización de bebidas destiladas de Sotol.

En este sentido, actualmente, la producción y comercialización de bebidas destiladas de Sotol se realiza de manera industrial, en la que se utilizan las poblaciones naturales de diversas especies de plantas *Dasyllirion* para satisfacer los requerimientos de la industria (Sierra *et al.*, 2008) lo que implica la necesidad de más materia prima derivada casi exclusivamente de poblaciones naturales, lo que ha provocado una drástica disminución de las poblaciones de *Dasyllirion* en el estado (Cruz, 2002).

Teniendo en cuenta el ecosistema en el que estas especies se distribuyen (Bogler, 1998), puede considerarse como un entorno frágil ya que la disminución observada en las poblaciones de la especie Sotol en el norte de México socava la estabilidad del ecosistema y consecuentemente la estabilidad socioeconómica de la región.

Es importante mencionar que según la NOM 059 SEMARNAT-2010 el sotol se considera especie "Amenazada (A)", es decir, Aquellas que podrían llegar a encontrarse en peligro de desaparecer a corto o mediano plazo, si siguen operando los factores que inciden negativamente en su viabilidad, al ocasionar el deterioro o modificación de su hábitat o disminuir directamente el tamaño de sus poblaciones (CONABIO, 2016).

En este sentido, se deben identificar áreas potenciales como banco de germoplasma para la preservación de la especie en la región, además de evaluar la estructura en la que se encuentra la población natural en estos sitios, así como también su dasometría para determinar la vulnerabilidad de la especie y así poder establecer la normatividad adecuada para un aprovechamiento comercial sostenible (Encina-Domínguez *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo fue caracterizar la población y dasometría de sotol (*Dasyllirion* spp.) en el predio experimental Apantita.

MATERIALES Y MÉTODOS

El predio experimental Apantita, propiedad de la Facultad de Agricultura y Zootecnia se localiza al noreste del Estado de Durango en el municipio de San Pedro del Gallo con coordenadas de 25°42' latitud norte y 104° 18" longitud oeste, con altitud de 1700 msnm aproximadamente, con una superficie de 371 ha. El clima es seco templado con lluvias en verano, precipitación anual de 380 a 760 mm. Solo cuenta con corrientes de agua intermitentes con bajo caudal. El suelo es de tipo regosol en la mayoría de su área, litosol y xerosol. La vegetación es matorral desértico micrófilo en cual destacan especies de hoja pequeña como *Mimosa biuncifera* y *Acacia constricta* (Rzedowski, 2006).

Para la evaluación se diseñó un sistema de muestro sistemático, el cual consistió en seis estaciones distribuidas a lo largo de un gradiente altitudinal ubicado de oeste a este de forma ascendente a la pendiente del sitio, cada estación constó de 36 m². Se localizó la estación uno en un punto aleatorio y posteriormente se ubicaron las otras estaciones a 50 m de distancia entre sí.

Las variables evaluadas fueron: densidad de plantas; se contabilizaron todos los individuos de sotol presentes dentro de cada una de las estaciones, diámetro de copa; se midió en la parte superior de la copa o corona con cinta métrica con aproximación al cm; se obtuvo el promedio de dos medidas perpendiculares, diámetro de tallo o piña; medido en el eje central transversal (parte más ancha de la piña) a los 30 cm del suelo aproximadamente o donde las hojas comienzan a doblarse hacia abajo. La herramienta utilizada fue una forcípula de madera con aproximación al cm., altura de planta; medida con cinta métrica con aproximación al cm, desde la base de la planta hasta la parte alta de la corona, estructura poblacional; para determinar el estado en que se encuentra la población de sotol, se inventariaron un total de 88 plantas y se agruparon en diferentes etapas fenológicas: juvenil, en desarrollo, adulto, en inflorescencia y senil, biomasa verde; se utilizó la metodología de Cano *et al.* (2005) para estimar la biomasa verde promedio por individuo con la utilización de la Cuadro de producción para sotol. El análisis de las variables se realizó mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se hizo el conteo de plantas dentro de cada sitio experimental incluyendo todos los individuos independientemente de su desarrollo fenológico. Se observa variabilidad en cuanto a la densidad por sitio evaluado, los registros varían desde 5 a 21 sotoles por unidad de muestreo, en promedio se estimaron 4,074 individuos por hectárea con valores que van desde 1389 hasta 5833 (Cuadro 1). Datos superiores a los reportados por Bañuelos (2017) cuyas cifras oscilan en 331.034 ± 127.47 individuos por hectárea en un estudio de distribución potencial y abundancia del sotol en el norte de Zacatecas, así mismo, Ornelas (2004) reportó valores que van de 56 a 976 plantas en un inventario de las poblaciones de sotol en diferentes regiones del estado de Coahuila. Cabe mencionar que el predio experimental Apantita es una reserva natural de flora y fauna silvestre libre de actividades antropogénicas desde el año 1980 lo que pudo haber influido en las altas densidades de plantas de sotol, ya que, no existe explotación que disminuya o ponga en riesgo la población, sin embargo, se sugiere replicar el estudio con otras metodologías para determinar esta variable con la finalidad de confirmar los datos obtenidos en este estudio, y por consecuencia, observar el impacto ocasionado por las actividades humanas y del pastoreo en poblaciones naturales no protegidas.

La altura de planta en promedio fue 0.99 metros, valor que está por debajo a lo reportado por Bañuelos (2017) en cuyo experimentó en el estado de Zacatecas, clasificó la altura de los sotoles en diferentes categorías, el 67% del total se encontró en la clasificación de individuos pequeños que van de 1.10 a 1.29 m de altura. Así mismo Pinales-Quero *et al.*, (2017) reportaron alturas de 1.5 m. El valor que se obtuvo en este estudio es considerado como talla muy pequeña (Bañuelos, 2017), sin embargo, es importante mencionar que en este trabajo no se clasificaron las plantas por tamaños, es decir, se midieron todos los individuos y se determinó el promedio incluyendo plantas pequeñas y grandes, lo que pudo ocasionar dicho resultado. Los valores mínimos y máximos fueron 0.76 y 1.37 m. respectivamente.

Cuadro 1. Población y medidas dasométricas de Sotol (*Dasyliirion* spp.) en diferentes sitios del predio experimental Apantita, en el municipio de San Pedro del Gallo, Dgo.

Sitio	Densidad (individuos/36m ²)	Densidad (individuos/ha)	Altura de planta (m)	Diámetro de piña (m)	Diámetro de copa (m)	Peso (Kg)
1	19	5278	0.86	0.12	1.04	2.264
2	21	5833	0.95	0.27	1.08	14.564
3	11	3056	0.82	0.21	1.1	7.855
4	5	1389	0.76	0.34	0.89	22.392
5	18	5000	1.37	0.37	1.5	25.747
6	14	3889	1.24	0.25	1.3	12.328
Promedio		4074	14.7	0.25	1.15	14.564

En estructura la categoría de individuos adultos fue la que resulto con mayor porcentaje 26.4, esta etapa indicando una población en plenitud desde el punto de vista reproductivo, seguido de individuos en desarrollo 22.88%, en menor porcentaje individuos seniles 10.56%, en cuanto a plantas con inflorescencia se encontró bajo porcentaje 7.92, debido en parte a que, la época de floración se presenta en los meses de marzo y abril con maduración de la semilla en el mes de junio (Benavides-Mendoza *et al.*, 2023) y la fecha de muestreo se realizó en el mes de diciembre. Por otro lado, también se reportó bajo porcentaje de individuos juveniles 9.68, probablemente debido al bajo porcentaje de germinación de semillas en condiciones naturales y al periodo de sequía prolongado presentado en el área de estudio (Figura 1).

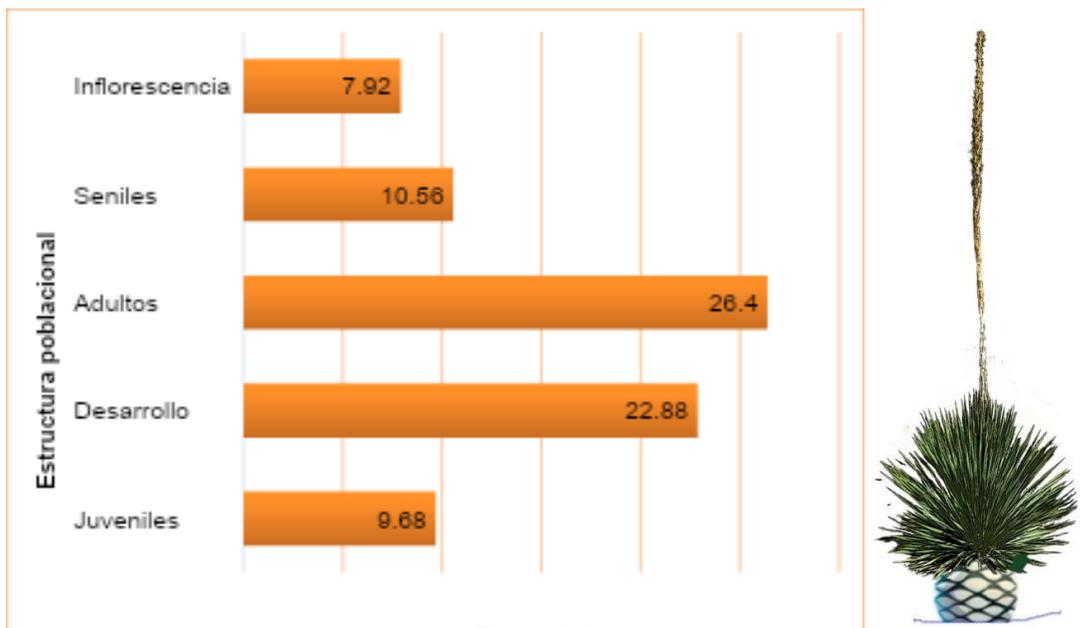


Figura 1. Estructura poblacional de sotol (*Dasyliirion* spp.) en el predio experimental Apantita, en el municipio de San Pedro del Gallo, Dgo.

El valor promedio obtenido en la variable diámetro de tallo o piña fue de 0.25 m, con valor mínimo y máximo de 0.12 y 0.37 m respectivamente (Cuadro 1). Los resultados obtenidos por Ornelas, (2004) se encuentran dentro del rango del presente estudio con cifras que van desde 0.12 a 0.35 m en un trabajo realizado en diferentes localidades del estado de Coahuila. El diámetro de tallo o piña es considerado una de las variables más importantes desde el punto de vista de producción, de acuerdo con Cano *et al.*, (2005) y Velasco *et al.*, (2009) mencionan que esta variable puede predecir adecuadamente el peso de la piña (tallo).

En cuanto al diámetro de copa, el promedio fue de 1.15 m (Cuadro 1). Resultado similar al reportado por Martin *et al.*, (2022), en el que mencionan un diámetro promedio de 1.2 m en un estudio realizado en el norte de México.

Se observó que, de acuerdo con el diámetro de tallo o piña obtenido en este estudio, el cual fue 0.25 m; el peso promedio por individuo para los diferentes sitios analizados corresponde a 14.564 Kg, con valores que oscilan entre 2.264 y 25.747 Kg mínimo y máximo respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados están por debajo a los reportados por Cano *et al.*, (2011) con 26.865 Kg de biomasa por planta, sin embargo, cabe mencionar que el tamaño en las plantas puede variar dependiendo de diferentes circunstancias como la estructura poblacional, es decir, en qué estado se encuentran los individuos en la población natural, en este estudio solo el 34% de los individuos se encuentran en estado adulto y el resto se encuentran en los estados juvenil, desarrollo y senescente lo que pudo ocasionar este efecto. Se aprecia también una variabilidad importante en cada uno de los sitios particulares.

Estos valores son simples estimaciones derivada de un estudio de *Dasyllirion cedrosanum*, por lo cual es necesario corroborar dicha información determinando Cuadros de producción particulares de la especie aún sin identificar del predio Apantita FAZ-UJED.

CONCLUSIÓN

A través del sistema de muestreo implementado en este estudio fue posible caracterizar la población de sotol. Los resultados muestran un promedio de 4074 individuos por hectárea de los que 9.68% se encuentran en estado juvenil, el 22.88% en desarrollo, el 26.4% son adultos, el 10.56 se encuentran en estado senescente y el 7.92% en floración. La altura promedio fue de 0.99 m. El diámetro de tallo o piña y diámetro de copa fue de 0.25 y 1.15 m respectivamente. Se estimó un peso promedio de 14.564 Kg por individuo.

Se sugiere hacer una identificación taxonómica para determinar la especie de *Dasyllirion* con la que se está trabajando en el predio experimental, además de la utilización de un sistema de muestreo sistemático para garantizar la exploración en todo el sitio; el uso de fotografías satelitales o tomadas con dron serían una buena opción de tal forma que la cobertura y el área de muestreo aumente sustancialmente.

LITERATURA CITADA

- Bañuelos J. E. 2017. Distribución y abundancia de tres especies forestales no maderables en el norte de Zacatecas, México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. San Luis Potosí.
- Benavides-Mendoza A.; A. Hernández-Juárez.; N. Francisco-Francisco. 2023. Germinación, crecimiento vegetativo y morfología floral de *Dasyllirion cedrosanum* del matorral rosetófilo de Coahuila. *Biotecnología y Ciencias Agropecuarias*. 18(1): 191-201.
- Bogler, D. J. 1994. Taxonomía y filogenia de *Dasyllirion* (Nolinaceae). Doctor. Tesis, Universidad de Texas en Austin, Austin, TX, EE. UU., 583p. [[Google Académico](#)]

- Cano P. A, Berlanga R. C. A, Castillo Q. D, Martínez B. O. U, Zárata L. A. (2005) Análisis dimensional y Cuadros de producción de sotol (*Dasylyrion cedrosanum* Trel.) para el estado de Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional Noreste (INIFAP-CIRNE). Folleto Técnico Núm. 18. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, México. 29p.
- Cano P. A, Martínez B. O. U, Berlanga R. C. A, Villavicencio G. E. E, Castillo Q. D. 2011. Guía para la evaluación de existencias de sotol (*Dasylyrion cedrosanum* Trel.) en poblaciones naturales del estado de Coahuila. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias - Centro de Investigación Regional Noreste (INIFAP-CIRNE). Folleto Técnico Núm. 43. Campo Experimental Saltillo. Coahuila, México. 24p.
- CONABIO, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2016. Enciclovida. Sotol verde, *Dasylyrion acrotrichum* <https://enciclovida.mx/especies/157030-dasylyrion-acrotrichum>
- Cruz, R. J. 2002. Micropropagación del Sotol (*Dasylyrion leiophyllum* Engelm. Ex Trelase): Paso de *in vitro* a *in vivo*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chihuahua; Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Delicias, Chihuahua, México; 51p. [[Google Académico](#)]
- Encina-Domínguez, J. A., Meave, J. A., and Zárata-Lupercio, A. (2013). Structure and woody species diversity of the *Dasylyrion cedrosanum* (Nolinaceae) rosette scrub of central and southern Coahuila State, Mexico. *Botanical Sciences*. 91(3): 335-347.
- Ornelas P. 2004. Monografía del sotol *Dasylyrion* spp. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Pinales-Quero, I., González-Vázquez, V. M., Castillo- Reyes, F., Aguilar, C. N., Reyes-Valdés, M. H., and Rodríguez-Herrera, R. (2017). Genetic diversity of sotol (*Dasylyrion cedrosanum* Trel.) at different elevations. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4(11): 201-211.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. ed. digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 255 pp
- Sierra, T. J. S; Lara, M. C. R; Carrillo, R. R; Mendoza, California; Morales, N. C. R; Royo, M. M. H. 2008. *Los Sotoles (Dasylyrion spp.) de Chihuahua*; Folleto Técnico Núm. 20; INIFAP-CIRNOC-Sitio Experimental La Campana-Madera: Chihuahua, México, [[Google Scholar](#)]
- Vázquez, Q. S. 2001; Combinación y Concentración de Reguladores de Crecimiento para el Enraizamiento de Sotol (*Dasylyrion leiophyllum* Engelm. Ex. Trelase) *in vitro*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Delicias, Chihuahua, México, 51p. [[Google Académico](#)]
- Velasco B. E, Zamora M. M. C, Espinosa H. P, Sampayo C. B, Moreno F. S. 2009. Modelos predictivos para la producción de productos forestales no maderables: Agaves mezcaleros. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias. Manual Técnico Núm. 3. México. 60p.

VALORACIÓN DEL GRADO DE SUSTENTABILIDAD DE TRES RANCHOS GANADEROS EN TABASCO, MÉXICO ASSESSMENT OF THE DEGREE OF SUSTAINABILITY OF THREE LIVESTOCK RANCHES IN TABASCO, MEXICO

Eduardo Daniel Bolaños Aguilar^{1*}, Laura Giraldo López², José Pérez Mayo².

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

Actualmente se tiene el desafío de producir más, dada la creciente población, pero con menos recursos disponibles, sin contaminar el medio ambiente y de manera sustentable; *i.e.*, a largo plazo. La protección del medio ambiente o la aplicación de principios agroecológicos, además del empleo de técnicas para una reproducción animal eficiente, son una alternativa para alcanzar la sustentabilidad en los sistemas de producción pecuaria, de carne y leche, en pastoreo. El objetivo del presente estudio fue evaluar y comparar el grado de sustentabilidad de tres ranchos ganaderos, dos de carne bajo el sistema vaca-cría, y uno de doble propósito, carne y leche. El rancho *La Isla*, rancho de doble propósito, presentó el mayor grado de sustentabilidad, caracterizado este rancho por el dominio de los principios agroecológicos y por la autonomía en la adquisición de productos alimenticios al producir sus propios alimentos. El rancho KARIGA, a pesar del dominio de la reproducción animal, la falta de dominio de los principios agroecológicos y la relativa baja producción de carne/ha, no lo hace un sistema sustentable. Finalmente, el rancho El Brasil, presentó valores bajos en la mayoría de los indicadores evaluados, convirtiéndose esta explotación en un sistema no sustentable y de baja rentabilidad. En el presente estudio, se presentó una herramienta sencilla para saber si el ganadero aplica los principios de sostenibilidad en su rancho, estos principios consideran al medio ambiente, a la eficiencia productiva y a la rentabilidad.

Palabras clave: Agroecología, sustentabilidad, rentabilidad, reproducción animal

ABSTRACT

Currently we have the challenge of producing more, given the growing population, but with fewer available resources, without contaminating the environment and in a sustainable way, *i.e.*, in the long term. The protection of the environment or the application of agroecological principles, in addition to the use of techniques for efficient animal reproduction, are an alternative to achieve sustainability in livestock, meat and milk, grazing production systems. The objective of this study was to evaluate and compare the degree of sustainability of three livestock ranches, two beef ranches under the cow-breeding system, and one dual-purpose ranch, meat and milk. The La Isla ranch, a dual-purpose ranch, presented the highest degree of sustainability, characterized by the mastery of agroecological principles and by autonomy in the acquisition of food products by producing its own food. The KARIGA ranch, despite the mastery of animal reproduction, the lack of mastery of agroecological principles and the relative low production of meat/ha, does not make it a sustainable system. Finally, the El Brasil ranch presented low values in most of the evaluated indicators, making this

exploitation an unsustainable and low-profitability system. In the present study, a simple tool was presented to know if the rancher applies the principles of sustainability on his ranch, these principles consider the environment, productive efficiency and profitability.

Keywords: Agroecology, sustainability, profitability, animal reproduction.

INTRODUCCIÓN

La sustentabilidad de los sistemas de producción ganaderos depende del nivel de producción, del respeto al medio ambiente y de la rentabilidad, la cual está relacionada con los costos en la compra de insumos, o de la dependencia externa (Cusworth *et al.*, 2022). Los sistemas de producción bovina en el trópico, con frecuencia son poco rentables (Ojeda *et al.*, 2021), y al desarrollarse en un ambiente no respetuoso de los principios agroecológicos, se convierten también en un sistema no sostenible. Por ello, en ganadería, debe alcanzarse la máxima protección del ambiente y la mayor eficiencia en producción de becerros, y/o leche, para lograr rentabilidad. 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 (Adegbeye *et al.*, 2020). 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, o biocenosis, y en el mejoramiento físico y químico del suelo (Pinheiro, 2023). Para mitigar la baja rentabilidad de la ganadería, la reproducción animal debe ser eficiente; *i.e.*, acortar la edad al primer parto y el intervalo entre partos, y disminuir la mortandad de las crías. Para lograr lo anterior, la agrupación de partos ayuda a potencializar la eficiencia reproductiva y mejora la detección de vacas improproductivas, entre otras actividades (Bolaños, 2020). Finalmente, la rentabilidad dependerá de la producción de carne/ha, lo cual es producto del manejo de las actividades mencionadas, y de la autonomía del rancho en la adquisición de insumos alimenticios para el ganado. Con la gráfica de Ameba o de telaraña, se pueden representar los tres factores que influyen en la sustentabilidad de un sistema de producción ganadero; producción, ambiente y economía (Nicholls *et al.*, 2004). El objetivo fue conocer el nivel de sustentabilidad de tres unidades de producción a través de una herramienta sencilla que involucra aspectos ambientales, económicos y productivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres ranchos del municipio de Huimanguillo, en el estado de Tabasco, México. El clima es cálido húmedo con lluvias en verano, precipitaciones de 2,211 mm anuales y temperatura promedio de 29°C, siendo enero el mes más frío con 22°C en promedio. Los ranchos *K.A.R.I.G.A.* y *El Brasil* presentan suelos de baja fertilidad, delgados y con pH de 4.7 a 5.0. El rancho *La Isla* de suelo fértil, profundo y pH de 6. La metodología empleada para identificar el grado de sustentabilidad de los ranchos; *i.e.*, si se ajustaban a los principios agroecológicos, eficiencia reproductiva y rentabilidad, constó de dos etapas. La primera etapa fue una encuesta de evaluación con quince indicadores de los principios de sustentabilidad del sistema. De estos quince indicadores, seis correspondían al aspecto ambiental (cercos vivos, corredores de conectividad, protección de fuentes de agua, 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 (autonomía alimenticia, ingresos). Los indicadores se evaluaron y clasificaron individualmente asignándoles un valor entre 1 y 4 (1= desempeño más bajo, 4= desempeño más alto). La calificación de cada indicador fue en base a la respuesta del ganadero, y corroborada con recorridos de campo. En la segunda etapa se analizaron los resultados de los indicadores, para definir el grado de sustentabilidad del rancho, utilizando la gráfica de Ameba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta aplicada en los tres ranchos para determinar el grado en que los ganaderos aplicaban los principios agroecológicos y de productividad (estrechamente relacionada con la reproducción animal) se plasman en la Figura 1. Los resultados se presentan por cada una de las tres áreas; ambiental, producción y económico.

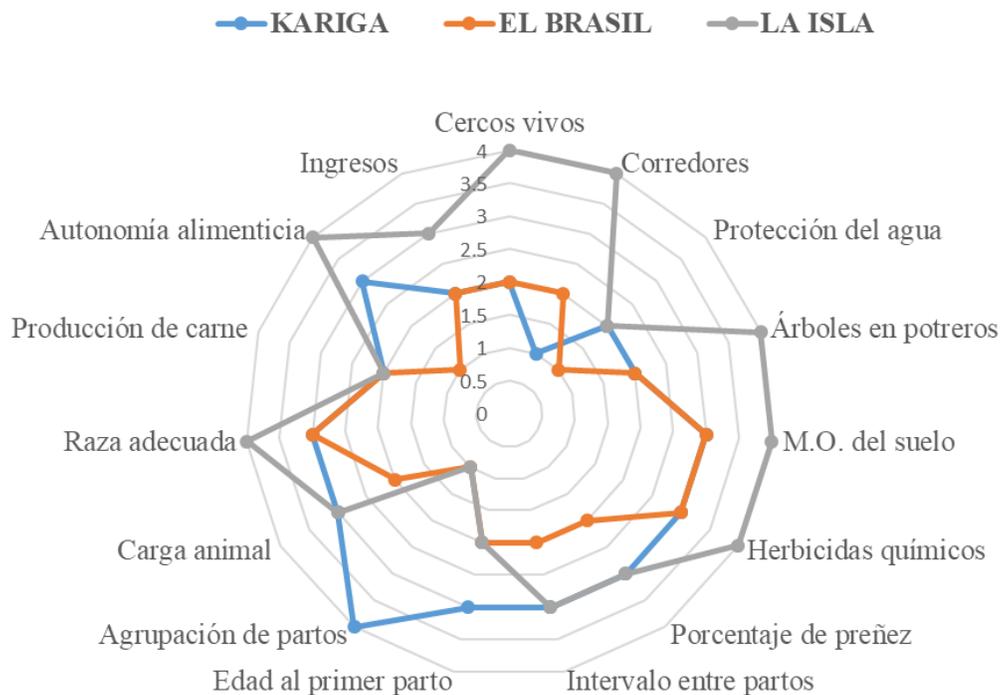


Figura 1. Evaluación de indicadores agroecológicos de tres ranchos del municipio de Huimanguillo, Tabasco, México. Ranchos 1 y 2: Productores de carne bajo el sistema vaca-cría en suelos ácidos de baja fertilidad. Rancho 3: Rancho productor de carne y leche bajo el sistema de doble propósito en suelo fértil de vega de río.

En lo ambiental, el rancho *La Isla* fue el mejor evaluado por presentar una alta cobertura vegetal y arbórea, que, además de contribuir a los principios agroecológicos, proporciona bienestar animal, y en consecuencia, productividad animal. Esto indica reciclaje de biomasa, biodiversidad, mejoramiento del suelo, y disminución de la pérdida de agua por evaporación,

gracias a la alta cobertura vegetal, así como mejoramiento de las interacciones biológicas. Lo anterior se debe a que este rancho registró cinco de seis indicadores ambientales con valores máximos de 4. El indicador con menor valor fue protección del agua, lo cual es una actividad que no está en la mente de los ganaderos, cuando se tiene agua suficiente para que beba el ganado, sin pensar que, por falta de protección, se puede llevar a un deterioro de las orillas del abrevadero, y a la pérdida de agua. Los ranchos *K.A.R.I.G.A.* y *El Brasil*, registraron el menor potencial de sustentabilidad en el área ambiental por presentar solo dos indicadores (bajo uso de herbicidas químicos y alta materia orgánica del suelo) con valores iguales o superiores a 3. Registraron muy bajos valores en los indicadores de cercos vivos y corredores de conectividad. La protección de fuentes de agua solo se presenta en el rancho *K.A.R.I.G.A.* En el **área de producción**, los ranchos *K.A.R.I.G.A.* y *El Brasil*, son productores de carne en el sistema vaca-cría, y el producto final comercializable es el becerro. El rancho *La Isla* es productor de carne y leche en el sistema de doble propósito. Independientemente del producto final de ambos sistemas de producción, la productividad dependerá del dominio de la reproducción y de la carga animal que puedan alcanzar en las praderas. La mayor eficiencia reproductiva observada (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 *K.A.R.I.G.A.* y *La Isla*, salvo que en éste último la primera edad al parto es superior a 36 meses. Los indicadores con valores relativamente bajos en estos dos ranchos fueron porcentaje de preñez (50-70%) y producción de carne (200 kg/ha/año). Además, *La Isla* registró el valor de 1 en agrupación de partos, por no realizarse. Esto se debe a que es un sistema de doble propósito, y en nuestro país se busca producir leche durante todo el año, sin períodos de descanso como los hacen algunos países desarrollados. El primer paso para el dominio de un sistema de producción ganadero, es evitar la conducción desordenada de la reproducción; para ello, una alternativa de orden es la agrupación de partos (Bolaños, 2020). El rancho *El Brasil* registró un bajo potencial de sustentabilidad, por registrar solo tres indicadores (raza adecuada, no uso de herbicidas y alta M.O.) con valores de 3, el resto de los indicadores presentaron valores de 2, y de 1 para autonomía alimenticia y protección de fuentes de agua, respectivamente. En lo **económico** o rentabilidad, solo el rancho *La Isla* registró el valor de 4 en el indicador autonomía alimenticia, y de 3 en ingresos, quedando este rancho en la posición de rentable. El rancho *K.A.R.I.G.A.*, tuvo también una importante posición en autonomía alimenticia con valor de 3, pero no en ingresos en el cual obtuvo un valor de 2. El rancho *El Brasil*, por no ser autónomo en la disposición de alimentos (concentrados, pacas, silo) por obtenerlos del exterior, registró un valor de 1 en este indicador, y de 2 en ingresos, resultando un rancho no rentable. La figura 2 muestra el valor promedio de los quince indicadores por rancho.

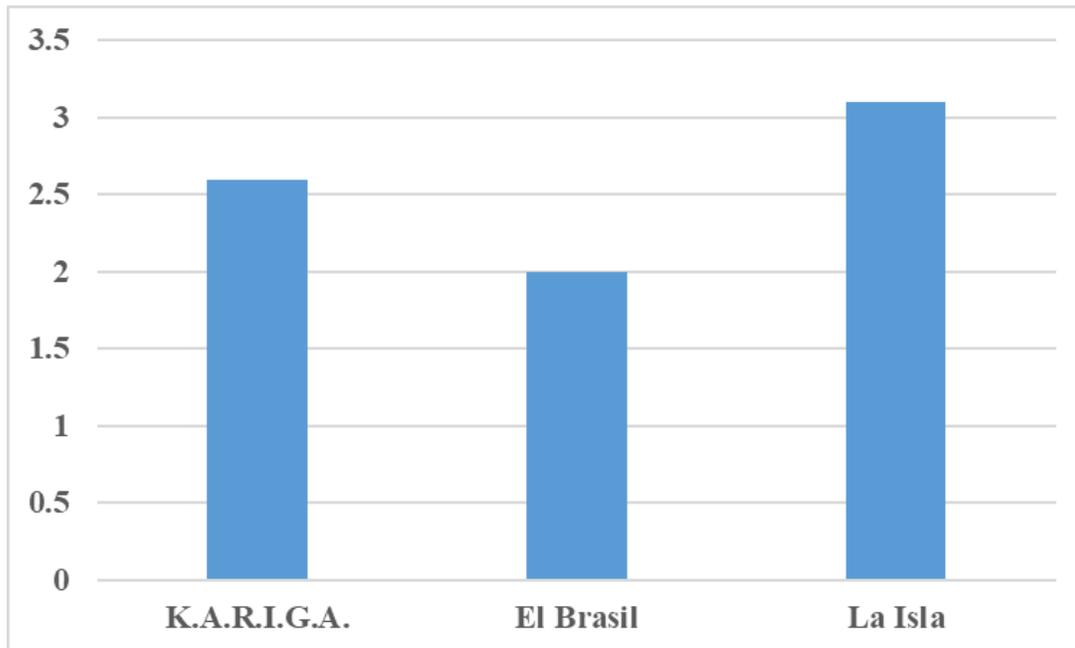


Figura 2. Valor promedio de todos los indicadores estimados en tres ranchos evaluados en el estado de Tabasco, México.

Claramente el rancho *La Isla* fue el más avanzado en la aplicación de los principios agroecológicos, en el uso de tecnologías para una mayor eficiencia reproductiva y en la carga animal; y, en consecuencia, registró un mayor valor en lo económico, seguido por los ranchos *K.A.R.I.G.A.* y *El Brasil*. El rancho *K.A.R.I.G.A.*, aun cuando en el área de reproducción quedó bien evaluado, excepto en porcentaje de preñez, lo que conllevó a una menor producción de carne/ha, no se considera un sistema de producción vaca-cría sustentable, por estar limitado en la aplicación de principios agroecológicos y por falta de autonomía en la adquisición de productos alimenticios.

CONCLUSIONES

Con el fin de evaluar el grado de sustentabilidad de tres unidades de producción se desarrolló esta herramienta sencilla, la cual puede utilizarse en cualquier sistema de producción, con diferentes especies y en cualquier región, siempre que se ajuste al entorno en donde se va a desarrollar. Las tres explotaciones ganaderas presentan diferencias en el manejo sostenible, por lo que la rentabilidad varió entre ellos. El rancho *La Isla* presentó mayor dominio en los principios agroecológicos y de autosuficiencia alimentaria, lo que lo hizo con mayor potencial para ser un rancho sustentable, además de los ingresos provenientes de la producción de carne y leche. El rancho *K.A.R.I.G.A.* muestra dominio en el orden reproductivo, pero no en los principios agroecológicos, por lo que lo hace poco rentable y sustentable. El rancho *El Brasil*, presentó menor grado de sustentabilidad, por tener un manejo convencional, sin relación con la protección del ambiente y del dominio reproductivo del ganado. Esta metodología permite a los productores identificar el estado productivo, económico y ecológico de su unidad de producción, conocer sus fortalezas y debilidades y orientarlos hacia la búsqueda de alternativas que mejoren las deficiencias que presenten, para lograr tener un sistema sustentable que beneficie a los animales, al medio ambiente y su economía.

LITERATURA CITADA

- Adegbeye, M. J., Ravi Kanth Reddy, P., Obaisi, A. I., Elghandour, M. M. M. Y., Oyebamiji, K. J., Salem, A. Z. M., Morakinyo-Fasipe, O. T., Cipriano-Salazar, M., & Camacho-Díaz, L. M. (2020). Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations—An overview. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118319>
- 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
- Cusworth, G., Lorimer, J., Brice, J., Garnett, T. 2022. Green rebranding: Regenerative agriculture, future-pasts, and the naturalisation of livestock. *Trans. Inst. Br. Geogr.* 47:1009–1027. DOI: 10.1111/tran.12555
- 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.
- Pinheiro M.L.C. 2023. Pastoreo racional Voisin: tecnología agroecológica para el tercer milenio. 12ª Reimpresión. Buenos Aires Argentina. 250 p. ISBN 978-950-504-576-1

EFFECTO DE UN SUPLEMENTO PELETIZADO SOBRE DEGRADABILIDAD Y FERMENTACIÓN RUMINAL DE BOVINOS EN PRADERAS IRRIGADAS EFFECT OF A PELLETIZED SUPPLEMENT ON RUMINAL DEGRADABILITY AND FERMENTATION OF BOVINE IN IRRIGATED GRASSLANDS

Diana Sofía Torres Velázquez^{1*}, Karina Araiza Ponce², Jesús Bernardo Páez Lerma³, Damián Reyes Jáquez³, Maribel Guerrero Cervantes², Gerardo Pámanes Carrasco⁴, Manuel Murillo Ortiz².

¹CONAHCYT – 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: torresofia@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Una estrategia para incrementar la eficiencia de los forrajes es la suplementación alimenticia. **Objetivo:** Evaluar el efecto de un suplemento alimenticio peletizado a base de ingredientes no convencionales en bovinos apacentados en praderas irrigadas sobre la degradabilidad de la materia seca, producción de gas y metano *in vitro*. **Materiales y Métodos:** Se utilizaron 2 toretes fistulados del rumen que permanecieron en pastoreo continuo, el periodo de adaptación a la pradera fue de 10 días, más 2 días de colecta de la dieta consumida mediante la técnica de evacuación ruminal para determinar calidad nutritiva. Se tomaron muestras de líquido ruminal para medir producción de gas, metano *in vitro* y nitrógeno amoniacal antes y después de suplementar. El suplemento peletizado se sirvió antes de iniciar el pastoreo en comederos individuales durante 15 días. Se realizó la degradabilidad ruminal *in situ* de la dieta consumida a intervalos de 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 h. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar. **Resultados:** La producción de nitrógeno amoniacal no cambió con la suplementación ($P>0.05$). La producción de metano *in vitro* disminuyó 62.8% y la producción de gas total se incrementó ($P<0.05$) con el consumo del suplemento. Sin embargo, la fracción indigestible pero potencialmente degradable “b” y la tasa de degradación “Kd” fueron afectados negativamente ($P<0.03$). **Conclusión:** El uso de un suplemento peletizado a base de fuentes alimenticias no convencionales representa una estrategia de mitigación de metano en bovinos apacentados en praderas irrigadas.

Palabras clave: huizache, bagazo de agave, metano, degradabilidad de la materia seca.

ABSTRACT

Introduction: Feed supplementation is a strategy to increase forage efficiency. **Aim:** To evaluate the effect of a pelleted feed supplement based on non-conventional ingredients in cattle grazed on irrigated pastures on dry matter degradability, gas and methane production *in vitro*. **Materials and Methods:** Two rumen fistulated bulls were used and remained on continuous grazing. The adaptation period to the pasture was 10 days, plus 2 days of collection of the consumed diet by the ruminal evacuation technique to determine nutritional quality. Rumen fluid samples were taken to measure gas production, methane *in vitro* and

ammoniacal nitrogen before and after supplementation. The pelleted supplement was served before starting grazing in individual feeders for 15 days. *In situ* ruminal degradability of the diet consumed was performed at intervals of 0, 3, 6, 12, 24, 36, 48, 72 and 96 h. A completely randomized design was used for statistical analysis. **Results:** Ammoniacal nitrogen production did not change with supplementation ($P>0.05$). *In vitro* methane production decreased 62.8% and total gas production increased ($P<0.05$) with supplement consumption. However, the indigestible but potentially degradable fraction “b” and the degradation rate “Kd” were negatively affected ($P<0.03$). **Conclusion:** The use of a pelleted supplement based on non-conventional food sources represents a methane mitigation strategy in cattle grazed on irrigated pastures.

Keywords: huizache, agave bagasse, methane, dry matter degradability.

INTRODUCCIÓN

Las fuentes de alimentación no convencionales como la flora local y residuos industriales se han propuesto como una alternativa para enfrentar la problemática actual de escasez de alimentos y contaminación ambiental asociada con la ganadería de rumiantes (Murillo *et al.*, 2019). Dentro de estas fuentes están especies de huizache (*Acacia spp.*) y los subproductos de la industria mezcalera, sustratos de bajo o nulo costo y elevada disponibilidad en el territorio nacional (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2015; Araiza Rosales *et al.* 2022).

Existe la posibilidad de mejorar la eficiencia del forraje consumido por bovinos en pastoreo y disminuir las emisiones de metano mediante el uso de concentrados y, al emplear en su elaboración ingredientes que no compitan con la alimentación humana como los ya mencionados, podrían incrementarse estas ventajas puesto que son frecuentemente ricos en metabolitos secundarios que actúan como supresores de la metanogénesis (García-Piña *et al.* 2020). Por su parte, el pelletizado permite la inclusión en las formulaciones de ingredientes diversos que incrementan la calidad nutricional y aceptabilidad por parte de los animales, facilitando también el transporte, manejo y almacenaje (Nguyen *et al.*, 2020).

Las praderas constituyen la estrategia más económica para alimentar a los rumiantes, ya que son estos los que cosechan su alimento y sus deyecciones funcionan como abono; por ello, se eliminan costos de corte, conservación y acarreo del forraje, limpieza y manejo de estiércol (Merchant y Solano, 2016). El uso de concentrados implica elevar costos por lo que pocas veces es implementada y, aunque algunos estudios han demostrado que la inclusión de pellets puede mejorar la digestibilidad y características de la fermentación ruminal, estos están limitados a animales en confinamiento y pocos evalúan el uso de pellets como suplemento para animales en pastoreo y en praderas irrigadas (Gutiérrez-León *et al.*, 2019; Kelln *et al.*, 2019; Phesatcha *et al.*, 2022).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación de bovinos apacentados en praderas irrigadas con un suplemento pelletizado a base de fuentes no convencionales, sobre los parámetros de la degradación de la materia seca *in situ* y la producción de gas y metano *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción y localización del área de estudio: El estudio se realizó en las instalaciones del campo experimental “Valle del Guadiana” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; mientras los análisis químicos y la producción de metano

in vitro se realizaron en las instalaciones de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Unidades experimentales: Se utilizaron 2 toretes fistulados del rumen de un peso aproximado a los 650 kg de peso vivo. Los animales permanecieron en pastoreo continuo dentro de praderas irrigadas de mezclas de pastos de ciclo perenne.

Elaboración de los pellets: Se preparó un concentrado peletizado ajustado a 25% de proteína cruda compuesto por: hoja de *Acacia farnesiana* 15%, hoja de *Acacia schaffneri* 5%, bagazo de *Agave duranguensis* 6%, harinolina 15%, pasta de soya 18%, granos secos de destilería 15%, maíz molido 9% y salvado de trigo 17%, el cual se ofreció 0.2 % del peso vivo de los animales.

Muestreo de las praderas irrigadas: Después de 10 días de adaptación a las praderas y durante 2 días consecutivos se tomaron muestras de la dieta consumida mediante la técnica de evacuación ruminal en la que los animales se vaciaron completamente del rumen vía cánula ruminal y se dejaron pastorear por un periodo de 45 min; las muestras obtenidas se secaron a 55°C y se molieron (malla 2 mm) posteriormente se determinó la calidad nutritiva del forraje. La composición química del pellet y de la pradera se presentan en la Cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química del pellet y de la pradera

Componente (%)	Pellet	Pradera
MS	96.33±0.033	92.23±0.033
MO	93.26±0.028	85.00±0.058
PC	25.47±0.581	23.17±0.589
EE	3.5±0.001	5.37±0.145
FDN	31.1±0.173	53.30±1.124
FDA	12.03±0.260	34.33±0.549
HEM	19.07±0.433	18.83±0.433
CEL	9.97±0.0333	26.03±0.617
LIG	1.87±0.203	3.57±0.318
CHOT	64.3±0.608	57.97±1.198
CNF	33.17±0.751	3.182±1.610

Materia seca (MS), Materia orgánica (MO), Proteína cruda (PC), Extracto etéreo (EE), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácido (FDA), Hemicelulosa (HEM), Celulosa (CEL), Lignina (LIG), Carbohidratos totales (CHOT), Carbohidratos no Fibrosos (CNF).

Variables medidas: Antes del suministro del suplemento, se obtuvo líquido ruminal que fue empleado para la determinación de gas *in vitro*, metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). A las muestras de líquido ruminal se les midió pH con un potenciómetro digital y se cuantificó nitrógeno amoniacal por espectrofotometría ultravioleta (Galyean, 2010). Para las pruebas de degradabilidad *in situ* de la materia seca, se utilizó la técnica de las bolsas de nylon (20 x 10 cm), estas se incubaron por triplicado en la porción ventral del rumen con 10 g de muestra de pradera por periodos de 0, 3, 6, 12, 18, 24, 48, 72 y 96 h. Las curvas de degradabilidad se ajustaron al modelo propuesto por Orskov y McDonald (1979).

Suministro del pellet: Por la mañana y antes de iniciar el pastoreo de los animales, se les proporcionó en comederos individuales el suplemento peletizado por 15 días. Al día siguiente

y antes de la alimentación de la mañana, se obtuvieron nuevamente muestras de líquido ruminal para el análisis gas y metano *in vitro* y nitrógeno amoniacal y se repitió el ensayo de degradabilidad *in situ*.

Análisis estadístico: Los datos fueron sometidos a una ANAVA para un diseño completamente al azar usando los procedimientos GLM del SAS (2002). La comparación de medias de tratamientos se realizó con la prueba de Tukey y las diferencias estadísticas fueron declaradas a $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El pH disminuyó, mientras que la degradabilidad de la fracción soluble (a) se incrementó después de la suplementación, esto es probablemente debido a que los animales están recibiendo una mayor cantidad de carbohidratos de fácil degradación. Por su parte, “b” y “Kd” disminuyeron indicando una menor degradabilidad de la fracción potencialmente degradable y de la tasa constante de degradación ($P < 0.03$); de manera similar, esto podría deberse a que los microorganismos del rumen, al estar siendo suplementados, tienen una mayor disponibilidad de nutrientes que están siendo aprovechados preferentemente por los microorganismos del rumen que, en consecuencia, no degradan el forraje con la misma rapidez (Nguyen *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Parámetros de degradabilidad de la materia seca *in situ* y patrones de la producción de gas *in vitro*

Variable	Antes de suplementación				Después de suplementación				P
Ph	6.85	±	0.079	a	6.13	±	0.172	b	0.0184
A	1.56	±	0.748	b	4.37	±	0.840	a	0.0468
B	50.50	±	1.051	a	30.36	±	2.084	b	0.0001
Kd	0.07	±	0.003	a	0.04	±	0.010	b	0.0279
N-NH ₃ (mM)	3.89	±	0.121	a	3.74	±	0.081	a	0.3392
ml Gas/g muestra	60.96	±	4.369	b	88.34	±	3.232	a	0.0073
ml CH ₄ /g muestra	9.06	±	0.585	a	4.96	±	0.015	b	0.0022
ml CO ₂ /g muestra	51.89	±	4.917	b	83.38	±	3.220	a	0.0059
CO ₂ /CH ₄	5.85	±	0.966	b	16.80	±	0.611	a	0.0007
%CH ₄	15.14	±	1.921	a	5.63	±	0.199	b	0.0079

Degradabilidad de la fracción soluble (a), Degradabilidad de la fracción potencialmente degradable (b), Tasa constante de degradación (Kd), Nitrógeno amoniacal (N-NH₃), metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂).

La producción de gas y CO₂ fueron significativamente mayores ($P < 0.05$) después del período de suplementación. Además, la producción de metano se vio disminuida en un 62.8%, lo que coincide con lo reportado en la literatura (Pámanes-Carrasco *et al.*, 2019; García-Piña *et al.* 2020) y podría estar relacionado, además de con un mayor contenido de proteína y de carbohidratos no fibrosos, con la presencia de compuestos fenólicos en las especies vegetales empleadas (Araiza Rosales *et al.* 2022; Torres-Velázquez *et al.*, 2024).

CONCLUSIONES

El uso de un suplemento proteico permite una disminución del metano entérico en bovinos apacentados en praderas irrigadas, por lo que su inclusión podría representar una estrategia

de mitigación de gases de efecto invernadero. Sin embargo, son necesarios estudios a mayor escala y evaluación de su efecto en el desempeño productivo del ganado.

LITERATURA CITADA

- 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.
- 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.
- Galyean, M. (2010). Laboratory procedure in animal nutrition research. Department of Animal and Life Science. New Mexico State University, USA, 188(543):1-189
- García-Piña, E. Y., Herrera-Torres, E., Murillo-Ortíz, M., Reyes-Jáquez, D., Carrete-Carreón, F. O., & Pámanes-Carrasco, G. (2020). Dietary alternatives in livestock production for mitigation of greenhouse gas emissions in Mexico: GHG mitigation in Mexico. *Agro Productividad*, 13(10).
- Gutiérrez León, F. A.; Rocha, J., Portilla, A.; Ruales, B. 2019. Efecto de la suplementación en vacas de pastoreo sobre la producción, eficiencia del uso y costo beneficio. *Siembra*. 6(1), 15-23.
- Kelln, L.; Newkirk, R.W.; Smillie, J.; Lardner, H.A.; Penner, G.B. 2019. Does pellet size affect the ability of beef heifers to consume a pelleted supplement in a simulated grazing model?. *Canadian Journal of Animal Science*. 99(4): 943-950.
- Mehrez, A. Z.; Ørskov, E. R. 1977. The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. *J. Agric. Sci. Camb*. 88: 645-650.
- Merchant-Fuentes, I.; Solano-Vergara, J. J. 2016. Las praderas, sus asociaciones y características: una revisión. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 2(1), 1-11.
- 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.
- Ørskov, E.R.; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*. 92(2):499-503.
- Pámanes-Carrasco, G.; Murillo-Ortíz, 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.
- Phesatcha, B.; Phesatcha, K.; Wanapat, M. 2022. *Mitragyna speciosa* korth leaf pellet supplementation on feed intake, nutrient digestibility, rumen fermentation, microbial protein synthesis and protozoal population in Thai native beef cattle. *Animals*. 12, 3238.
- Torres-Velázquez, D.S.; Murillo-Ortiz, M., Guerrero-Cervantes, M. 2024- Huizache Leaves and Agave Bagasse Incorporated into Granulated and Pelletized Concentrates and Their Effects on Methane Production and in vitro Fermentation Patterns in Ruminant Diets. *Indian Journal of Animal Research*. 1:7.

EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO: ANÁLISIS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EFFECT OF CLIMATE CHANGE IN THE GRASSLANDS OF NORTHERN MEXICO: ANALYSIS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION

José Antonio Hernández-Herrera ¹, Luis Manuel Valenzuela Núñez ², José Javier Ochoa Espinoza¹, Michelle Ivonne Ramos-Robles¹, Juan Antonio Encina Domínguez ¹ Aldo Rafael Martínez Sifuentes^{3*}

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P.25315, Saltillo, Coahuila, México.

²UJED-Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidad S/N, Fracc. Filadelfia C.P. 35020, Gómez Palacio, Durango, México.

³INIFAP CENID-RASPA. Margen Derecho Canal del Sacramento km. 6.5, Zona Industrial 4^a Etapa, C.P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México.

Autor por correspondencia: im_aldo09@hotmail.com

RESUMEN

El cambio climático altera la precipitación y eleva las temperaturas, impactando la agricultura, los ecosistemas y los recursos hídricos. A largo plazo, se prevé una reducción del PIB, lo que afectará la economía. En los pastizales, estos cambios generan estrés hídrico, reducen la productividad y erosionan el suelo, impactando la ganadería. El objetivo de este estudio es analizar y comprender las variaciones en la temperatura y la precipitación en los pastizales del norte de México y con ello evaluar los cambios en los parámetros ambientales. Se recopilaron y procesaron datos diarios de precipitación y temperatura de seis estaciones. Con el paquete ClimDex 1.9 en R, se calcularon índices climáticos y se generaron gráficos para realizar un análisis visual. Se llevó a cabo una prueba de homogeneidad de los datos para asegurar su consistencia antes de evaluar las tendencias y relevancia de los índices climáticos. El análisis revela cambios significativos en la temperatura y la precipitación. La temperatura mínima ha aumentado en la mayoría de las estaciones, lo que podría afectar los ciclos estacionales y la biodiversidad. Estos cambios hacen evidente la necesidad de estudiar con mayor detalle las variables climáticas y con ello gestionar los recursos naturales, asegurar la producción agrícola y ganadera, y desarrollar estrategias de mitigación y adaptación a los desafíos climáticos en el futuro.

Palabras clave: Agostadero, Calentamiento global, Desertificación, Erosión, Sequía.

ABSTRACT

Climate change alters precipitation and raises temperatures, impacting agriculture, ecosystems and water resources. In the long term, a reduction in GDP is expected, which will affect the economy. In rangelands, these changes generate water stress, reduce productivity and erode the soil, impacting livestock. The objective of this study is to analyze and understand the variations in temperature and precipitation in the grasslands of northern Mexico and thereby evaluate changes in environmental parameters. Daily precipitation and temperature data from six stations were collected and processed. Using the ClimDex 1.9 package in R, climate indices were calculated, and graphs were generated for visual analysis. A homogeneity test of the data was carried out to ensure consistency before assessing the trends and relevance of the climate indices. The analysis reveals significant changes in

temperature and precipitation. Minimum temperature has increased in most seasons, which could affect seasonal cycles and biodiversity. These changes make evident the need to study climate variables in greater detail and thereby manage natural resources, ensure agricultural and livestock production, and develop mitigation and adaptation strategies for future climate challenges.

Key words: Desertification, Drought, Erosion, Global warming, Rangeland.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está afectando a América Latina a través de alteraciones en los patrones de precipitación y aumento de temperaturas, impactando la agricultura, los ecosistemas naturales y los recursos hídricos (OMM, 2024). Globalmente, estos cambios son causados por factores atmosféricos y se reflejan en el incremento de la temperatura global, el deshielo y el aumento del nivel del mar, impulsados principalmente por emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de actividades humanas (Steffen *et al.*, 2011). A largo plazo, el cambio climático está generando preocupaciones económicas significativas, con proyecciones que indican una posible reducción del PIB del 7.22% para el año 2100, afectando la producción, el empleo y otras áreas económicas (Kahn *et al.*, 2021). Los ecosistemas naturales son esenciales en países en desarrollo y juegan un papel crucial en mitigar estos impactos (Seddon *et al.*, 2020). Además, los índices de cambio climático son herramientas clave para medir y seguir estos efectos, ayudando a identificar las áreas y sectores más vulnerables (Boyce *et al.*, 2022). El aumento de temperaturas y la disminución de la precipitación en los pastizales tiene efectos vinculados al cambio climático, que provocan estrés hídrico en las plantas, reducen la productividad vegetal, incrementan el riesgo de incendios y la erosión del suelo, y disminuyen la disponibilidad de forraje, afectando la producción ganadera y la economía. El objetivo de este estudio es analizar y comprender las variaciones en la temperatura y precipitación en las regiones de pastizales del norte de México, con el fin de evaluar los posibles cambios en los parámetros ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recopilaron datos de seis estaciones climatológicas descargando los registros diarios de precipitación y temperatura desde el sitio web: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>. Los datos fueron analizados para Chihuahua desde 1981 hasta 2024, para Durango desde 1971 hasta 2024, para Lerdo desde 1974 hasta 2024, para Saltillo desde 1944 hasta 2024, para Hermosillo desde 1960 hasta 2022, y finalmente, para Zacatecas desde 1960 hasta 2024.

Estos datos se integraron en una hoja de cálculo de Excel, fueron procesados y guardados en un archivo de texto con formato .txt. El cálculo de índices climáticos es fundamental para identificar y analizar patrones históricos del clima y detectar posibles cambios. Por ello, se utilizó el paquete ClimDex 1.9 con el programa R versión 4.4.0. Se generaron gráficos de las series temporales de temperatura y precipitación para facilitar un análisis visual inicial. Antes de calcular los índices climáticos, se realizó una prueba de homogeneidad de los datos para garantizar su consistencia. Finalmente, se analizaron los índices y tendencias de precipitación y temperatura, evaluando su significancia para las estaciones estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registró un aumento en la temperatura mínima en varias estaciones, destacando Chihuahua y Lerdo por sus tasas de incremento relativamente altas, de 0.07°C cada una (Figura 1). Hermosillo también presenta una tasa significativa de 0.05°C por década (ver Figura 1), mientras que Zacatecas muestra un incremento moderado de 0.03°C . Por otro lado, Saltillo tiene un incremento de 0.01°C ; aunque este aumento es estadísticamente significativo, es menor en comparación con otras estaciones. En contraste en Durango, es la única estación que muestra una disminución en la temperatura mínima, con una tasa de descenso de -0.06°C . De continuar con esta tendencia a nivel global, se estima que para el año 2100, debido al efecto invernadero, los patrones estacionales cambiarán drásticamente. Se prevé que la primavera y el otoño serán más cortos, los veranos se prolongarán hasta seis meses, y los inviernos se reducirán a solo dos meses. Estos cambios impactarán los ciclos agrícolas, aumentarán la frecuencia de olas de calor, sequías e incendios forestales en diversos ecosistemas (Wang et al., 2021). Aunque podría registrar una posible reducción en la incidencia de heladas, también se esperan alteraciones en los patrones de la distribución de las especies y en disponibilidad de agua.

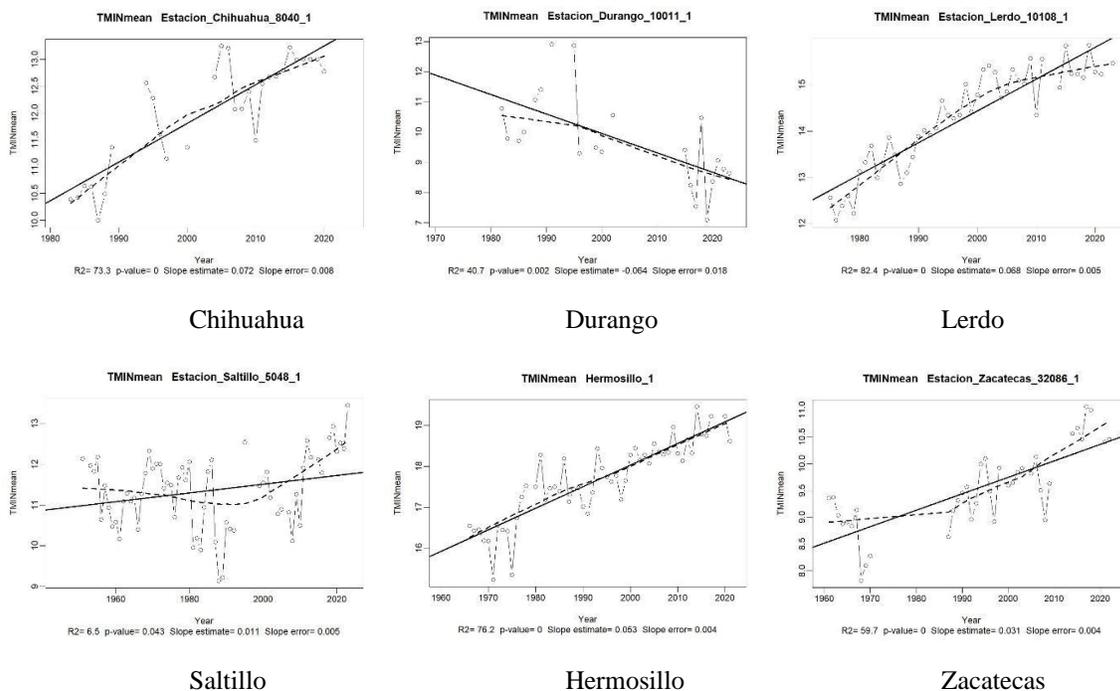


Figura 1. Comportamiento de la temperatura mínima por estación meteorológica.

Existe una tendencia general como se observa en la Figura 2, con un aumento de la temperatura máxima media en los datos analizados. Chihuahua, Lerdo y Hermosillo con aumentos significativos. Sin embargo, Durango presenta una tendencia significativa de disminución. Las ciudades de Saltillo y Zacatecas no muestran cambios significativos en temperatura máxima media, lo que indica una variabilidad regional en los patrones de cambio de temperatura en el norte de México. Esta tendencia es coherente con el calentamiento

global, como lo señala Armstrong et al. (2022), indica un aumento de entre 2 y 3 °C a nivel mundial. Este incremento ya está afectando los procesos climáticos y puede tener consecuencias negativas en los ecosistemas naturales.

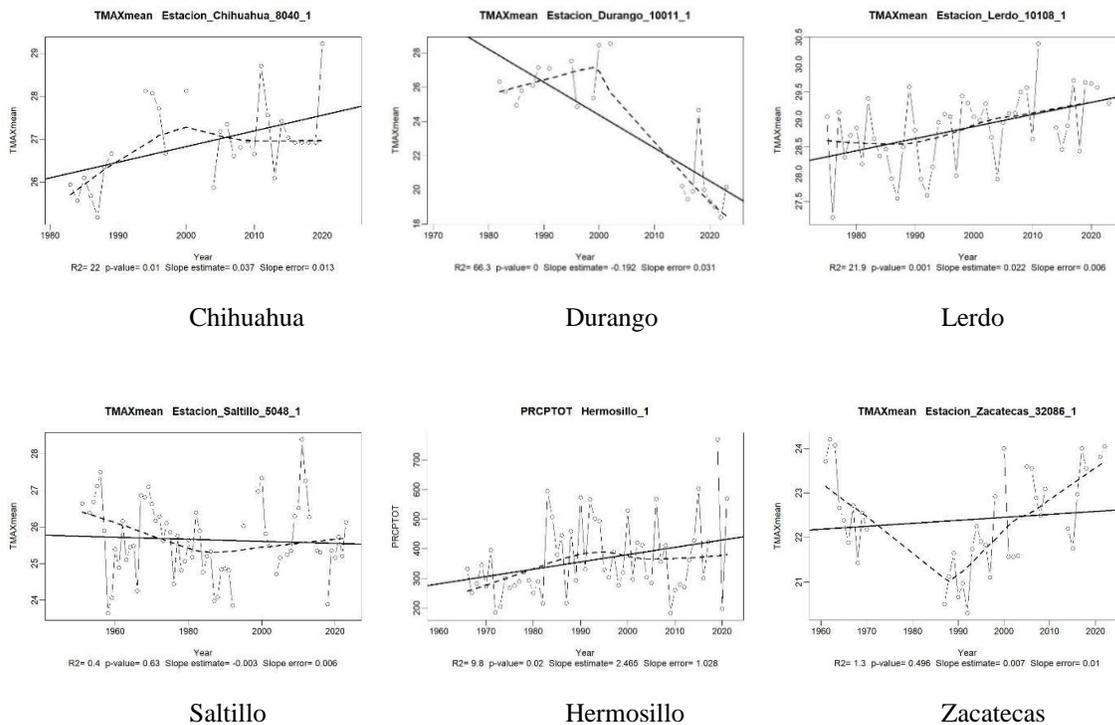


Figura 2. Comportamiento de la temperatura máxima por estación meteorológica.

La variabilidad en las tendencias de precipitación indica que los patrones de cambio no son uniformes en todas las regiones. En áreas como Chihuahua, Hermosillo y Zacatecas, se observa un aumento significativo en la precipitación: Chihuahua ha incrementado a una tasa de 7.631 mm, Hermosillo en 2.465 mm y Zacatecas en 2.647 mm. Estos registros podrían señalar una tendencia regional de incremento en la cantidad de precipitación, en la frecuencia e intensidad de eventos extremos, como inundaciones. En contraste, Durango y Lerdo no hay tendencias significativas en la precipitación, con tasas de cambio bajas y variaciones altas. En Saltillo, se observa una ligera disminución de -0.705 mm, aunque no es estadísticamente significativa (Figura 3). La tendencia de la precipitación total anual en el norte de México ha mostrado un aumento, aunque con alta variabilidad debido a fenómenos climáticos extremos, cambios en la circulación atmosférica y, en particular, al fenómeno de El Niño (ENSO), que ocurre cada 4 a 6.5 años y provoca aumentos significativos en las lluvias interanuales, afectando los escurrimientos, como el incremento del caudal (Villanueva-Díaz et al., 2005). La alta variabilidad en las precipitaciones puede ocasionar sequías severas en algunos años, mientras que en otros puede causar inundaciones que impactan las actividades humanas. Un ejemplo de esto son las intensas lluvias ocurridas en 1991 en el Altiplano Mexicano, que provocaron inundaciones significativas en un corto período de tiempo y aumentaron el escurrimiento en las zonas planas, que son vulnerables a eventos de inundación, según Rodríguez-Campero (2019).

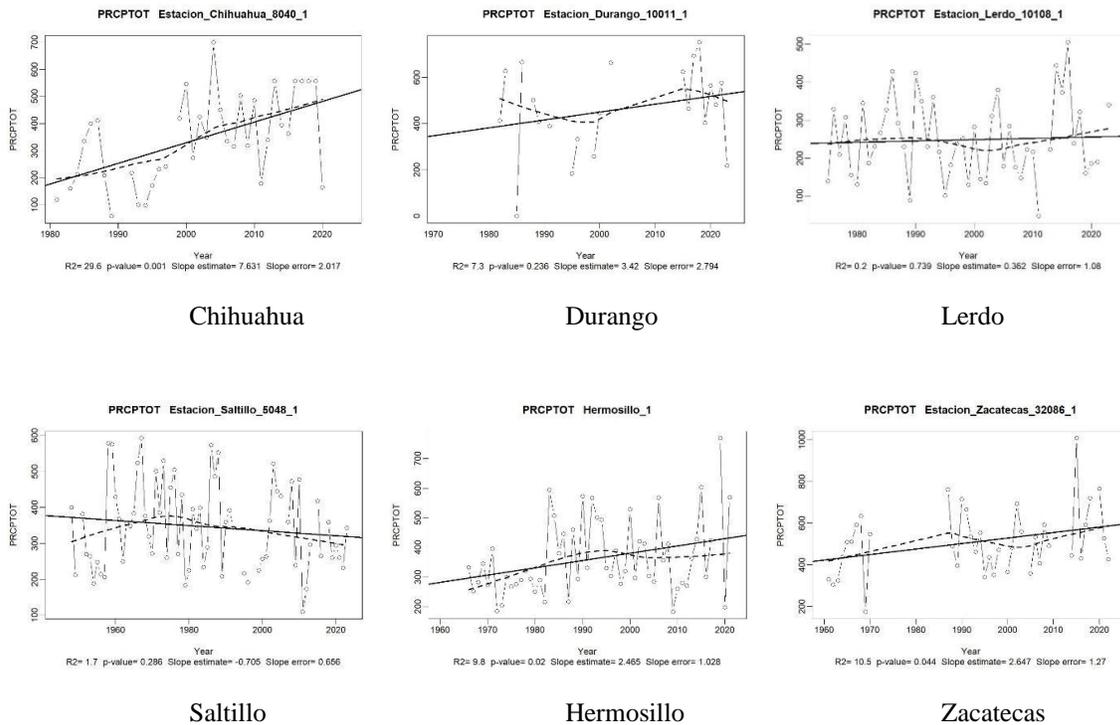


Figura 3. Comportamiento de la precipitación por estación meteorológica.

Los cambios en la temperatura y la precipitación en el norte de México reflejan una compleja interacción de tendencias globales y fenómenos climáticos regionales, con implicaciones para los ecosistemas y las actividades humanas.

CONCLUSIÓN

En los pastizales del norte de México existen cambios significativos en los patrones de temperatura y precipitación. La temperatura mínima ha aumentado en la mayoría de las estaciones, indicando un calentamiento general que podría alterar los ciclos estacionales y la biodiversidad. Las temperaturas máximas también se han elevado en Chihuahua y Hermosillo, aunque Durango muestra una disminución, sugiriendo una respuesta desigual al calentamiento global. En cuanto a la precipitación, se han encontrado aumentos notables en Chihuahua, Hermosillo y Zacatecas, lo que podría intensificar eventos extremos y alterar la disponibilidad de agua. En contraste, las variaciones en Durango, Lerdo y Saltillo son menos significativas. Estos cambios son importantes para entender los futuros impactos en los pastizales en el futuro y la necesidad de generar estrategias de manejo adaptativo para enfrentar los desafíos ambientales emergentes.

Es fundamental estudiar detalladamente las variables climáticas para identificar cambios en la temperatura y la precipitación, y así tomar decisiones en el manejo de los recursos naturales. Esto es crucial para mantener la producción agrícola y ganadera, asegurar el bienestar de las comunidades que dependen de estos ecosistemas y desarrollar estrategias de adaptación que permitan a los ganaderos enfrentar los desafíos climáticos, garantizando la viabilidad de las actividades a largo plazo.

LITERATURA CITADA

- Armstrong McKay, D. I., Staal, A., Abrams, J. F., Winkelmann, R., Sakschewski, B., Loriani, S., ... & Lenton, T. M. (2022). Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points. *Science*, 377(6611), eabn7950.
- Boyce, D. G., Tittensor, D. P., Garilao, C., Henson, S., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., ... & Worm, B. (2022). A climate risk index for marine life. *Nature Climate Change*, 12(9), 854-862.
- Kahn, M. E., Mohaddes, K., Ng, R. N., Pesaran, M. H., Raissi, M., & Yang, J. C. (2021). Long-term macroeconomic effects of climate change: A cross-country analysis. *Energy Economics*, 104, 105624. <https://www.nber.org/papers/w26167>
- OMM. (2024). Estado del clima en América Latina y el Caribe 2023. Recuperado de https://library.wmo.int/viewer/68895/download?file=1351_State_of_the_Climate_in_LAC_2023_es.pdf&type=pdf&navigator=1
- Rodríguez Campero, D. C. (2019). Evaluación de fenómenos de subsidencia (sufosión) mediante el análisis del comportamiento del régimen hidrológico en ciudad Lerdo, Durango (Cuenca Río Nazas). Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León. <http://eprints.uanl.mx/18364/1/1080313404.pdf>
- Seddon, N., Daniels, E., Davis, R., Chausson, A., Harris, R., Hou-Jones, X., ... & Wicander, S. (2020). Global recognition of the importance of nature-based solutions to the impacts of climate change. *Global Sustainability*, 3, e15.
- Steffen, W., Persson, Å., Deutsch, L., Zalasiewicz, J., Williams, M., Richardson, K., ... & Svedin, U. (2011). The Anthropocene: From global change to planetary stewardship. *Ambio*, 40, 739-761.
- Wang, J., Guan, Y., Wu, L., Guan, X., Cai, W., Huang, J., ... & Zhang, B. (2021). Changing lengths of the four seasons by global warming. *Geophysical Research Letters*, 48(6), e2020GL091753.
- Villanueva-Díaz, J., Luckman, B. H., Stahle, D. W., Therrell, M. D., Cleaveland, M. K., Cerano-Paredes, J., ... & Jasso-Ibarra, R. (2005). Hydroclimatic variability of the upper Nazas basin: Water management implications for the irrigated area of the Comarca Lagunera, Mexico. *Dendrochronologia*, 22(3), 215-223.

GERMINACIÓN DE SEMILLA COSECHADA A ORILLA DE CARRETERA Y SEMILLA COMERCIAL DEL PASTO BANDERITA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]

GERMINATION OF ROADSIDE HARVESTED SEED AND COMMERCIAL SEED OF SIDEOATS GRAMMA [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]

Raúl Corrales Lerma*¹, Adriana Ronquillo Leyva¹, Carlos Raúl Morales Nieto¹, Alan Álvarez Holguín¹, Martín Martínez Salvador¹, Nathalie Socorro Hernández Quiroz¹, Federico Villarreal Guerrero, Jesús Alejandro Prieto Amparán¹, Alfredo Pinedo Álvarez¹, José Humberto Vega Mares¹

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor de correspondencia: rclerma@uach.mx

RESUMEN

La calidad de semilla de una especie de pasto permite saber si al ser incluida para revegetación, esta tendrá la capacidad de germinar en campo. El objetivo del presente estudio fue comparar la germinación de semilla de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en cuatro poblaciones seleccionadas alrededor de la ciudad de Chihuahua que se desarrolla de manera natural a orilla de carretera, con semilla comercial de la misma especie variedad El Reno. La semilla se evaluó en greña (con cubierta) y carióspside desnuda de cada población, así como de la comercial. Se realizó una prueba de germinación con cuatro repeticiones por cada lote de semilla a temperatura de 30 ± 2 °C con humedad constante. Se realizó Análisis de Varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Tukey. En porcentaje germinación (%GE) e índice de velocidad de germinación se (ÍVG) presentó diferencia ($P < 0.05$) en dos poblaciones de pasto banderita en semilla con cubierta y una población en carióspside. Los resultados de este estudio pueden contribuir en la toma de decisiones sobre la utilización de semilla de pasto banderita cosechada a orilla de carretera.

Palabras clave: semilla de pasto nativo, poblaciones naturales, semilla comercial.

ABSTRACT

The seed quality of a grass species allows to know if when it is included for revegetation, it will have the ability to germinate in the field. The objective of this study was to compare the germination of sideoats gramma (*Bouteloua curtipendula*) seed in four populations, around the city of Chihuahua that develops naturally on the roadside, and commercial seed of the same species El Reno cultivar. The seed was evaluated with cover and naked caryopsis of each population and of the commercial one with four replications each. A germination test was performed at a temperature of 30 ± 2 °C with constant humidity. Analysis of Variance (ANOVA) and comparison of means were performed using the Tukey test. In germination percentage and germination rate index, there was a difference ($P < 0.05$) in two populations of sideoats gramma in seed with cover and a caryopsis population. The results of this study may contribute to decision-making on the use of sideoats gramma seed harvested on the roadside.

Keywords: native grass seed, natural populations, commercial seed.

INTRODUCCIÓN

En el norte de México la resiembra de pastizales se realiza en su mayoría con semilla de pasto importada debido a que la semilla que se produce localmente no cubre la demanda en cantidad que los pastizales deteriorados presentan. Una de las desventajas que se presentan

al utilizar semilla importada es que no llegan a satisfacer los requerimientos necesarios para establecer la suficiente cantidad de plantas luego de la temporada de lluvias (Velázquez *et al.*, 2015). McClaran y Van Devender (1995) indican que las especies nativas son capaces de producir semillas con potencial de establecimiento en programas de restauración de pastizales en su centro de origen. Sin embargo, la mayoría de la semilla que se utiliza en México es importada y vendida a altos costos, lo cual dificulta la realización de programas de rehabilitación de pastizales y en ocasiones, la semilla importada puede no traer la calidad suficiente o haberla perdido por mal manejo en el almacenamiento, esto influye negativamente para que se establezca la suficiente cantidad de plantas después de su siembra (Velázquez *et al.*, 2015). Un factor importante en la resiembra de pastos es que la semilla que se va a utilizar cumpla con la calidad que garantice su germinación, emergencia y potencial de desarrollo (Zhang *et al.*, 2021). Un planteamiento en este estudio como alternativa que puede contribuir a la solución de este problema, es cosechar semilla a orillas de carretera. En estas áreas se encuentran ecotipos de pastos nativos que pudieran presentar semilla de buena calidad, ya que por la cantidad de escurrimiento de agua que se genera en las carreteras, la no competencia por luz con arbustivas y arbóreas, la exclusión al pastoreo, así como la exposición al CO₂ emitido por los vehículos, son factores que podrían influir de manera positiva en el vigor de la semilla (Wang y Liao, 2016). Sin embargo, se desconoce la calidad de esta porque se carece de estudios de la calidad de semilla de gramíneas establecidas en orilla de carretera. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es comparar la capacidad de germinar de semilla de pasto banderita establecido a orillas de carretera, con la que presenta la semilla comercial variedad El Reno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Chihuahua, México (Figura 1). Esta región corresponde a pastizales medianos abiertos y se localiza a una altitud promedio entre los 1400 y 1700 m. La temperatura y precipitación media reportada para este municipio fue de 12.7 y 12.2 °C; de 395 y 163 mm en los años 2019 y 2020, para temperatura y precipitación, respectivamente (INEGI, 2019; CLIME DATA-ORG, 2022). La recolección de la semilla se realizó a orilla de carretera a finales del mes de noviembre del 2020. Se seleccionaron cuatro sitios fuera de zona urbana que presentaron poblaciones de pasto banderita con plantas en etapa madura. Se tomó como centro la ciudad de Chihuahua y las poblaciones se seleccionaron hacia: el Norte, sobre la carretera Chihuahua-Juárez; Este sobre la carretera Chihuahua-Ojinaga; Sur sobre la carretera Chihuahua-Delicias; Oeste sobre la carretera Chihuahua-Cuauhtémoc. La distancia entre cada sitio fue de, por lo menos 50 km para asegurar que se trató de distintas poblaciones. El método de recolección fue manual y en cada sitio se recolectaron aproximadamente 100 g de semilla en greña (con cubierta) por población, las cuales se colocaron en bolsas de papel café y fueron almacenadas en un lugar seco y fresco durante seis meses. La semilla comercial fue banderita variedad El Reno adquirida en una casa comercial en el año 2019.

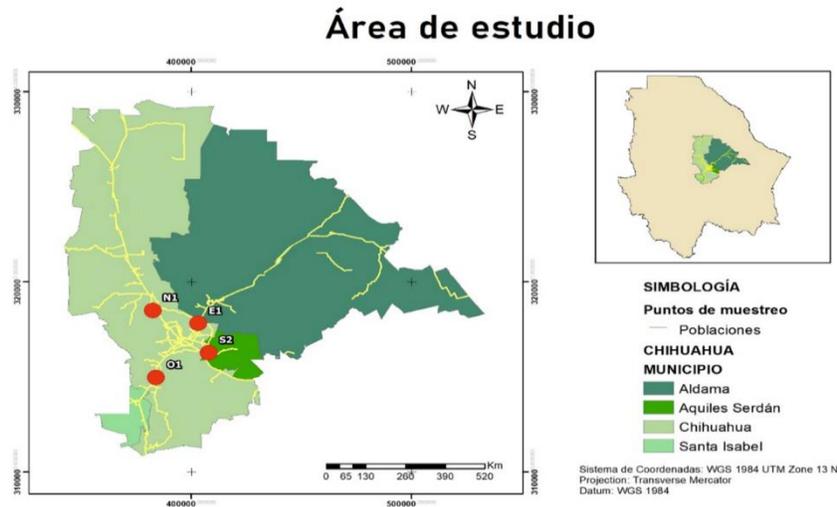


Figura 1. Ubicación de los puntos de cosecha de semilla de poblaciones a orilla de carretera del pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en cuatro poblaciones del municipio de Chihuahua. N1 = Norte, E1 = Este, S2 = Sur y O1 = Oeste.

La prueba de germinación se llevó a cabo en mayo del 2021 en el laboratorio de parámetros ambientales de la Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. La experimentación fue con semilla con cubierta y cariósipide desnuda. Se utilizaron cajas de Petri provistas con algodón, papel filtro y agua destilada. En cada caja de Petri se colocaron 50 semillas y se midieron cuatro repeticiones por población. La germinación se llevó a cabo en una germinadora marca Torrey a temperatura de 30 ± 2 °C. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (% GE) e índice de velocidad de germinación (ÍVG). Se registraron conteos diarios de las semillas germinadas por población durante 17 días. Se consideró como semilla germinada cuando la radícula o plúmula, alcanzó al menos 5.0 mm de longitud. El ÍVG se calculó mediante la ecuación propuesta por Maguire (1962) $\text{ÍVG} = \sum [(\%SG)/(t)]$. Donde: ÍVG= Velocidad de germinación, %SG= porcentaje de semillas germinadas en el día, tomando como 100 % al total de semillas germinadas; t = día en el que sucedió la germinación.

Los datos se transformaron mediante arcoseno (seno^{-1}) para comprobar el supuesto de normalidad y se realizó ANOVA y comparación de medias con agrupamiento Tukey con alfa de 0.05. El procedimiento estadístico fue por GLM del programa estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra el comportamiento de germinación de la semilla de pasto banderita en cubierta y cariósipide desnuda. Para %GE la semilla con cubierta de la población Este mostró menor ($P < 0.05$) capacidad para germinar que la Sur y la semilla comercial. La germinación de la población Este presentó una calidad de semilla pobre, ya que el porcentaje común de germinación de semilla con cubierta de pastos en condiciones naturales se encuentra por arriba del 15 % (Velázquez *et al.*, 2015). Normalmente la semilla con cubierta cuenta con un alto porcentaje de materia inerte la cual puede afectar el %GE. Además, las cubiertas

permiten alojamiento de algunos hongos y otros agentes que tienen un efecto negativo de sobre la germinación y desarrollo de la cariósida (Borges y Urdaneta, 2010).

Cuadro 1. Medias \pm error estándar en germinación de semilla de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) de poblaciones a orilla de carretera y semilla comercial.

Población	Porcentaje de germinación		Índice de Velocidad de Germinación	
	Cubierta	Cariósida	Cubierta	Cariósida
Sur	13.0 \pm 1.7 ^a	97.5 \pm 2.8 ^a	0.03 \pm 0.2 ^{ab}	5.5 \pm 0.7 ^a
Este	1.5 \pm 1.7 ^c	87.5 \pm 2.8 ^{ab}	0.00 \pm 0.2 ^b	2.6 \pm 0.7 ^{ab}
Norte	10.0 \pm 1.7 ^{ab}	88.5 \pm 2.8 ^{ab}	0.02 \pm 0.2 ^b	3.8 \pm 0.7 ^a
Oeste	7.0 \pm 1.7 ^{abc}	83.0 \pm 2.8 ^b	0.02 \pm 0.2 ^b	3.3 \pm 0.7 ^{ab}
Comercial	11.0 \pm 1.7 ^{ab}	22.0 \pm 2.8 ^c	0.12 \pm 0.2 ^a	0.3 \pm 0.7 ^b

^{abc} Literales diferentes (agrupamiento de Tukey) significan diferencia estadística ($P < 0.05$).

En cariósida desnuda se encontró que la semilla colectada a orilla de carretera mostró mayor ($P < 0.05$) %GE que la semilla comercial. Entre las poblaciones silvestres, solo la población Sur con el 97.5% fue superior ($P < 0.05$) que la Oeste que presentó el 83%. Los %GE de cariósida desnuda recolectados a orilla de carretera estuvieron al rededor del 90%. Aunque la germinación de la semilla comercial en cariósida aumentó su germinación al doble con respecto a la semilla con cubierta, este resultado es pobre ya que no alcanzó ni el 25% de germinación. Es probable que la variación de germinación entre semilla en greña y cariósida desnuda se deba a que la cariósida al desnudo seleccionada visualmente, aparentemente cumplió con las características morfológicas del germoplasma, en este sentido, una cariósida bien formada puede ser más viable. En cambio, la semilla en greña además de la cubierta contiene basura y otros elementos que no corresponden al embrión.

La variación en la precipitación de los años 2020 y el desconocimiento del año de cosecha y manejo del lote de la semilla comercial, son factores que pudieron haber influido en el comportamiento de germinación de la semilla (Sobrevilla-Covarrubias *et al.*, 2022). La respuesta de germinación varía de acuerdo a las condiciones del sitio y al año de cosecha. Chicahuala *et al.* (2018) mencionan que estos factores contribuyen directamente la calidad de semilla.

En ÍVG se observó que de las poblaciones del pasto banderita con cubierta, la semilla comercial fue más rápida para germinar ($P < 0.05$) que la mayoría de las poblaciones, con excepción de la semilla de la población Sur, con la cual no presentó diferencia ($P > 0.05$). En cariósida desnuda la semilla de las poblaciones Sur y Norte fue más rápida ($P < 0.05$) para germinar que la semilla comercial. Entre el resto de las poblaciones no se encontró diferencia ($P > 0.05$) en ÍVG.

La capacidad de germinación en porcentaje y velocidad de la semilla colectada en carretera con respecto a la semilla comercial, quizá se deba a que la semilla comercial pudo provenir de un lote viejo o mal manejado durante su almacenamiento. Un lote de semilla nueva normalmente presenta homogeneidad en la germinación, por otro lado, la heterogeneidad en la velocidad de germinación es un indicador de un lote de semilla vieja o mal manejado (Sobrevilla-Covarrubias *et al.*, 2022; Escobar-Álvarez *et al.*, 2021). La rapidez con que una

semilla germine y logre establecerse puede ser determinante para la supervivencia de los individuos (Contreras *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

La capacidad de germinar, tanto en porcentaje como en velocidad de germinación que se observó en la semilla producida por la población Sur, permiten inferir que recolectar semilla a orilla de carretera de pasto banderita, es una buena alternativa para que esta sea utilizada por productores que la quieran diseminar y propagar en sus predios. También esta población podría ser una opción para seleccionar ecotipos con alto potencial en producción de semilla y en un futuro reproducirse por medio de lotes de producción de semilla nativa local para ser incluida en programas de revegetación de pastizales. Por otro lado, se recomienda que al adquirir semilla comercial se realice un análisis de viabilidad, ya que pudiera presentar diferencias en la calidad que se reporta en etiqueta.

LITERTURA CITADA

- Borges, J. A. y J. Urdaneta, 2010. Efecto de *Fusarium* sp. en la germinación, fenología y supervivencia de plántulas de *L. leucocephala* (lam.) de wit. *Agron. Trop.* 60:155-160.
- Climate data-org. Clima Chihuahua. En: <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/chihuahua/chihuahua-3414/>. Consultado 7 mayo 2022.
- Chicahuala, M. S., D. F. Steinker y M. R. Demaria. 2018. Respuestas fenológicas de gramíneas C3 y C4 a variaciones interanuales de precipitación y temperatura. *Ecología Austral.* 28:455-466.
- Contreras, M., M. Pando y E. Jurado. 2015. Seed germination of plant species from semiarid zones after hydration-dehydration treatments. *Rev. Chap. Ser. Zon. Áridas.* 14:41-50. Dixon, A. P., D. Faber-Langendoen, C. Josse, J. Morrison y C. J. Loucks. 2014. Distribution mapping of world grassland types. *J. Biogeogr.* 41. 2003-2019.
- Escobar-Álvarez, J., L., Ramírez-Reynoso, O., Cinsteros Saguilán, P., Gutiérrez-Dorado, R., Maldonado-Peralta, M. de los Ángeles y J. L. Valenzuela -Lagarda. 2021. Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. *Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios*, 8(II). <https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2963>.
- INEGI, 2019. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos.
- McClaran, M. P. y T. R. Van Devender. 1995. *The desert grassland.* The University of Arizona Press, E.U.A.
- SAS, 2006. *Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.1.3.* Institute Inc., Cary.
- Sobrevilla-Covarrubias, A., M del R. Contreras-Quiroz, M. Gutiérrez-Gutiérrez y M. Pando-Moreno. 2022. Effect of aging in seed germination of native Northern Mexican Plateau grassland species: Seed viability loss of native Northern Mexican species. *Botanical Sciences*, 100(3), 600-609. <https://doi.org/10.17129/botsci.3020>.
- Velázquez, M., F. J. Hernández, J. F. Cervantes y H. G. Gámez. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Primera Edición. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ciudad de México.
- Wang, M. y W. Liao. 2016. Carbon monoxide as a signaling molecule in plants. *Front. in Plant Sci.* 7(572):1-8.
- Zhang, Z., L. Xiniping, D. Chen, L. Chen y X. Hu. 2021. Seed germination traits predict seedling emergence rather than survival of *Stipa breviflora* in populations along a latitude gradient. *Land Degradation & Development* 32(15):4417-4429.

COMPARACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BIO-HERBICIDA Y HERBICIDAS COMERCIALES PARA EL CONTROL DE GRAMÍNEAS INVASORAS COMPARISSON OF ONE BIO-HERBICIDE PROTOTYPE AND COMERCIAL HERBICIDES FOR INVASIVE GRASSES CONTROL

José Alejandro Aguilar Flores¹, J. Javier Ochoa-Espinoza^{1*}, Luis Lauro de León González¹, José Antonio Hernández Herrera¹, Perpetuo Álvarez Vazquez¹ y F. Martín Tucuch Cauich²

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Recursos Naturales Renovables. Calzada Antonio Narro Núm. 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315.

²GreenCorp Biorganiks de México S.A. de C.V. Blvd. Colosio Núm. 1858, Colonia San Patricio, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25204.

*Autor por correspondencia: jjchoae@yahoo.com

RESUMEN

En el manejo de pastizales el uso de herbicidas para modificar la estructura de un sitio se ha enfocado mayormente al manejo de arbustivas y su uso en especies herbáceas es casi exclusivo en la producción vegetal intensiva y semi intensiva. Sin embargo, el conocimiento del uso adecuado de herbicidas de base orgánica, puede significar una alternativa amigable con el medio ambiente. El estudio se llevó a cabo en el Rancho Los Ángeles de la UAAAN en el municipio de Saltillo, Coahuila, durante un periodo aproximado de cuatro meses entre verano y otoño de 2023. Se probó el efecto de la aplicación de un prototipo de bio-herbicida (PBH) y dos herbicidas comerciales (TSB y TIM) sobre el desarrollo de hoja y raíz de *A. clandestina*, que es un zacate de bajo valor forrajero que coloniza áreas sujetas a disturbio. El PBH limitó el crecimiento de la hoja dentro de los primeros 17 días post-aplicación y mantuvo un rango de disminución de elongación de raíz durante todo el experimento, mientras que TIM, resultó ser el más eficiente al disminuir ambas variables evaluadas y lograr el más alto porcentaje de marchitez en la población muestreada. Se recomienda tomar en consideración esta opción, ante escenarios de manejo muy específicos y en estadios iniciales del proceso de invasión en especies de zacates con características similares la picoso.

Palabras clave: bio-herbicida, desarrollo hoja, desarrollo raíz, invasoras.

ABSTRACT

In rangeland management, the use of herbicides has primarily been for structural modification in scrublands, and their use on herbaceous species is almost exclusive to intensive or semi-intensive crop management. However, understanding the correct application of organic-based herbicides could offer an environmentally friendly alternative. This study was conducted at Rancho Los Angeles, a property of UAAAN located in Saltillo, Coahuila, over a period of approximately four months from summer to fall 2023. We tested the effects of a bio-herbicide prototype (PBH) and two commercial herbicides (TSB and TIM) on the leaf and root development of *A. clandestina*, a low forage quality grass that aggressively colonizes disturbed sites. PBH limited leaf development within 17 days post-application and consistently reduced root length throughout the experiment. TIM was similarly effective in diminishing both assessed variables and resulted in the highest wilting percentage among the sampled population. We recommend considering this option in

specific management scenarios, particularly during the initial stages of invasion by grasses such as Mexican Needlegrass.

Key words: bio-herbicides, invasives, leaf development, root development.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de herbicidas en sistemas ganaderos extensivos es una práctica medianamente usada y muy poco difundida, debido a una tendencia a que las acciones dentro del ramo agropecuario no afecten procesos ecológicos (Clark, 2019). En tiempos recientes ha habido avances en mejorar estrategias para el combate de especies de plantas indeseables (Monteiro y Santos, 2022), además de desarrollar nuevas sustancias biológicas que sean más amigables con el medio ambiente y la salud humana, de ahí la importancia de probar su efectividad, eficacia y la residualidad, en caso de tenerla. En base al contexto anterior, se llevó a cabo esta investigación que justifica el control sobre la especie *Amelichloa clandestina* (zacate picoso) con el uso de herbicidas, principalmente de base orgánica con la oportunidad de probar productos alternativos en sustitución de otros como el glifosato que tiene restricciones legales en México. El zacate picoso, ha sido estudiado en el sureste de Coahuila y recientemente se ha empezado a proponerlo como una fuente de forraje con ciertas prescripciones de manejo (Juanes-Márquez *et al.* 2024), a la par, representa un buen ejemplo de una especie de alta rusticidad, cuyo control, en caso de ser el objetivo, resulta un verdadero reto para el manejador de pastizales y nuestros resultados pueden ser aplicados sobre otras especies de gramíneas invasoras o indeseables con similitudes de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en el rancho experimental ganadero Los Ángeles, propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, el tipo de vegetación dominante es el pastizal mediano abierto, seguido del pastizal amacollado, matorral esclerófilo, izotal y en menor proporción el bosque de pino piñonero; algunas de las especies más representativas del pastizal mediano abierto son las gramíneas de los géneros *Aristida*, *Bouteloua* y *Muhlenbergia*. La altitud promedio del rancho es de 2150 m.s.n.m; la temperatura media anual se registra en los 14.3° C, entre mayo y octubre se precipita alrededor del 87% de las lluvias y el promedio anual es de alrededor de 299 mm (SMN, 2024). El área donde se llevó a cabo el experimento corresponde a un antiguo temporal agrícola ubicado en la sección Este del rancho (Figura 1), dentro del cual se delimitó un área experimental de 225 metros cuadrados (15 x 15 metros), con cerco eléctrico, donde el 3 de julio de 2023, se sometieron 17 vacas adultas de la raza Charolais a un periodo de pastoreo de 24 horas con el objetivo de remover el material vegetal senescente acumulado de zacate picoso y promover nuevos crecimientos. En el área pastoreada se establecieron cuatro (4) tratamientos, con cinco (5) repeticiones de cuatro metros cuadrados cada una. Además del testigo (T), se estableció un tratamiento con el prototipo de bio-herbicidas (PBH) del cual se omite nombre y la descripción de la composición estructural con la que se elaboró, por tratarse de un proceso de prueba autorizado por la división de investigación de la empresa, mientras que los herbicidas comerciales con los que se compararon fueron SecBios (TSB) el cual en etiqueta declara usar sustancias alelopáticas y se refiere como de base orgánica, y también se usó otro producto de base química, cuyo ingrediente principal es Imazapyr (TIM); todos las mezclas se prepararon a una concentración del tres por ciento, se usaron surfactantes

afines al tipo de ingrediente activo (orgánico o químico) y un volumen de aplicación de cinco litros de mezcla por cada repetición, en una aplicación única 16 días posteriores al pastoreo.

Se evaluó el desarrollo de hojas y raíces en tres tiempos, a lo largo de un periodo de 119 días posteriores a la aplicación de los herbicidas, que incluyó parte de las épocas de verano y otoño (17, 33 y 119 días post aplicación). El análisis estadístico consistió en un análisis de varianza de una vía, con valor de alpha al 0.05 y una prueba de Tukey para detectar diferencias estadísticas; para los casos en los que no se cumplió la distribución normal, se aplicó el método no paramétrico de Kruskal-Wallis y un post hoc de contrastes, entre los tratamientos a prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La altura promedio del follaje de *A. clandestina* previo al pastoreo fue de 61.47 ± 11.94 cm, una vez ocurrido el pastoreo la altura promedio fue de 20.03 ± 5.68 cm, equivalente a una utilización de 67.4%. En el escenario T, las modificaciones en el tamaño de la hoja obedecieron a las condiciones climáticas prevalecientes entre el verano e inicios del otoño, que fueron mayormente secas; PBH exhibió una alta efectividad dentro del primer mes de evaluación y manteniendo la elongación de la hoja hasta la última evaluación ($P < 0.05$), por otro lado, la respuesta de las hojas en TSB y TIM fue muy dinámica, la hoja como punto de partida inició en el tiempo cero con un promedio de 31.68 ± 3.68 cm, para la segunda evaluación prácticamente no había presentado crecimiento (31.89 ± 6.37 cm), el desarrollo de la hoja en el resto del período experimental prácticamente se detuvo y aumentó severamente el estado de marchitez como resultado de la aplicación, disminuyendo hasta 21.23 ± 8.34 cm y una diferencia de 10.45 cm entre el inicio y el final del experimento. La forma en la que se comportó el TIM muestra el impacto de este herbicida de base química y la tendencia de desarrollo de la hoja a la baja durante casi todas las evaluaciones hechas. La hoja en el tiempo cero arrojó un promedio de 29.63 ± 8.30 en la primera evaluación y para el tiempo tres finalizó en 13.95 ± 5.22 cm teniendo una disminución muy importante, la diferencia que se presentó fue de 15.98 cm y fue una de las mayores diferencias en la sección que se contempla la hoja de todos los tratamientos (Figura 1).



Figura 1. Altura de la hoja de *A. clandestina* ante la aplicación de un prototipo de bio-herbicida y herbicidas comerciales en una temporalidad de cuatro meses en verano-otoño de 2023

En el caso del desarrollo de la raíz, la longitud a la fecha de la aplicación fluctuó entre 12.4 y 15.4 cm. La disminución más drástica a los 17 días post-aplicación fue del 36.4% en TIM (P <0.05), a los 30 días TSB había reducido el largo promedio de raíz en un 37.3%, mientras que TIM se había recuperado, finalmente al plazo máximo la disminución de raíz fue: T= 33.7%, PBH= 27.41%, TSB= 31.67% y, TIM= 47.19% (P <0.05), siendo el que reportó más influencia en la disminución el TIM, pero sólo PBH mantuvo decrementos constantes durante el período de evaluación (Figura 2).

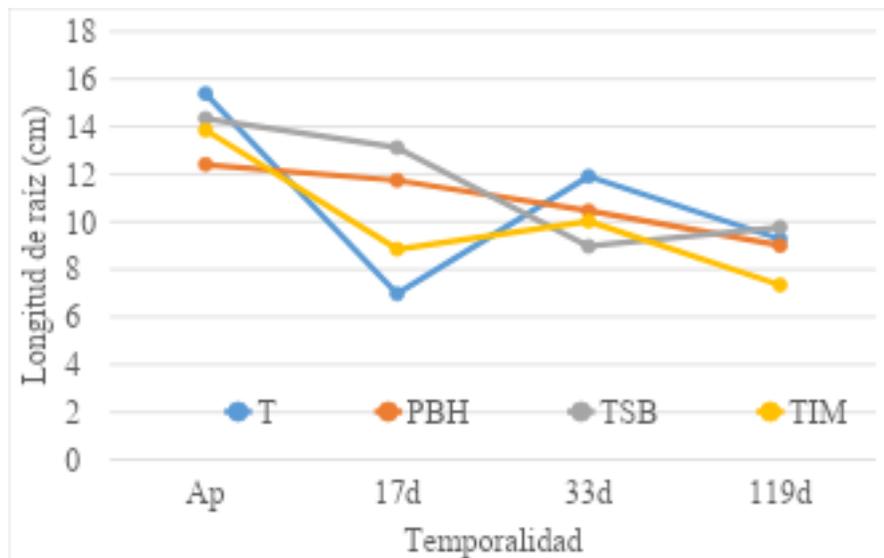


Figura 2. Longitud de la raíz de *A. clandestina* ante la aplicación de un prototipo de bio-herbicida y herbicidas comerciales en una temporalidad de cuatro meses en verano-otoño de 2023

Anglin (2018) en un estudio realizado en la parte central de Texas donde se aplicaron diferentes herbicidas de base química, entre los que destaca el Roundup que contiene glifosato, se encontró una mortalidad de plantas de *A. clandestina* de hasta un 28% en la cobertura aérea; de manera similar en un estudio llevado a cabo en Argentina por Rodríguez (2014), se experimentó el uso de herbicidas sistémicos sobre pastos nativos mostrando resultados de un año a otro, donde la disminución de cobertura basal en pastos perennes en promedio fluctuó desde 28% hasta menos del uno por ciento. Nuestros resultados mostraron reducciones en el desarrollo de la hoja entre 28.8% en el caso de PBH y hasta 52.7% en el caso de TSB, ratificando que la esperanza de reducción mínima de la biomasa aérea debería estar alrededor de una cuarta parte de la biomasa.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio reflejan el comportamiento de la especie objetivo, cuando la aplicación fue hecha en la mitad húmeda del año, aunque en el 2023 las precipitaciones fueron escasas, si se manifestó mayor humedad que en otras épocas del año. Lo anterior refuerza el comportamiento del tratamiento testigo, sin embargo, se puede concluir que el tratamiento PBH, mostró un buen desempeño dentro de los primeros 17 días post aplicación, siendo los de mayor efectividad los de base química. Se recomienda tomar en consideración

esta opción, ante escenarios de manejo muy específicos y en estadios iniciales del proceso de invasión en especies de zacates con características similares la picoso.

LITERATURA CITADA

- Anglin, L. M. 2018. Using post-emergent herbicides to control The Cool Season Invasive Perennial *Amelichloa clandestina*. Tesis de Maestría. Angelo State University. Texas, EUA. 28 p.
- Clark, S. 2019. A new paradigm in rangeland restoration: using a pre-emergent herbicide to ASSIST in native plant establishment and release. Tesis de Doctorado. Colorado State University. Fort Collins, EUA. 121 p.
- Juanes-Márquez., S., J.A. Encina-Domínguez., M. Torres-Mora., M. Mellado, P. Álvarez-Vázquez. y E. A. Lara-Reimers. 2024. Effects of cutting, burning, and herbicide application to *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth grassland on the structure and species diversity of this grassland ecosystem. *Revista Bio Ciencias*, 11, e1459 <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1459>
- Monteiro, A. y S. Santos. 2022. Sustainable Approach to Weed Management: The Role of Precision Weed Management. *Agronomy*. 12(1): 1- 14.
- Rodríguez, A. M. 2014. La aplicación de herbicidas sistémicos de amplio espectro en pastizales naturales: efectos sobre los atributos y procesos del ecosistema. Tesis de Doctorado. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 118 p.
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2024. Climatología; Información Climatológica; Normales Climatológicas por Estado. Consultado en línea: 05/06/2024. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>

EFFECTO DE LA SEQUÍA 2023 EN SISTEMAS BOVINOS EN CLIMA SECO DE ZACATECAS, MÉXICO IMPACT OF THE 2023 DROUGHT ON BOVINE SYSTEMS IN THE DRY CLIMATE OF ZACATECAS, MEXICO

Yenifer Guadalupe Luna-Rodríguez¹, Daniel García-Cervantes¹, Alejandro Espinoza-Canales¹, Luis Cuauhtemoc Muñóz-Salas¹, Juan Carlos López-García¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1*}

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

*Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

La sequía de 2023 tuvo un impacto significativo en los sistemas de producción bovina en las zonas de clima seco de Zacatecas, México, afectando tanto a los recursos naturales como a los productores ganaderos. Este estudio se enfocó en evaluar las variables demográficas del productor (edad, escolaridad y sexo), y en indicadores clave como el inventario de ganado, la disponibilidad de pasto y la disponibilidad de agua para el ganado. Los resultados mostraron que la mayoría de los productores ganaderos se encuentra en un rango de edad avanzada (46% con más de 60 años), con un bajo nivel de escolaridad (60% con primaria o sin estudios), lo que podría influir en la adopción de estrategias tecnológicas para mitigar los efectos de la sequía. El efecto de la sequía en el inventario de ganado fue severo, con una disminución promedio del 25% debido a la muerte de animales o la venta anticipada de los mismos para evitar mayores pérdidas económicas. Se registró una reducción significativa en la disponibilidad de pasto y agua para el ganado. Se resalta la vulnerabilidad de los sistemas de producción bovina en las regiones áridas de México frente a fenómenos climáticos extremos como la sequía. Se destaca la necesidad de implementar políticas de apoyo y estrategias de manejo sostenible que ayuden a los productores a adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del clima.

Palabras clave: Ganado, inventario, clima extremo, pasto.

ABSTRACT

The 2023 drought significantly impacted bovine production systems in the dry climate areas of Zacatecas, Mexico, affecting both natural resources and livestock producers. This study focused on evaluating the demographic variables of the producer (age, education, and sex) and on key indicators such as livestock inventory, pasture availability, and water availability for livestock. The results showed that the majority of livestock producers are in an advanced age range (46% over 60 years old), with a low level of schooling (60% with primary school or no studies), which could influence the adoption of technological strategies to mitigate the effects of drought. The effect of the drought on livestock inventory was severe, with an average decrease of 25% due to the death of animals or the early sale of animals to avoid further economic losses. There was a significant reduction in the availability of grass and water for livestock. The vulnerability of bovine production systems in the arid regions of Mexico to extreme climatic phenomena such as drought is highlighted. The need to implement support policies and sustainable management strategies that help producers better adapt to changing climate conditions is underscored.

Key words: Livestock, inventory, extreme weather, pasture.

INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los fenómenos climáticos más devastadores para los sistemas agropecuarios, especialmente en regiones áridas y semiáridas como Zacatecas, México. Durante el año 2023, esta entidad experimentó una de las sequías más intensas de las últimas décadas, lo que afectó gravemente los sistemas de producción bovinos, particularmente en áreas de clima seco donde la disponibilidad de recursos hídricos y forrajeros es limitada. Este fenómeno no solo impactó la salud y bienestar animal, sino que también compromete la productividad de los sistemas de cría y engorda, amenazando la sostenibilidad económica de los productores locales.

La ganadería bovina e industria de la carne son de las principales actividades del sector agropecuario del país y, la actividad productiva que más se disemina en medio rural. Más de un millón y medio de unidades de producción y ranchos ganaderos se distribuyen en el país. Esta actividad aporta al país aproximadamente el 40% del Producto Interno Bruto (PIB) de sector agropecuario (INEGI, 2021).

En sistemas ganaderos extensivos, que predominan en Zacatecas, el ganado depende en gran medida de los recursos naturales, como el agua y los pastizales. En el estado, se estima que la superficie ocupada por esta actividad es de 5.0 millones de ha (INEGI, 2008). La sequía de 2023 redujo drásticamente la disponibilidad de pasto, aumentó los costos de alimentación suplementaria y exacerbó los problemas sanitarios del ganado, debido a la menor calidad nutricional de los recursos forrajeros disponibles. Además, las fuentes de agua, ya escasas, se vieron comprometidas, lo que resultó en una mayor competencia por el agua entre el ganado, la agricultura y las comunidades rurales. Las sequías como efecto climático afectan la productividad y sostenibilidad de los sistemas ganaderos, incluyendo el agotamiento de los recursos hídricos, pérdida de cosechas y aumento en el precio de alimentos, efectos sobre la salud, disminución en la producción y muerte, así como en la disminución en el precio del ganado (Girma *et al.*, 2022).

Este estudio ofrece una visión crítica de la vulnerabilidad de los sistemas ganaderos en regiones áridas frente a eventos climáticos extremos, y resalta la necesidad de adoptar medidas de adaptación y manejo sostenible que permitan enfrentar futuros eventos de sequía. El presente artículo tiene como objetivo analizar la percepción de severidad de la sequía 2023 en los sistemas de producción y recursos naturales, además de características socio-culturales de los productores en sistemas de producción bovinos en el clima seco de Zacatecas, México. Existen limitados estudios que caracterizan los sistemas de producción bovinos en regiones áridas y semiáridas del estado. La importancia de este trabajo se centra en la evaluación de los sistemas de producción de bovinos de carne y el grado de afectación durante la sequía meteorológica, ya que esta actividad es una de las más importantes del sector primario en el estado, por su contribución al desarrollo económico del ámbito rural. Siendo así, un estudio más preciso de estos sistemas nos permitirá crear políticas públicas para ayudar a mejorar el desarrollo de esta actividad principalmente en estas zonas del estado de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Este estudio descriptivo, utilizó una encuesta aplicada a productores de los municipios de Concepción del Oro, El Salvador y Mazapil, en el estado de Zacatecas, México. Los productores fueron encuestados bajo un diseño completamente al azar y estaban registrados en el padrón de productores, con número de identificación (SIINIGA).

Técnicas empleadas

Se aplicaron como instrumentos de evaluación las encuestas, que se realizaron personalmente en reuniones de capacitación técnica impartidos por personal de la UAMVZ y de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), en los CADERS, los participantes proporcionaron su consentimiento informado antes de participar en el estudio. Se encuestaron 23 productores del municipio de Mazapil, 25 de Concepción del Oro y 11 de El Salvador mediante un diseño completamente al azar por conveniencia.

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva para la evaluación de las variables sociodemográficas y efecto de la sequía en los sistemas de producción bovino en clima seco en el estado de Zacatecas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La sequía de 2023 tuvo un impacto devastador en los sistemas de producción bovina en las zonas de clima seco de Zacatecas, afectando tanto los recursos naturales disponibles como la capacidad de los productores para mantener la producción. Los resultados de este estudio confirman lo que han señalado investigaciones previas: la producción ganadera en regiones áridas y semiáridas es altamente vulnerable a eventos climáticos extremos como la sequía, y esta vulnerabilidad está vinculada no solo a la disponibilidad de recursos, sino también a las características sociodemográficas de los productores (Habte *et al.*, 2022).

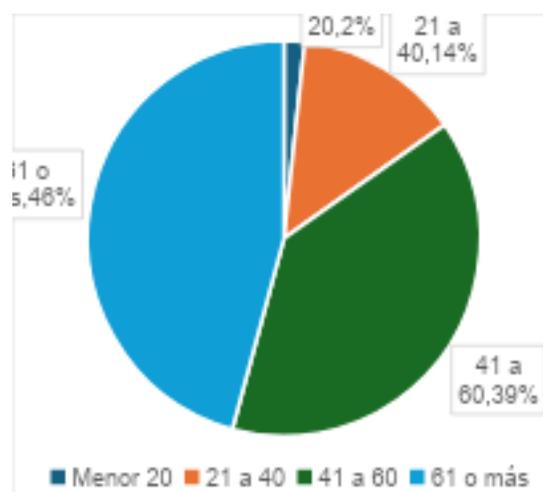


Figura 1. Edad del productor del sistema bovino.

La mayoría de los productores pertenecen a la tercera edad, lo que revela una preocupante falta de relevo generacional en la actividad ganadera. Esta tendencia sugiere que pocas personas jóvenes están optando por dedicarse a la ganadería, lo cual plantea serios riesgos para la continuidad y sustentabilidad de estos sistemas de producción en el futuro (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2016). La falta de interés de las nuevas generaciones puede deberse a varios factores, como la migración a zonas urbanas en busca de oportunidades laborales más atractivas, la falta de incentivos económicos, la escasa capacitación y el acceso limitado a tecnología e innovación en el campo.

El 98% de los productores es hombre, por lo que, promover la igualdad de género en esta actividad favorecería el crecimiento y la sostenibilidad de los sistemas de producción. Las mujeres juegan un papel clave en la preservación de la diversidad ganadera. Además, integrar a las mujeres en las estructuras de las organizaciones ganaderas, les permite participar en la toma de decisiones, y contribuiría a la construcción de un país más justo y equitativo, brindándoles la oportunidad de desarrollarse en cualquier área de esta cadena productiva.



Figura 2. Nivel de escolaridad de los productores ganaderos

La mayoría de los productores tienen estudios básicos, como primaria y secundaria, mientras que pocos han alcanzado un nivel educativo superior. Aún hay personas sin estudios formales en este sector. El nivel educativo de los productores es un factor determinante para el éxito y la sustentabilidad de los sistemas de producción de bovinos, ya que influye en la adopción de innovaciones, la eficiencia en la gestión y la capacidad para enfrentar los desafíos actuales y futuro del sector ganadero.

El 95 % de los productores encuestados tienen sistemas de ganadería extensivos y el 3% semi-intensivos. Además, ellos mencionan que disminuyó el 25% de sus vientres, en comparación con el año previo (2022) como efecto de la sequía, ya sea por muerte o venta de ganado. Únicamente el 10% de los productores realizan registros reproductivos, estos registros permiten monitorear y evaluar el desempeño reproductivo de los animales, facilitando la toma de decisiones informadas para mejorar la productividad y la sostenibilidad del hato.

Cuadro 1. Efectos de la sequía sobre ganado, recursos naturales y parámetros reproductivos.

Efecto de la sequía sobre:	Ningún (%)	Leve (%)	Moderado (%)	Severo (%)	Muy severo (%)
Ganado	2	10	15	31	42
Pastizal	0	3	7	39	51
Abrevaderos y agua para ganado	0	5	12	34	49
Producción de forraje	0	0	7	43	50
Parámetros reproductivos	0	14	29	41	17

Valores expresados en porcentajes.

Se reportan efectos severos y muy severos de la sequía 2023 sobre el ganado, pastizal, abrevaderos, agua para el ganado, producción de forraje y parámetros reproductivos de los animales en regiones con climas secos en el estado de Zacatecas, México. Martínez-García y Gómez-Macpherson (2017), señalaron que el acceso al agua es una de las principales limitantes en la producción ganadera en zonas áridas y semiáridas durante periodos de sequía prolongada.

CONCLUSIONES

La sequía de 2023 tuvo un impacto profundo y multifacético en la ganadería de las regiones semiáridas del estado de Zacatecas. Las consecuencias de este fenómeno afectaron no solo la productividad, sino también la supervivencia del ganado, debido a la aguda escasez de recursos esenciales como el agua y el forraje. Este evento subraya la vulnerabilidad de los sistemas de producción bovina frente a la variabilidad climática, y pone de manifiesto la necesidad de estrategias de adaptación más robustas.

Para asegurar la sustentabilidad a largo plazo de los sistemas de producción bovina en zonas semiáridas de Zacatecas, es crucial promover la participación de jóvenes y mujeres, y aumentar el nivel educativo de los productores. Estos grupos pueden aportar nuevas perspectivas y enfoques innovadores que ayuden a la ganadería a enfrentar de manera más efectiva los desafíos actuales y futuros. La inclusión de estas visiones no solo mejoraría la capacidad de adaptación, sino que también fortalecería la resiliencia de los sistemas ganaderos frente a las condiciones climáticas adversas.

LITERATURA CITADA

- Girma, AS y Zelalem, BE (2022). Vulnerabilidad a la sequía e impactos del cambio climático en la producción y productividad ganadera en diferentes zonas agroecológicas de Etiopía. *Revista de investigación animal aplicada*, 50(1), 471-489
- Habte, M., Eshetu, M., Maryo, D. y Andualem, LA (2022). Efectos de la variabilidad climática en la productividad ganadera y las percepciones de los pastores: el caso de la resiliencia a la sequía en el sureste de Etiopía. *Veterinaria y ciencia animal*, 16.
- INEGI. (2008). Sistema para la consulta del Anuario Estadístico de Zacatecas. Instituto Nacional de Estadístico de Zacatecas.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) (2022) Censo agropecuario 2022.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos.
- Martínez-García, C. G., y Gómez-Macpherson, H. (2017). Adaptation strategies of smallholder farmers to drought: An empirical study in rural Mexico. *Agricultural Systems*, 148, 43-52.
- Rodríguez-Ortega, T., Olaizola, A., y López-i-Gelats, F. (2016). Livestock farmer perceptions of climate change adaptation in Mediterranean rangelands. *Rangeland Ecology & Management*, 69(5), 383-391.

CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA EN PASTOS FORRAJEROS NATIVOS E INTRODUCIDOS EN MÉXICO STOMATAL CHARACTERIZATION IN NATIVE AND INTRODUCED FORAGE GRASSES IN MEXICO

Edith Ramírez Segura^{1*}, David Trujillo García², Carlos Trejo², Ximena Guadalupe Galaviz Vázquez³, Ebandro Uscanga Mortera², Antonio García Esteva², Juan Pablo Parra Toro⁴.

¹CENID AF, INIFAP, ²Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, ³CU Lagos - Universidad de Guadalajara, ⁴Unidad Central del Valle del Cauca, Colombia.

*Autor para correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

Muchas gramíneas son tolerantes a la sequía debido a su capacidad para regular el intercambio de gases (transpiración y fijación de CO₂) con la atmósfera, a través de los estomas. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los estomas de pastos forrajeros nativos e introducidos en los pastizales de zonas áridas y semiáridas de México. Se colectaron coronas de pastos, se trasplantaron en bolsas de plástico, se mantuvieron de marzo a julio del 2024 en condiciones de invernadero con riego constante. Se realizaron impresiones de epidermis de hojas jóvenes y se determinaron la longitud de los estomas (LE), la densidad estomática (DE) y el índice estomático (IE) en cinco pastos nativos (navajita, banderita, gigante, búfalo y lobo) y cuatro introducidos (buffel, rosado, llorón y garrapata) en México. Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). Se observaron diferencias significativas en LE e IE entre pastos nativos e introducidos, con variaciones en el haz y envés de las hojas. La especie con mayor LE fue el pasto navajita, seguido del pasto buffel con 51.9 y 45.3 μm en el haz y de 50 y 48.5 μm en el envés, respectivamente. La mayor DE se observó en el haz de banderita (219) y búfalo (234 estomas mm^{-2}). Banderita y gigante presentaron el mayor IE en haz, 18 y 15 respectivamente, mientras que búfalo presentó IE de 20 en envés.

Palabras clave: adaptación, intercambio de gases, pastizales, sequía.

ABSTRACT

Many grasses are drought tolerant due to their ability to regulate gas exchange (transpiration and CO₂ fixation) with the atmosphere, through stomata. The objective of this work was to characterize the stomata of native and introduced forage grasses in the grasslands of arid and semi-arid areas of Mexico. Grass crowns were collected, transplanted in plastic bags, kept from March to July 2024 in greenhouse conditions with constant irrigation. Stomatal impressions from the epidermis of young leaves were made and stomatal length (LE), stomatal density (SD) and stomatal index (IE) were determined in five native grasses (blue grama, sideoats grama, giant, buffalo and wolftail) and four introduced grasses (buffel, natal, weeping love and wilman love) in Mexico. The data were subjected to an analysis of variance (ANOVA). Significant differences in LE and IE were observed between native and introduced grasses, with variations in the upper and lower surfaces of the leaves. The species with the highest LE was razor grass, followed by buffel grass with 51.9 and 45.3 μm on the upper surface and 50 and 48.5 μm on the underside, respectively. The highest DE was observed in the upper surface of sideoats grama (219) and buffalo grass (234 stomata mm^{-2}).

Sideoats grama and giant grass presented the highest EI on the lower surface, 18 and 15 respectively, while buffalo grass presented an EI of 20 on the lower surface.

Key words: adaptation, drought, gas exchange, rangelands.

INTRODUCCIÓN

Las Poáceas, anteriormente conocidas como gramíneas, son una familia diversa y abundante de plantas monocotiledóneas que incluyen pastos, bambúes, juncos y diversos cereales. Esta familia es importante ecológica y económicamente debido a su distribución y su uso en la agricultura, la nutrición humana y animal, la industria y la construcción. Muchas gramíneas son tolerantes a la sequía y se desarrollan en condiciones adversas. Una de las características que les permite su adaptación a condiciones de falta de agua en el suelo y alta irradiación, es su capacidad para regular el intercambio de gases (transpiración y fijación de CO₂) con la atmósfera. Las gramíneas, especialmente aquellas presentes en regiones semiáridas y áridas, dependen de la regulación estomática para minimizar la pérdida de agua y evitar la deshidratación. Los estomas de las gramíneas tienen una morfología característica denominada “graminoide” o “halteriforme”, además de ser estomas muy pequeños y distribuidos paralelamente a lo largo de las nervaduras. La morfología de los estomas determina en gran medida su funcionalidad (apertura y cierre); esta característica, la densidad y el índice estomático, influyen en la eficiencia del uso del agua, un factor determinante del rendimiento de una planta en condiciones de estrés y un componente clave de la resistencia a la sequía. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar los estomas de pastos forrajeros nativos e introducidos de los pastizales de zonas áridas y semiáridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante los meses de marzo a julio del 2024, en el laboratorio de Biofísica y Fisiología Vegetal Ambiental del Postgrado en Botánica, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. En zonas áridas y semiáridas de México se recolectaron coronas de pastos (Cuadro 1), de al menos 15 cm de diámetro, se trasplantaron en bolsas de plástico, se llevaron y mantuvieron en condición de invernadero con riego.

Cuadro 1. Condición, nombre común, nombre científico y lugar de recolecta de las especies de pastos forrajeros a los cuales se realizó su caracterización estomática.

Especie	Nombre común	Nombre científico	Lugar de recolecta
Nativas	navajita	<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	Apan, Hidalgo
	banderita	<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	Apan, Hidalgo
	gigante	<i>Disakisperma dubium</i> (Kunth) P.M.Peterson & N.Snow	Teotihuacán, Edo. de México
	búfalo	<i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) Engelm.	Apan, Hidalgo
Introducidas	lobero	<i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) Columbus.	Apan, Hidalgo
	buffel	<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link.	Ojuelos de Jalisco, Jalisco
	rosado	<i>Melinis repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	Ojuelos de Jalisco, Jalisco
	llorón	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrader) Nees.	Ojuelos de Jalisco, Jalisco

garrapata *Eragrostis superba* (Peyr).

Ojuelos de Jalisco,
Jalisco

A principios de julio se seleccionaron hojas jóvenes, completamente expandidas y libres de daños, de cada especie y se llevaron al laboratorio. Posteriormente, se tomó un cm² de la parte media de la hoja para obtener las impresiones epidérmicas del haz y del envés. La técnica consistió en la aplicación de una capa de un compuesto comercial de cianocrilato (Kola Loka®) sobre un porta-objetos, posteriormente se colocó un cm² de la hoja en el sentido de las nervaduras, se dejó secar el pegamento por cinco minutos, posteriormente con pinzas de disección se retiró el segmento de la hoja. Por cada especie se realizaron diez repeticiones de las cuales se observaron ocho campos en un microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania) con aumento de 40x. Se tomaron fotografías de las impresiones obtenidas con la cámara de un teléfono celular adaptado a uno de los objetivos. Finalmente, las imágenes fueron analizadas con el programa “ImageJ”.

Variables evaluadas. El área de observación del microscopio se calibró previamente con un portaobjetos de calibración y un ocular graduado, determinándose el área. Posteriormente se registró en cada campo observado en el microscopio, la longitud de los estomas (LE, μm), número de estomas y número de células epidérmicas. Con estos datos, se calculó la densidad estomática (DE; número de estomas mm⁻²), la densidad de células epidérmicas (DCE; número de células epidérmicas mm⁻²) y el índice estomático (IE) usando la siguiente expresión:

$$IE = [DE / (DE + DCE)] \times 100.$$

Análisis estadístico. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde el tratamiento fue la especie. Las variables LE, DE e IE se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey). Se comparó el haz y envés por separado y en conjunto por especies. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2013), con un nivel de significancia de α=0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas en la LE entre pastos nativos e introducidos, con variaciones en el haz y envés de las hojas. La longitud de los estomas del haz de los pastos nativos fue menor (29.5 μm) que la de los estomas de los pastos introducidos (34.9 μm). Un patrón similar se observó en el envés de la hoja, donde los estomas de los pastos nativos, tuvieron una longitud de estomas de 28.1 μm; mientras que, los de estomas de los pastos introducidos fue de 33.7 μm (Figura 1).

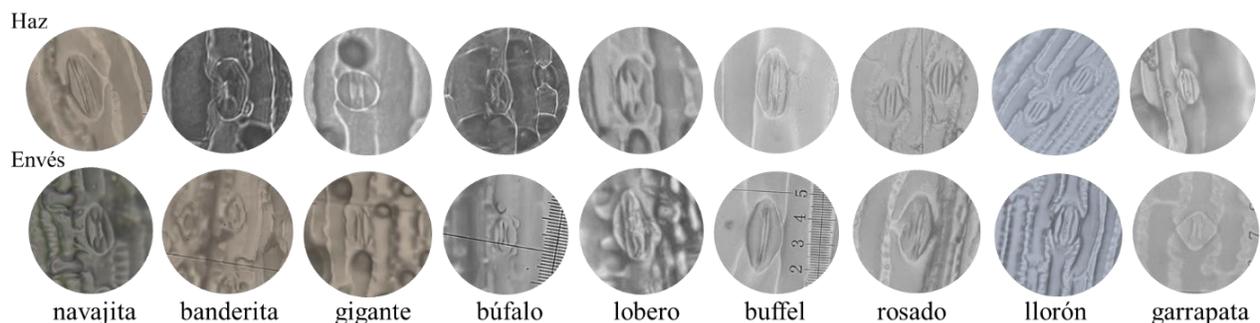


Figura 1. Estomas de pastos forrajeros nativos e introducidos, observados a 40 x en microscopio óptico, fotografías tomadas con cámara de un teléfono celular.

Dentro de las especies nativas, la LE del haz y del envés no fueron significativas; sin embargo, fueron diferentes entre los pastos introducidos. El pasto buffel y rosado presentaron la mayor longitud de estomas en comparación con las otras especies introducidas. La especie con mayor longitud de estomas fue el pasto navajita, seguido del buffel, con 51.9 y 45.3 μm respectivamente, en el haz; y 50 y 48.5 μm respectivamente, en el envés. (Figura 1). La longitud de lo estomas puede influir en el volumen de agua transpirado por las plantas. En general, la conductancia estomática es proporcional al radio del área del poro y a la profundidad; por lo tanto, entre mayor sean estas variables por unidad de área foliar, mayor será la conductancia estomática y el intercambio de gases, lo que repercute en una mayor tasa fotosintética y desarrollo de la planta (Franks y Farquahar, 2007; Giday *et al.*, 2013).

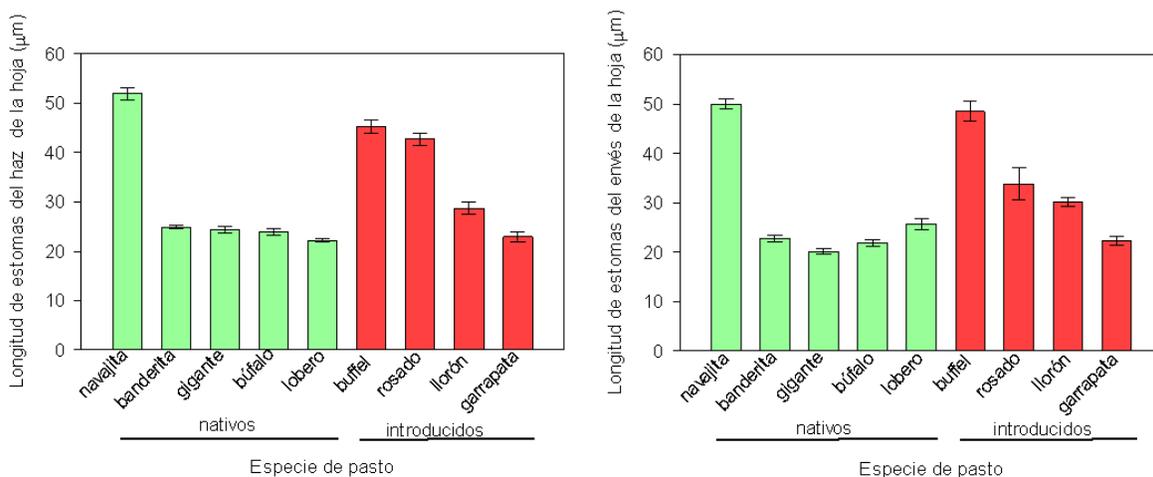


Figura 2. Longitud de estomas del haz (izquierda) y del envés (derecha) de hojas de pastos forrajeros, presentes en zonas áridas y semiáridas de México.

La longitud de los estomas oscila entre 10 y 80 μm , lo cual es consistente con lo consignado en este estudio. El tamaño del estoma (largo y ancho) determina el tamaño del ostiolo y, por ende, influye en la capacidad de intercambio de gases. En las gramíneas, los estomas tienen una mayor eficiencia en la apertura del ostiolo, al haber cambio en la presión hídrica y el grado de turgencia dentro de las células subsidiarias. Además, estos estomas responden rápidamente a los cambios en la intensidad de luz.

En la densidad estomática (DE) se observaron diferencias entre las especies nativas e introducidas. En las nativas, la mayor DE se observó en el envés de las hojas, excepto en loboero. Al comparar la DE en el haz, banderita y búfalo presentaron la mayor DE con respecto a navajita, gigante y loboero. En las especies introducidas, buffel tuvo una DE mayor en el envés, rosado y llorón en el haz, mientras que, en garrapata fue similar en ambas superficies de las hojas (Cuadro 2). Especies que poseen estomas en ambas superficies de la hoja se conocen como anfiestomáticas (Márquez *et al.*, 2024), por lo que todas las especies caracterizadas se clasifican como tal. En nuestro estudio observamos estomas en ambas superficies con pequeñas diferencias en la densidad (Cuadro 2). La presencia de estomas en ambos lados de la hoja favorece una mayor tasa fotosintética y, facilita la difusión de CO_2 .

entre las células del mesófilo. Las especies C4, como los pastos de este estudio, presentan fotorrespiración mínima o en algunos casos indetectable, lo que incrementa la eficiencia en el uso del agua (Klooster y Plamer-Young, 2004).

Cuadro 2. Densidad e índice estomático en pastos nativos e introducidos presentes en zonas áridas y semiáridas de México.

Variable	Especie									
	Nativas					Introducidas				
	navajita	banderita	gigante	búfalo	lobero	buffel	rosado	llorón	garrapata	
DE	Haz	42 f	219 a	166 bc	234 a	201 ab	64 ef	102 de	140 cd	131 cd
	Envés	54 e	235 ab	187 bc	253 a	143 cd	69 e	70 e	102 de	131 d
IE	Haz	12 d	18 a	15 a	16 ab	16 abc	15 bcd	15 bcd	13 cd	13 cd
	Envés	16 bc	20 ab	15 cd	20 a	15 cd	16 cd	14 cd	13 d	13 d

DE = Densidad de estomas (número mm⁻²), IE = Índice estomático. Medias con letras diferentes representan diferencia estadística (P < 0.05)

El índice estomático varió ligeramente entre especies nativas e introducidas. Se observó un índice mayor en el envés, excepto para gigante, llorón y garrapata, los cuales tuvieron el mismo índice estomático en ambas superficies. Álvarez-Holguín *et al.* (2018) reportaron mayor índice estomático en el envés comparado con el haz para pasto banderita; mientras que Márquez *et al.* (2024) obtuvieron resultados similares en el haz y en el envés en lobero. El índice estomático, al ser menos susceptible a factores ambientales, permite comparar el número de estomas entre individuos de la misma especie y entre diferentes especies, proporcionando información sobre sus adaptaciones morfológicas y fisiológicas y su respuesta a condiciones ambientales específicas (Wang *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Las hojas de las especies estudiadas, tanto nativas como introducidas, presentaron estomas en el haz y en el envés, lo que permite concluir que por la posición de sus estomas presentan hojas anfiestomáticas. Se observaron diferencias en el tamaño de estomas, la densidad y el índice estomático entre las especies. Las características de los estomas, así como su densidad, pueden ser factores determinantes en el desarrollo de programas de selección y mejoramiento genético.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Rubio-Arias, H. O., & Villarreal-Guerrero, F. (2018). Stomatal characterization, chlorophyll concentration and their relation with biomass production of *Bouteloua curtipendula*. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 251–261. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29900>
- Franks P J, G D Farquhar (2007) The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiol.* 143:78-87.
- Giday, H., K.H. Kjaer, D. Fanourakis, and C.O. Ottosen. 2013. Smaller stomata require less severe leaf drying to close: a case study in *Rosa hybrida*. *J. Plant Physiol.* 170:1309-1316. [doi:10.1016/j.jplph.2013.04.007](https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.04.007)
- Klooster, B., and E. Palmer-Young. 2004. Water stress marginally increases stomatal density in *Elymus canadensis*, but not in *A. gerardii*. *Tillers* 5:35-40.
- Márquez-Godoy, J. N. ., Morales Nieto, C. R., Corrales Lerma, R., & Álvarez Holguín, A. . (2024). Caracterización estomática de poblaciones de pasto Lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 18(1), e1376. <https://doi.org/10.54167/tch.v18i1.1376>



XIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales SOMMAP 2024



Wang, Y., X. Chen, and C.B. Xiang. 2007. Stomatal density and bio-water saving. *J. Integr. Plant Biol.* 49:1435-1444. doi:10.1111/j.1672-9072.2007.00554.x

**COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LOS PASTIZALES EN EL ESTADO DE
CHIHUAHUA, MÉXICO**
**COMPOSITION AND DIVERSITY OF THE GRASLANDS IN THE STATE OF
CHIHUAHUA, MEXICO**

Martín Martínez-Salvador*¹, Fernando Quiroz-Sánchez¹, Raúl Corrales-Lerma¹, José Humberto Vega-Mares¹, Alfredo Pinedo-Alvarez¹, José Alfredo Villarreal-Balderrama¹, Nathalie Socorro Hernández-Quiroz¹

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, universidad Autónoma de Chihuahua.

*Autor de correspondencia: Martín Martínez-Salvador msalvador@uach.mx

RESUMEN

Las principales comunidades de pastizal del estado de Chihuahua, México son el pastizal amacollado, el pastizal mediano abierto, el pastizal halófito y el pastizal mezquital. Se realizó un muestreo de campo para conocer la composición y diversidad de estas comunidades. Se establecieron unidades de muestreo de 5000 m² con Líneas Canfield en su interior. Se colectaron datos de número de especies, cobertura basal y abundancia por cada especie. Con esta información se construyeron Índices de Valor de Importancia (IVI) e índices de diversidad de Shannon W. Los resultados muestran que las comunidades de pastizal están compuestas por un gran número de especies; sin embargo, aproximadamente 10 especies por cada comunidad agrupan más del 90% de los valores de importancia. Además, las especies *Melinis repens* y *Eragrostis lehmanniana* (zacate rosado y zacate africano) ocupan los más altos niveles de importancia en los pastizales amacollado, mediano abierto y mezquitales. Los índices de diversidad indican que la abundancia de las comunidades se concentra en pocas especies.

ABSTRACT

The main grassland communities in the state of Chihuahua, Mexico are the tillered grassland, the open grassland, halophytic grassland and the association mezquite-grassland. A Field sampling was carried out to know the composition and diversity of these communities. Sampling units of 5000 m² were established with three Canfield Lines within each unit. Data of the number of species, basal cover and abundance for each species were collected. With this information, Importance Value Indices (IVI) and Shannon-W diversity indices were constructed. The results show that grassland communities are composed of a large number of species; However, approximately 10 species for each community group more than 90% of the IVI. In addition, the species *Melinis repens* and *Eragrostis lehmanniana* (pink grass and African grass) occupy the highest levels of importance in tillered, open grasslands and mezquite-grasslands. The diversity indices indicate that the abundance of the communities is concentrated in few species.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales del norte de México han sido estudiados ampliamente en términos de su estructura y composición, por lo que se han delimitado comunidades de pastizal en función de su composición y las condiciones ecológicas en las crecen (Miranda y Hernández X., 1963). Para el estado de Chihuahua las comunidades de pastizal con mayor importancia para la ganadería extensiva son clasificadas como pastizal mediano abierto, pastizal amacollado,

pastizal halófito y pastizal mezquital (Jurado Guerra *et al.*, 2021). Adicionalmente, existen un gran número de comunidades de pastizal, las cuales se asocian o mezclan con otras comunidades desde las zonas de los valles centrales del estado hasta los matorrales en el este y bosques de encino y pino en el oeste, así como las zonas de selva baja en los cañones de Chihuahua (Estrada-Castillo y Villarreal-Quintanilla, 2010). Conocer la estructura y diversidad de las principales comunidades de pastizal, permite conocer las especies con mayores abundancias y coberturas, así como una descripción de la composición estructural y la posible invasión de especies no nativas. En las últimas décadas algunas especies como *Melinis repens* y *Eragrostis lehmanniana* se han dispersado en las comunidades de gramíneas (Herrera and Peterson, 2018), principalmente en las comunidades de pastizal mediano abierto y pastizal amacollado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para coleccionar información de la composición de los pastizales en el estado, se diseñó un sistema de muestreo estratificado, considerando como estratos cuatro comunidades de pastizal (Pastizal mediano abierto, Pastizal amacollado, Pastizal halófito y pastizal mezquital). En cada estrato se establecieron aleatoriamente 25 unidades muestrales de 100 m x 50 m y dentro de cada unidad se colocaron 3 líneas canfield de 20 m cada una. A lo largo de cada Línea Canfield se colectó la siguiente información: Especies presentes, Cobertura basal, Cobertura de mantillo, Cobertura de suelo desnudo. Los materiales utilizados para el muestreo fueron: Cinta métrica, GPS, Brújula y Formato de campo. Con la información de campo se construyó el índice de valor de importancia (IVI) de las especies para cada una de las comunidades estudiadas considerando los atributos (cobertura basal %, diámetro basal por especie cm y la abundancia por especie.

Cobertura basal = sumatoria de todas las coberturas encontradas en la línea de muestreo
Diámetro de la base de cada especie. Promedio de longitud basal de cada especie interceptada en la línea Canfield. Número de plantas por hectárea. Para estimar el número de plantas por hectárea se utilizó la siguiente ecuación: $No\ Plantas = 10000 / D^2$, donde: 10000 corresponde a la superficie de una hectárea en metros cuadrados, mientras que D corresponde a la distancia entre una planta y otra. Esta distancia fue estimada como el promedio de distancias encontradas en los componentes (Suelo desnudo, Roca y Mantillo orgánico), dado que son los espacios vacíos que se encontraron en cada línea, y por tanto, a esta distancia se consideró como la distancia entre plantas.

Índice de valor de importancia (Whittaker, 1972). $IVI = Cobertura\ basal\ relativa + diámetro\ de\ cobertura\ relativo + abundancia\ relativa$. Donde: Cobertura relativa = Cobertura de la especie X / la sumatoria de la cobertura de todas las especies por tipo de pastizal x 100; diámetro de cobertura relativo = Diámetro de cobertura relativo de la especie X / sumatoria de los diámetros de cobertura de todas las especies en la comunidad x 100; abundancia relativa = abundancia de la especie X / sumatoria de las abundancias de todas las especies en la comunidad x 100

Índice de diversidad. Para cada tipo de pastizal estudiado se estimó el índice de diversidad de Shannon, el cual se representa con la siguiente ecuación:

$H' = -\sum Si = 1Pi * \ln(Pi)$, donde: (H') es el Índice de Shannon, Pi: Proporción de los individuos de la especie i respecto al número total de individuos, Ni: Número de individuos de la especie i, N: Número de individuos.

RESULTADOS

Las especies que tienen los valores de IVI mayores, corresponden a las especies más importantes y dominantes en la comunidad, mientras que las que tienen los valores de IVI menores corresponden a las especies menos importantes. Por su parte, el índice de diversidad de Shannon, es un índice utilizado para conocer la equitatividad de las especies en la comunidad. Este índice es interpretado de acuerdo a los valores de equidad que arroja. La interpretación asociada a este índice indica que índice de diversidad cercanos o mayores a 2 indican alta diversidad en la comunidad, lo cual supone que la mayoría de las especies de la comunidad tienen abundancia similar, mientras que índices con valores debajo cercanos o menores a 1 indican comunidades con baja diversidad, puesto que el número de individuos de la comunidad este concentrado en pocas especies.

A continuación, se presentan cuadros que presentan los resultados de los índices de valor de importancia para cada una de las cuatro comunidades de pastizal estudiadas. En estos resultados destacamos que solamente se presentan datos para las principales especies, debido al espacio disponible para este resumen; por si existe el interés de contar con la información completa, sugerimos ponerse en contacto con los autores de este documento.

Los encabezados contienen (Cobertura en %, abundancia en número de individuos, diámetro basal en cm, así como sus valores relativos cobrel, aburel y diamrel).

Cuadro 1. Índice de valor de importancia en el pastizal amacollado en Chihuahua.

Especie	Cob %	Abundancia	diambas cm	Cobrel	Aburel	diamrel	IVI
<i>Melinis repens</i>	2.6	8020.9	6.0	18.1	25.9	1.0	45.0
<i>Bouteloua gracilis</i>	3.4	5845.7	10.9	23.7	18.9	1.8	44.4
<i>Heteropogon contortus</i>	1.7	3695.3	8.5	11.8	11.9	1.4	25.1
<i>Eragrostis lehmanniana</i>	1.0	1989.8	9.2	6.9	6.4	1.6	14.8
<i>Muhlenbergia rigida</i>	0.8	1075.2	13.9	5.6	3.5	2.3	11.4
<i>Bouteloua eriopoda</i>	0.7	1087.6	12.6	5.1	3.5	2.1	10.7
<i>Yucca elata</i>	0.0	12.4	66.0	0.3	0.0	11.1	11.4
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.6	1273.0	8.3	3.9	4.1	1.4	9.4
<i>Bouteloua chondrosioides</i>	0.5	1013.4	9.0	3.4	3.3	1.5	8.2
<i>Aristida divaricata</i>	0.4	1137.0	6.2	2.6	3.7	1.0	7.3
Total general	14.5	30983.5	595.2	100.0	100.0	100.0	300.0

Cuadro 2. Índice de valor de importancia en el pastizal mediano abierto en Chihuahua.

Especie	cob %	Diambas	Abundancia	Cobrel	Aburel	diamrel	IVI
<i>Bouteloua gracilis</i>	3.34	13.40	7917.47	23.92	15.83	15.83	55.59
<i>Eragrostis lehmanniana</i>	2.28	7.66	9462.85	16.36	18.92	18.92	54.21
<i>Melinis repens</i>	2.84	11.28	7980.97	20.31	15.96	15.96	52.23
<i>Aristida divaricata</i>	0.94	5.27	5673.48	6.74	11.35	11.35	29.43
<i>Aristida schiedeana</i>	0.44	4.88	2879.08	3.17	5.76	5.76	14.68
<i>Bothriochloa barbinodis</i>	0.52	9.49	1735.91	3.71	3.47	3.47	10.66
<i>Aristida adscensionis</i>	0.24	3.96	1905.27	1.70	3.81	3.81	9.32
Total general	13.96	551.95	50002.82	100.00	100.00	100.00	300.00

Cuadro 3. Índice de valor de importancia en el pastizal halófito en Chihuahua.

Especie	cob %	Diambas	Abundancia	Cobrel	Aburel	diamrel	IVI
<i>Hilaria mutica</i>	7.10	23.83	5845.80	44.59	9.75	29.58	83.92
<i>Sporobolus airoides</i>	3.54	15.93	4354.92	22.20	6.52	22.04	50.76
<i>Sporobolus cryptandrus</i>	3.34	15.08	4341.85	20.96	6.17	21.97	49.10
<i>Distichlis spicata</i>	0.78	5.82	2615.57	4.87	2.38	13.24	20.48
<i>Neltuma glandulosa</i>	0.24	33.00	143.86	1.52	13.50	0.73	15.74
<i>Koerberlinia spinosa</i>	0.08	30.75	52.31	0.51	12.58	0.26	13.35
<i>Hopia obtusa</i>	0.38	8.61	876.22	2.41	3.52	4.43	10.37
<i>Acacia sp</i>	0.03	14.67	39.23	0.18	6.00	0.20	6.38
<i>Dodonaea viscosa</i>	0.01	15.00	13.08	0.06	6.13	0.07	6.26
<i>Acacia constricta</i>	0.01	14.00	13.08	0.06	5.73	0.07	5.85
Total general	15.93	244.53	19760.63	100.00	100.00	100.00	300.00

Cuadro 4. Índice de valor de importancia en el pastizal mezquital en Chihuahua.

Especie	cob%	Diambas	Abundancia	Cobrel	Aburel	diamrel	IVI
<i>Hilaria mutica</i>	4.55	19.35	7873.04	38.71	5.90	34.92	79.53
<i>Sporobolus airoides</i>	4.60	28.03	5486.60	39.07	8.54	24.33	71.95
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.69	9.80	2364.14	5.89	2.99	10.48	19.36
<i>Heteropogon contortus</i>	0.38	6.09	2096.50	3.24	1.85	9.30	14.39
<i>Neltuma glandulosa</i>	0.21	29.09	245.34	1.81	8.87	1.09	11.77
<i>Atriplex hymenelytra</i>	0.25	25.33	334.55	2.15	7.72	1.48	11.36
<i>Melinis repens</i>	0.29	6.21	1561.23	2.47	1.89	6.92	11.28
<i>Neltuma laevigata</i>	0.02	30.00	22.30	0.17	9.14	0.10	9.41
<i>Sporobolus criptandrus</i>	0.05	25.00	66.91	0.43	7.62	0.30	8.34
Total general	11.764	328.11	22548.5747	100	100	100	300

En el pastizal amacollado se identificaron 57 especies de pastos, en el pastizal mediano abierto 48 especies, en el pastizal halófito 16 especies, mientras que en las comunidades de pastizal mezquital se encontraron 26 especies, incluyendo algunas arbustivas (Cuadros 1-4). Los resultados muestran que, en las comunidades de pastizal amacollado y pastizal mediano abierto, las especies *Melinis repens* y *Eragrostis lehmanniana*, que corresponden al zacate rosado y zacate africano, son dos de las más importantes en cada comunidad en el estado de Chihuahua (Cuadros 1 y 2). En contra parte, estas especies no han invadido el pastizal halófito (Cuadro 3), se cree que debido a que no toleran la salinidad de los suelos de esta comunidad; sin embargo, en las comunidades de pastizal mezquital, el zacate rosado ocupa un alto valor de importancia.

El índice de diversidad para cada una de las comunidades de pastizal estudiadas resultó ser de aproximadamente 1 para todas las comunidades (Pastizal amacollado 1.13, pastizal mediano abierto 1.16, pastizal halófito 0.8, pastizal mezquital 0.86). Estos valores del índice indican que la diversidad de las comunidades de pastizal es baja. Por lo que, aunque las comunidades de pastizal tienen alta riqueza de especies, la abundancia se encuentra

concentrada en muy pocas especies. Este resultado es de gran interés dado que el valor forrajero de los pastizales del estado está concentrado en pocas especies, las cuales podrían estar cambiando en su estructura como consecuencia de la invasión de especies de zacates africanos.

CONCLUSIONES

Las comunidades de pastizal en el estado de Chihuahua están compuestas por un gran número de especies; sin embargo, los valores de importancia de cada comunidad muestran que más del 90% de la cobertura y abundancias se encuentran concentrados en un máximo de 10 especies para cada tipo de pastizal.

En las comunidades de pastizal amacollado, pastizal mediano abierto y pastizal mezquital las especies *Melinis repens* y *Eragrostis lehmanniana* se han establecido y alcanzado altos valores de importancia en cada comunidad, desplazando así a especies nativas de importante valor forrajero.

Los valores de los índices de diversidad de Shannon-W muestran que las comunidades de pastizal mantienen baja diversidad, a pesar de contar con altos valores de riqueza. Evidenciando que la abundancia de las comunidades no es equitativa entre las especies.

LITERATURA CITADA

- Estrada-Castillón, E., y Villarreal-Quintanilla, J. Á. (2010). Flora del centro del estado de Chihuahua, México. Acta botánica mexicana, (92), 51-118.
- Herrera, A. and Peterson M. (2018). Grasses of Chihuahua, México. 1a ed. Published by Smithsonian Institution Scholarly Press. Washington, D. C. 380 p
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, D., Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. 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.
- Miranda, F., y Hernández X., E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación (Vol. 28, pp. 28-79). México: Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. Taxon, 21(2-3), 213-251.

UTILIZACIÓN DE JAGÜEYES POR EL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) EN SIERRA JALMICH, MICHOACÁN, MÉXICO USE OF JAGUAYES BY WHITE-TAILED DEER (*Odocoileus virginianus*) IN SIERRA JALMICH, MICHOACÁN, MEXICO

Eliazín Gómez Cárdenas^{1*}, Guillermo Herrera Arreola¹, José Luis Montañez Soto¹

¹Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR MICHOACÁN). Justo Sierra No. 28 Ote. Jiquilpan, Michoacán, México. C.P. 59510.

* Autor por correspondencia: gomezeliazin@gmail.com

RESUMEN

En regiones tropicales con bosques estacionales y una marcada temporalidad, el agua se torna un recurso clave y limitante. Sin embargo, se han implementado algunas estrategias sustentables para mitigar esta problemática. Siendo la construcción de jagüeyes, una fuente de captación y almacenamiento de agua de lluvia que permite satisfacer la demanda de agua de actividades pecuarias; no obstante, estos jagüeyes representan fuentes de agua disponibles para la fauna silvestre. El trabajo se enfocó en analizar la utilización de jagüeyes como abrevadero en época de estiaje por el venado cola blanca, así como determinar la tasa de captura y su variación temporal con base en fototrampeo, analizar los horarios y patrón de utilización de los jagüeyes. Se realizaron muestreos sistemáticos de marzo a mayo de 2021 y de diciembre 2021 a febrero 2022 en ocho jagüeyes de la sierra Jalmich, en el municipio de Tocumbo, Michoacán. Se colocaron ocho cámaras trampa, estas permanecieron activas las 24 h. Con un esfuerzo de muestreo de 1085 días-trampa se generaron 871 registros independientes obteniendo una tasa de captura de 0.52. Los meses de abril y mayo presentaron la mayor tasa de captura, con un valor de 0.67 y 0.63 respectivamente. El patrón de utilización fue principalmente diurno, con mayor frecuencia de las 7:00-11:00 h y de las 15:00-19:00 h. Se pone de manifiesto la importancia de los jagüeyes como fuente de agua disponible para el venado cola blanca; asimismo, constituyen una alternativa sustentable que permite garantizar la disponibilidad de agua en periodos de escasez.

Palabras clave: Fototrampeo, agua, temporada de estiaje, abrevadero.

ABSTRACT

In tropical regions with seasonal forests and a marked seasonality, water becomes a key and limiting resource. However, some sustainable strategies have been implemented to mitigate this problem. The construction of jagüeyes is a source of rainwater capture and storage that allows satisfying the water demand of livestock activities; however, these jagüeyes represent sources of water available for wildlife. The work focused on analyzing the use of jagüeyes as a watering place during the dry season by white-tailed deer, as well as determining the capture rate and its temporal variation based on photo-trapping, and analyzing the schedules and pattern of use of the jagüeyes. Systematic sampling was carried out from March to May 2021 and from December 2021 to February 2022 in eight jagüeyes in the Sierra Jalmich, in the municipality of Tocumbo, Michoacán. Eight camera traps were placed and remained active 24 hours a day. With a sampling effort of 1085 trap-days, 871 independent records were generated, obtaining a capture rate of 0.52. The months of April and May presented the

highest capture rate, with a value of 0.67 and 0.63, respectively. The pattern of use was mainly diurnal, with the highest frequency from 7:00-11:00 h and from 15:00-19:00 h. The importance of the jagüeyes as a source of available water for white-tailed deer is evident; they also constitute a sustainable alternative that guarantees the availability of water during periods of scarcity.

Keywords: Photo-trapping, water, dry season, waterhole.

INTRODUCCIÓN

El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) (Zimmermann, 1780) es el cérvido más ampliamente distribuido y estudiado en el continente americano (Gallina *et al.*, 2010). En este sentido, en regiones tropicales donde se distribuye el venado cola blanca y ante las condiciones climáticas adversas presentes en regiones áridas o tropicales con un régimen pluvial bajo, se ha encontrado que los venados satisfacen sus requerimientos de agua con la humedad contenida en plantas (flores, frutos y partes suculentas) así como utilizando fuentes de agua naturales y artificiales (Mandujano y Gallina, 1995; Reyna-Hurtado *et al.*, 2010; Delgado-Martínez *et al.*, 2018; Mandujano y Hernández, 2019). La región conocida como sierra Jalmich, presenta una marcada temporalidad con una precipitación media anual que va de los 900 mm a 1200 mm (Torres y Barragán, 2016), con vegetación mayormente dominada por Selva Baja Caducifolia (Velázquez *et al.*, 2010). Por lo tanto, durante la temporada de estiaje el agua se vuelve un recurso drásticamente limitado. La implementación de fuentes de agua artificiales como es el caso de los jagüeyes ha permitido solucionar esta problemática de crisis hídrica. En México, se han realizado estudios que evalúan el uso que dan los mamíferos tanto a fuentes de agua naturales como artificiales en zonas donde el recurso hídrico es limitado, mostrando que las fuentes artificiales son una alternativa eficiente y sustentable en regiones con una marcada temporalidad (Martínez-Ku *et al.*, 2008; Delgado-Martínez *et al.*, 2018). En la sierra Jalmich, la construcción de jagüeyes para aprovechamiento del agua ha resultado ser una práctica sustentable muy eficiente para uso pecuario; sin embargo, en lo que respecta a su uso por parte de la fauna silvestre y en especial por especies de importancia cinegética como venado cola blanca, aún se tiene desconocimiento al respecto. Por lo anterior, se plantean los siguientes objetivos: analizar la utilización de jagüeyes como abrevadero en época de estiaje por el venado cola blanca, así como determinar la tasa de captura y su variación temporal con base en fototrampeo y analizar los horarios y patrón de utilización de los jagüeyes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en la región conocida como sierra Jalmich, es una región del trópico seco en el occidente de México, en el estado de Michoacán (Torres y Barragán, 2016). Durante la temporada de estiaje, de marzo a mayo de 2021 y diciembre de 2021 a febrero de 2022 se realizó un muestreo sistemático en ocho jagüeyes de dos localidades (Los Desmontes, Palo Bobo) de la sierra Jalmich, en el municipio de Tocumbo, Michoacán, México. Se utilizó la metodología de fototrampeo (Chávez *et al.*, 2013).

Colecta de datos. El muestreo se dividió en dos etapas de muestreo intensivo. El primer periodo de marzo a mayo de 2021 y el segundo periodo de diciembre de 2021 a febrero de 2022, se colocaron ocho cámaras trampa digitales, estas se colocaron a una distancia mínima de 500 m lineales entre jagüeyes, tomando como referencia el ámbito hogareño del venado

cola blanca (Contreras-Moreno *et al.*, 2021). Las cámaras se programaron para permanecer activas las 24 h, se colocaron a una altura de 1 a 1.5 m del suelo todas las cámaras fueron georreferenciadas con ayuda de un GPS y fueron revisadas cada 60 días aproximadamente para extracción de datos, cambio de baterías y tarjetas SD.

Análisis de datos. La tasa de captura se interpreta como índice indirecto de la abundancia relativa (IAR) (Mandujano, 2019), la cual se obtuvo dividiendo la proporción de registros independientes de la especie (venado cola blanca) entre el esfuerzo de captura (días-trampa) (Jenks *et al.*, 2011) a través de la siguiente fórmula: Tasa de captura = $C/EM * 100$ días-trampa. Donde: C= Registros independientes, EM= Esfuerzo de Muestreo (No.de cámaras * días de monitoreo), 100 días-trampa (Unidad Estándar).

Variación de la tasa de captura. Para determinar la variación temporal de la tasa de captura, se utilizaron los registros independientes en ciclos de 24 h y se calculó por mes tanto la tasa de captura como el esfuerzo de muestreo en cada uno de los periodos de muestreo.

Horarios y patrón de uso de los jagüeyes. Para determinar los horarios y definir el patrón de uso se consideró el mismo criterio de registro independiente, pero en ciclos de una hora (Charre-Medellín, 2012; Aranda *et al.*, 2012). Los horarios de ocurrencia a los jagüeyes a lo largo del día se dividieron en tres unidades; diurnos (08:01-18:00 hr), crepusculares (06:01-08:00 y 18:01-20:00 hr) nocturnos (20:01-06:00 hr) (Monroy-Vilchis *et al.*, 2011). Se utilizó el lenguaje de programación RStudio (R Core Team, 2022), para analizar en un histograma de radar de manera gráfica los datos de tiempo en ciclos de 24 h, lo anterior siguiendo la sintaxis utilizada en (Caruso *et al.*, 2020), y poder describir el patrón de uso de los jagüeyes (desde los 00:00:00 hasta las 23:59:59).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de captura. Con un esfuerzo de muestreo de 1085 días-trampa, se obtuvieron 561 registros independientes, por lo que, la tasa de captura fue 51.7 venados cada 100 días-trampa. En regiones similares a la sierra Jalmich donde se ha evaluado el uso de fuentes de agua artificiales se han reportado tasas de visita a estas fuentes de agua en promedio de 4.14 venados por 100 días trampa (Mandujano y Hernández, 2019) valores inferiores a lo reportado en este estudio.

Variación temporal de la tasa de captura. La tasa de captura presentó variación a lo largo de la temporada de estiaje (Figura 1). Siendo los meses de abril y mayo los que presentaron la mayor tasa de captura con un valor de 67.3 y 63.4 respectivamente, ambos meses corresponden a la etapa final de la temporada de estiaje. Por el contrario, los meses que obtuvieron la menor tasa de captura fueron febrero y diciembre y corresponden a inicio y mediados de la temporada de estiaje con un valor de 38.3 y 41.2 respectivamente.

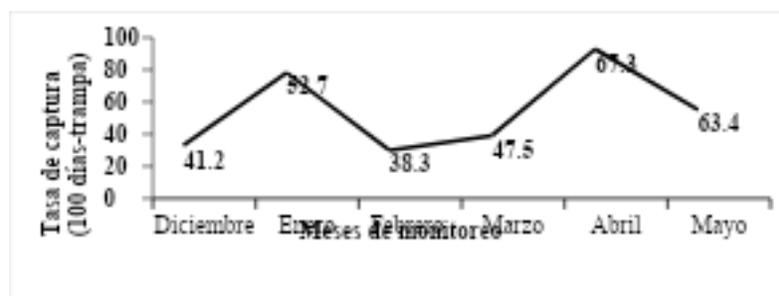
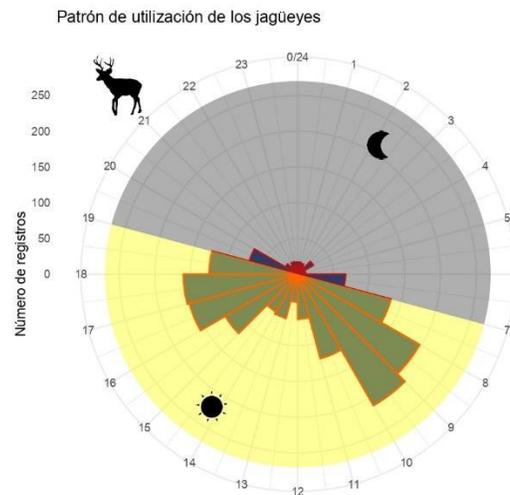


Figura 1. Variación temporal de la tasa de captura en la temporada de estiaje

Coincidimos con lo reportado por Charré-Medellín (2012), Charré-Medellín *et al.*, (2010) para el trópico seco de Michoacán, donde menciona que, de las especies registradas de ungulados el venado cola blanca presentó una mayor tasa de captura al finalizar la temporada de estiaje entre los meses de abril y junio. Se ha reportado que la ocurrencia, abundancia, distribución local y la actividad de especies de herbívoros son mayores hacia zonas con mayor disponibilidad de fuentes de agua en temporada de estiaje (Muposhi *et al.*, 2016).



Horarios y patrón de uso de los jagüeyes. De acuerdo con los resultados obtenidos, el venado cola blanca presentó un patrón de uso de los jagüeyes principalmente diurno (Figura 2), con dos picos de mayor ocurrencia, el primero entre las 07:00-11:00 h, el segundo entre las 15:00-17:00 h.

Coincidiendo con lo reportado por Gómez-Cárdenas (2019), quien para la sierra de Jalmich reporta un patrón de actividad principalmente diurno. En regiones similares a la sierra Jalmich, sobre todo en regiones dominadas por bosque tropical seco, coincidimos con lo reportado por Soria-Díaz y Monroy-Vilchis, (2015), López-Tello (2014) reportan un patrón diurno con picos de actividad muy similar a lo encontrado en este estudio.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de los jagüeyes como fuentes de agua disponibles para el venado cola blanca durante la época de estiaje en la sierra Jalmich. Asimismo, constituyen una alternativa sustentable que permite garantizar la disponibilidad de agua en periodos de escasez, por lo que son una medida útil de manejo y mejoramiento del hábitat de esta especie. Por otra parte, la información obtenida en este trabajo puede ser base en el contexto de desarrollar estrategias de manejo del venado cola blanca, ya que podría permitir establecer o diseñar épocas de veda y horarios de caza y aprovechamiento sustentable de la especie.

LITERATURA CITADA

- Aranda, M. A.; F. Botello; L. López-de Buen. 2012. Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (83)3: 778-784.
- Caruso, N. C.; Vidal, E. L.; Manfredi, M. C.; Araujo, M. S.; Lucherini, M.; E. B. Casanave. 2020. Spatio-temporal interactions of carnivore species in a coastal ecosystem in Argentina. *Ocean & Coastal Management* 198: 105311
- Charre-Medellín, J. F. 2012. Uso de Manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 89 p.
- Charre-Medellín, J. F.; Colín-Soto, C. Z.; T. C. Monterrubio-Rico. 2010. Uso de manantiales de filtración por los vertebrados durante la época seca en un bosque tropical fragmentado en la costa de Michoacán. *Acta zoológica mexicana* 26 (3): 737-743.
- Chávez, C., De La Torre, A., Bárcenas, H., Medellín, R. A., Zarza, H., & Ceballos, G. 2013. Manual de fototrampeo para estudio de fauna silvestre. El jaguar en México como estudio de caso. Alianza WWF-Telcel, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 108 p.
- Contreras-Moreno, F. M.; Hidalgo-Mihart, M. G.; Reyna-Hurtado, R.; López-González, C. A.; Cruz, A. J. D. L. 2021. Seasonal home-range size of the white-tailed deer, *Odocoileus virginianus thomasi*, in a tropical wetland of southeastern Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad* (92) 2: 3-11.
- Delgado-Martínez, C. M.; Alvarado, F.; Mendoza, E.; Flores-Hernández, S.; Navarrete, A.; Navarrete, E.; F. Botello. 2018. An ignored role of sartenejas to mitigate water shortage hazards for tropical forest vertebrates. *Ecology*, 99 (3): 758-760.
- Gallina, S.; Mandujano, S.; Bello, J.; López-Arévalo; H F. Weber. 2010. White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780). In: Barbanti, D. M. J y González, S (eds.) *Neotropical Cervidology Biology and Medicine of Latin American Deer*. Funep/IUCN, Jaboticabal, pp. 101-118.
- Gómez-Cárdenas, E. 2019. Riqueza y abundancia del ensamblaje de mamíferos de talla mediana y grande de la Sierra de Jalmich, en Michoacán. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 81 p.
- Jenks, K. E.; P. Chanteap; K. Damrongchainarong, P; Cutter, T; Redford, A; J. Lynam; J. Howard; P. Leimgruber. 2011. Using relative abundance indices from camera-trapping to test wildlife conservation hypotheses - an example from Khao Yai National Park, Thailand. *Tropical Conservation Science* 4: 113-131.
- López-Tello, M. E. 2014. Patrón de actividad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Tesis Maestría. Instituto de Neuroetología. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México. 75 p.
- Mandujano, S. 2019. Índice de abundancia relativa: RAI. In: Mandujano, S y Pérez-Solano, L. A. (eds.), *Fototrampeo en R organización y análisis de datos. Volumen I*. Instituto de Ecología de Ecología, A. C., Xalapa, Ver, México, pp. 137-152.
- Mandujano, S.; Gallina, S. 1995. Disponibilidad de agua para el venado cola blanca en un bosque tropical caducifolio de México. *Vida Silvestre Neotropical* 4: 107-118.
- Mandujano-Rodríguez, S.; C. Hernández. 2019. Uso de bebederos artificiales por venado cola blanca en una UMA extensiva en la reserva de biósfera Tehuacan-Cuicatlán, México. *AGROProductividad* 12 (6): 37-43.
- Martínez-Kú, D. H.; G. Escalona-Segura; J. A. Vargas-Contreras. 2008. Importancia de las aguadas para los mamíferos de talla mediana y grande en Calakmul, Campeche, México. In: C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds) *Avances en el estudio de los mamíferos II*. Asociación Mexicana de Mastozoología A. C., México, pp. 449-468.
- Monroy-Vilchis, O.; Zarco-González, M. M.; Rodríguez-Soto, C., Soria-Díaz, L; Urios, V. 2011. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nanchititla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista de Biología Tropical* 59(1): 373-383.
- Muposhi, V. K.; Gandiwa, E; Chemura, A; Bartels, P; Makuza, S. M; T. H. Madiri. 2016. Habitat heterogeneity variably influences habitat selection by wild herbivores in a semi-arid tropical savanna ecosystem. *PloS one* 11 (9): e0163084.

-
- Reyna-Hurtado, R.; O’Farril, G; Simá, D; Andrade, M; Padilla, A; L. Sosa 2010. Las aguadas de Calakmul: Reservorios de vida silvestre y de la riqueza natural de México. *Biodiversitas* 93: 1-6.
- Soria-Díaz, L.; O. Monroy-Vilchis. 2015. Monitoring population density and activity pattern of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in Central Mexico, using camera trapping. *Mammalia* 79 (1): 43-50.
- Torres, V. R.; Barragán, L. E. 2016. Hábitat de la cultura ranchera en la Sierra de Jalisco y Michoacán, México, potencial para el aprovechamiento de un turismo biocultural. *International Journal of Scientific Management and Tourism* 2 (4): 281-301.
- Velázquez, A.; Duran, E; Larrazábal, A; López, F; C. Medina. 2010. La cobertura vegetal y los cambios de uso del suelo. In: Mendoza, M., Velázquez, A., Larrazábal, A., Toledo, A (eds), *Atlas físico-geográfico de la cuenca del Tepalcatepec*. SEMARNAT/INE/CIGA-UNAM/ColMich, pp. 28-32.

PERFIL BROMATOLÓGICO DE TRIGO CRISTALINO BAJO CLIMA SEMISECO EN ZACATECAS, MÉXICO
BROMATOLOGICAL PROFILE OF CRYSTAL WHEAT UNDER SEMI-DRY CLIMATE IN ZACATECAS, MEXICO

Armando José María Carrillo-Aguilera¹, Luis Cuauhtemoc Muñoz-Salas¹, Daniel García-Cervantes¹, Alejandro Espinoza-Canales¹, Claudia Manuela Cortés-Vega², Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1*}

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

²Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México.

*Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

El trigo cristalino (*Triticum durum*) es un cultivo clave en las regiones semiáridas de México, donde las condiciones de baja disponibilidad de agua y temperaturas extremas afectan tanto el rendimiento del cultivo como su perfil nutricional. Este estudio tiene como objetivo evaluar el perfil bromatológico de diversas variedades de trigo cristalino cultivadas bajo las condiciones climáticas semiáridas de Zacatecas, México. Se realizaron análisis para determinar el contenido de proteínas (PC) y de fibras detergentes neutro (FDN) y ácida (FDA) en forraje de variedades Barobampo, Imperial, Baroyeca, y Quetchehueca. Los resultados mostraron diferencias significativas en el perfil nutricional entre las variedades, destacándose con mayor proteína Barobampo, Baroyeca y Quetchehueca promediando 4.4%. Además, los menores niveles de FDN se observaron en Baroyeca 42.74% en comparación con Quetchehueca 66.02%. Las concentraciones de FDA no hubo diferencias. Se concluye que la variedad Baroyeca tiene la mayor cantidad de PC junto con los menores niveles de FDN, por lo que los niveles de almidones son mayores.

Palabras clave: proteína, forraje, semiarido, fibras detergentes.

ABSTRACT

Durum wheat (*Triticum durum*) is a crucial crop in the semiarid regions of Mexico, where conditions of low water availability and extreme temperatures affect crop yield and nutritional profile. This study aims to evaluate the bromatological profile of various durum wheat varieties grown under the semiarid climatic conditions of Zacatecas, Mexico. Analyzes were carried out to determine the content of proteins (PC) neutral detergent fibers (NDF) and acid detergent fibers (ADF) in forage of Barobampo, Imperial, Baroyeca, and Quetchehueca varieties. The results showed significant differences in the nutritional profile between the varieties, with Barobampo, Baroyeca, and Quetchehueca standing out with the highest protein, averaging 4.4%. Furthermore, the lowest levels of NDF were observed in Baroyeca, 42.74%, compared to Quetchehueca, 66.02%. There were no differences in ADF concentrations. It is concluded that the Baroyeca variety has the highest amount of CP and the lowest levels of NDF, so the starch levels are higher than the other varieties.

Key words: protein, forage, semi-arid, detergent fibers.

INTRODUCCIÓN

La producción de trigo cristalino (*Triticum durum*) en climas semisecos, como los que predominan en Zacatecas, México, enfrenta desafíos significativos debido a la escasez de

agua y las temperaturas extremas. Estas condiciones no solo afectan el rendimiento del cultivo, sino también la calidad nutricional del grano, lo que subraya la importancia de evaluar el perfil bromatológico de las variedades de trigo cristalino en esta región. Este análisis es fundamental para determinar la viabilidad del cultivo como recurso alimenticio, tanto para el consumo humano como animal.

El trigo es un cereal originario del oeste de Asia, cultivado desde hace más de 6,000 años (Bernardette et al., 2017). A lo largo de la historia, las variedades de trigo han mostrado una notable capacidad de adaptación a diferentes regiones del mundo, existiendo variedades duras y blandas. En este estudio, se destaca el valor nutrimental del trigo (forraje) para el ganado, especialmente para especies rumiantes, dado su papel esencial en la nutrición animal (Flores, 1975; Felipe et al., 2008; Deschamps Solorzano et al., 2016).

El cultivo de trigo en México ha sido un pilar importante para muchos productores agrícolas, quienes han basado su subsistencia en la producción de este cereal, tanto para la industria alimentaria como para la alimentación animal. Su importancia radica en su uso como insumo básico en una amplia gama de productos alimenticios, lo que lo convierte en un recurso de gran valor para la economía rural y la industria alimentaria del país (Deschamps Solorzano et al., 2016).

En términos históricos, el mejoramiento genético del trigo en México comenzó en 1946, con un enfoque inicial en el control de la roya del tallo. Este esfuerzo resultó en un aumento significativo en la calidad y el rendimiento del trigo. Sin embargo, en la década de 1990, el apoyo a la producción y mejoramiento del trigo se redujo considerablemente (Villaseñor, 2015). Actualmente, el trigo se cultiva principalmente en el ciclo otoño-invierno, ya que depende de condiciones climáticas templadas para su óptimo desarrollo (Deschamps Solorzano et al., 2016).

Finalmente, el trigo no solo es clave para la alimentación humana, sino que también juega un papel crucial en la producción de forrajes, los cuales son la principal fuente de alimento para muchas especies de ganado. El uso adecuado de prácticas agrícolas y una gestión eficiente de los pastizales no solo puede mejorar la producción de forraje, sino también contribuir a la conservación de los recursos naturales y la salud del suelo. Así, el trigo se presenta como un cultivo esencial para la seguridad alimentaria en México, tanto en la producción directa como en su uso para la alimentación animal. La comparación de diferentes variedades de trigo cristalino permite seleccionar las que presentan una mejor calidad nutricional para forraje, maximizando así los beneficios para los productores ganaderos en zonas semiáridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

El trabajo de campo se llevó a cabo en una parcela demostrativa en Buena Vista de Trujillo, Fresnillo, Zacatecas durante el mes de enero a marzo del 2023, localizado con una longitud de 23.151517 y una latitud de 103.204587, con una altitud de 2130 msnm. El área de estudio es considerada como clima semiseco (INEGI, 2024), con una precipitación promedio anual de 520mm y siendo la mayoría del tiempo con lluvias en verano, con una temperatura promedio de 14°C (Medina *et al.*, 2023). El diseño experimental fue un bloques al azar con 3 repeticiones.

Materiales y técnicas empleadas

Se trabajó con cuatro variedades de trigo cristalino que incluyeron Borobampo, Baroyeca, Imperial y Quetchehueca. El periodo de siembra a la cosecha duró 130 días naturales, se obtuvieron las muestras (planta completa) y los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la UAMVZ-UAZ.

Las muestras se deshidrataron a 60 °C durante 48 h y se molieron en molino con criba de 1mm. A las muestras se les determinó la proteína cruda (PC), mediante la determinación del N total por análisis de combustión utilizando como gas acarreador el gas helio ultrapuro mediante el equipo Leco (Leco FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, Michigan, EUA) y multiplicando el contenido de nitrógeno por el factor de corrección 6.25. Todas las muestras se determinaron por duplicado en el laboratorio. Las fibras detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA) se obtuvieron de forma secuencial usando el equipo Ankom200 (Ankom Technology, Macedon, Nueva York, EUA), utilizando bolsas F57, solución fibra detergente neutro, enzima alfa amilasa termoestable y solución fibra detergente ácido de la misma empresa.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza como diseño bloques al azar con el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico de SAS usando la prueba de Tukey con probabilidad $P < 0.05$ (SAS Institute, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en el Cuadro 1. Los resultados mostraron diferencias significativas en el perfil nutricional entre las variedades, destacándose con mayor proteína Barobampo, Baroyeca y Quetchehueca promediando 4.4%. Además, los niveles más bajos de FDN se observaron en Baroyeca 42.74% en comparación con Quetchehueca 66.02%. Las concentraciones de FDA no hubo diferencias.

La proteína cruda es un componente esencial para la alimentación animal, especialmente en la dieta de los rumiantes. Las variedades de trigo cristalino evaluadas mostraron variaciones en el contenido de proteína cruda, lo cual es fundamental, ya que este componente determina la calidad nutricional de la pastura para su uso en la alimentación animal. Las variedades con un mayor contenido proteico son más adecuadas para mejorar el rendimiento de los animales, ya que proporcionan los aminoácidos necesarios para su crecimiento y mantenimiento (Villaseñor, 2015). Sin embargo, las condiciones de estrés hídrico típicas de la región semiárida pudieron haber influido negativamente en la síntesis de proteínas, afectando el rendimiento total de las variedades (Bernardette, et al., 2017).

En cuanto a la fibra detergente neutro (FDN), que incluye las paredes celulares de las plantas (hemicelulosa, celulosa y lignina), las variedades de trigo cristalino presentaron diferencias en su concentración. Los valores altos de FDN suelen estar asociados con una menor digestibilidad en rumiantes, ya que la lignina presente en esta fracción es resistente a la degradación microbiana en el rumen. Por lo tanto, las variedades con menor contenido de FDN pueden ofrecer una mejor calidad en términos de digestibilidad de los forrajes, lo que es crucial en sistemas de producción ganadera en zonas semiáridas, donde la disponibilidad de alimento de alta calidad es limitada (Deschamps Solorzano et al., 2016).

Por otro lado, la fibra detergente ácido (FDA), que mide la celulosa y la lignina, no presentó variaciones significativas entre las variedades evaluadas. La FDA es un indicador directo de la calidad del forraje, ya que valores altos indican menor digestibilidad. En condiciones de clima semiseco, donde el estrés hídrico es frecuente, es común que las plantas desarrollen

estructuras celulares más rígidas, aumentando la cantidad de celulosa y lignina, lo que afecta la calidad nutricional del forraje disponible (Flores, 1975). Las variedades no mostraron menor contenido de FDA, por lo tanto, para su uso en la alimentación animal, tendrían la misma digestibilidad e igual aprovechamiento de los nutrientes.

La variabilidad observada en los componentes bromatológicos entre las variedades de trigo cristalino sugiere que es posible seleccionar aquellas que no solo ofrezcan un mayor rendimiento en grano, sino también una mayor calidad en términos de contenido de proteína y fibra. Estas conclusiones son fundamentales para los productores que buscan optimizar tanto la producción agrícola como la ganadera bajo las condiciones adversas del clima semiárido de Zacatecas.

Cuadro 1. Perfil bromatológico de forraje de variedades de trigo cristalino en regiones semisecas de Zacatecas, México.

Variedades	Proteína	FDN	FDA
Barobampo	4.48a	54.28ab	38.13
Imperial	3.11b	51.32ab	35.16
Baroyeca	4.27a	42.74 ^a	27.8
Quetchehueca	4.49a	66.02b	36.67
EE	0.13	4.11	2.86
P	0.001	0.02	0.13

EE= Error Estándar; P = Probabilidad

CONCLUSIONES

El presente estudio concluye que las variedades de trigo cristalino cultivadas en las condiciones semiáridas de Zacatecas muestran variaciones significativas en su perfil bromatológico, dependiendo de la variedad. Se observó que las variedades con mayor contenido de proteína son Barobampo, Baroyeca y Quetchehueca. La variedad con menor nivel de FDN fue Baroyeca.

Dado que el trigo cristalino se cultiva en condiciones semiáridas, futuras investigaciones podrían profundizar en cómo los diferentes niveles de estrés hídrico afectan el contenido nutricional del trigo, como la proteína cruda y las fibras detergentes. Esto permitiría identificar las variedades más resistentes a la sequía y con mejor perfil forrajero bajo estas condiciones.

En general, la variedad Baroyeca parece ofrecer una mejor calidad bromatológica para su uso en la alimentación animal, ya que presenta un buen contenido de proteína cruda, el valor más bajo de FDN y FDA, lo que sugiere una mayor digestibilidad y potencial energético.

LITERATURA CITADA

- Bernardette Abadia, Guillermo A. Divito, Fernando Oscar García. (2017). Manual del cultivo del trigo. International Plant Nutrition Institute, 1ra Ed. 224 p.
- Deschamps Solorzano Leticia., Gomez Luengo, O., Leon M., Barilla M.V. Vazquez N. (2016). Cosechando Innovación: Un modelo de México para el mundo. SAGARPA, México: IICA, 136. ISBN: 978-92-9248-643-3.
- FAOSTAT F. 2023. FAO statistical data-base. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Acceso: septiembre 2023.

-
- Felipe Duran Ramírez, Hugo Armando Hernández Gómez, Daniel Felipe Latorre Neme. 2008. Manual de explotación y reproducción de ovejas y borregos. Bogotá, Grupo Latino Editores. 742 p.
- Flores A. Jorge. 1975. Bromatología animal. México D.F. Litografía INGRAMEX, LIMUSA. 683 pp.
- Medina, G. G., F. J. I. Casas, M.V.M. Rodríguez y C. N. Y. Z. Ramírez. 2023. Estadísticas climatológicas horarias del estado de Zacatecas (Periodo 2002-2022). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Norte Centro, Campo Experimental Zacatecas, Calera, Zacatecas, México. Publicación Especial No. 24. 803 pp. http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/estClima_Zac.pdf
- Villaseñor Mir, H. E. (2015). Sistema de mejoramiento genético de trigo en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(SPE11), 2183-2189.
- SAS. 2021. Institute Inc, "SAS software 9.3", en SAS Institute, Cary, NC, USA. <https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/base/procstat93m1.pdf>.

**IMPACTO DE LA SEQUÍA 2023 EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINO EN
ZACATECAS, MÉXICO**
**IMPACT OF 2023 DROUGHT ON GOAT PRODUCTION SYSTEMS IN
ZACATECAS, MEXICO**

Ma. Enriqueta Luna-Coronel¹, Alberto Muro-Reyes¹, Daniel García-Cervantes¹, Alejandro Espinoza-Canales¹, Einar Vargas-Bello-Pérez², Carlos Fernando Aréchiga-Flores¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, 98500, México.

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

*Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

Los sistemas de producción caprina en México tienen un papel crucial en la economía rural, la seguridad alimentaria, los medios de vida de los productores y la resiliencia a los cambios ambientales, especialmente en climas secos, incluidas las regiones áridas y semiáridas. Las sequías son fenómenos recurrentes en el estado. El objetivo del trabajo fue abordar el impacto significativo de la sequía de 2023 en los sistemas de producción caprina en el estado de Zacatecas. Se levantaron encuestas en las regiones caprinas del estado, bajo un diseño aleatorio por conveniencia. Se evaluaron las condiciones demográficas de los productores y el impacto de la sequía sobre el ganado, el pastizal y las fuentes de agua para los animales. El 19% de los productores no tienen estudios y el 36% sólo tienen la primaria. El 100% de los productores son hombres. El 72% de los productores mencionan que el efecto de la sequía sobre el ganado fue severo y muy severo, el 74% comenta que fue muy severo sobre el pastizal, y el 64% también respondieron un efecto muy severo sobre los abrevaderos y agua para el ganado. La sequía 2023 destacó la fragilidad de los sistemas de producción caprinos frente a las condiciones climáticas extremas. Para garantizar la sostenibilidad del sector se requiere una acción inmediata, incluyendo la adopción de tecnologías más eficientes en el uso correcto de recursos, el fomento de la resiliencia en pequeños productores, y el fortalecimiento de políticas gubernamentales que permitan enfrentar los desafíos climáticos futuros.

Palabras clave: Sequía, cabras, pastizal, agua.

ABSTRACT

Goat production systems in Mexico play a crucial role in the rural economy, food security, producers' livelihoods, and resilience to environmental changes, especially in dry climates, including arid and semi-arid regions. Droughts are recurring phenomena in the state. The objective of the work was to address the significant impact of the 2023 drought on goat production systems in the state of Zacatecas. Surveys were carried out in the goat regions of the state, using a randomized design for convenience. The producers' demographic conditions and the drought's impact on livestock, pasture, and animal water sources were evaluated. 19% of the producers have no studies and 36% only have primary school. 100% of the producers are men. 72% of producers mentioned that the drought's effect on livestock was severe, 74% commented that it was very severe on the pasture, and 64% also responded that it had a very

severe effect on watering troughs and water for the cattle. The 2023 drought highlighted the fragility of goat production systems in the face of extreme weather conditions. To guarantee the sustainability of the sector, immediate action is required, including adopting more efficient technologies in the correct use of resources, promoting resilience in small producers, and strengthening government policies that allow us to face future climate challenges.

Keywords: Drought, goat, grassland, water.

INTRODUCCIÓN

La producción caprina es una actividad económica esencial en las zonas áridas y semiáridas de México, especialmente en estados como Zacatecas, donde la cría de cabras constituye una fuente primaria de ingresos y seguridad alimentaria para muchas familias rurales. Sin embargo, la vulnerabilidad de estos sistemas de producción frente a los fenómenos climáticos extremos, como la sequía, representan un desafío significativo para la sostenibilidad y resiliencia de las comunidades rurales. El norte de México, caracterizado por su clima seco, sobrepastoreo, deterioro de pastizales y baja calidad de suelos agrícolas, enfrenta desafíos significativos en términos de producción agropecuaria. Sin embargo, la cría de caprinos ha demostrado ser una alternativa viable y adaptada a condiciones climáticas adversas (Devendra, 2010). La caprinocultura en esta región se caracteriza por su diversidad, con sistemas de producción extensivos que son predominantes, seguidos por semi-intensivos, y en menor presencia, intensivos (Chávez-Espinoza et al., 2022). Desde el enfoque zootécnico, se clasifican en caprinos productores de carne (cabrito y birria) y productores de leche (leche fresca, cuajada y queso) (Chávez-Espinoza et al., 2022; López et al., 2011). Estos sistemas de producción enfrentan múltiples desafíos que ponen en riesgo su sustentabilidad a largo plazo, incluyendo la degradación de los recursos naturales, la baja rentabilidad económica, la falta de acceso a mercados y servicios de apoyo, disminución de mano de obra, y la vulnerabilidad ante el cambio climático (López et al., 2011).

La sequía, definida como una anomalía temporal de disponibilidad de agua, puede manifestarse en diferentes formas y afectar de manera diversa a los sistemas agropecuarios. Se reconocen cuatro tipos principales de sequía: meteorológica, caracterizada por déficits prolongados de precipitación; agrícola, cuando la falta de agua afecta directamente la producción de cultivos y la disponibilidad de forrajes; hidrológica, vinculada a la reducción en la disponibilidad de agua en fuentes superficiales y subterráneas; y socioeconómica, que abarca los efectos económicos y sociales de estos fenómenos (Wilhite & Glantz, 1985; Mishra & Singh, 2010).

En Zacatecas, la frecuencia y severidad de la sequía han aumentado en las últimas décadas, afectando gravemente a la producción caprina. Los impactos incluyen la pérdida directa de ganado, la reducción en la disponibilidad de pastizales y agua, y efectos negativos en la capacidad productiva y el bienestar socioeconómico de los productores. Dado el carácter multifacético de los sistemas de producción caprina, es fundamental entender cómo diferentes factores, como la edad, sexo y nivel de escolaridad de los productores, influyen en su capacidad para enfrentar la sequía, así como la percepción de la severidad de estos eventos y su impacto en los recursos naturales (Thornton et al., 2014; Yacoub et al., 2021).

Este estudio tiene como objetivo analizar los efectos de la sequía en los sistemas de producción caprina en Zacatecas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 42 encuestas a productores a finales de los meses noviembre y diciembre de 2023, con el objetivo de evaluar el impacto de la sequía sobre los sistemas productores caprino en Zacatecas. Los aspectos que se evaluaron fueron características demográficas como edad, sexo y escolaridad, además de aspectos productivos como el impacto de la sequía sobre el ganado, los pastizales y abrevaderos. Para su análisis se utilizó estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características socioculturales

Los resultados que se obtuvieron en cuanto a edad de los productores fue que el 55% se encuentra entre los 41 a 60 años, y el 45% tiene 61 años o más. Una población de productores de edad avanzada puede significar un riesgo de continuidad en la producción caprina debido a la falta de sucesores jóvenes interesados en continuar con la actividad agropecuaria. Según la FAO, “la despoblación y envejecimiento de las zonas rurales presenta un desafío considerable para el relevo generacional en la agricultura” (FAO, 2017). Otros aspectos es que los productores de mayor edad a menudo presentan mayores dificultades para adoptar nuevas tecnologías y prácticas agrícolas modernas (Castañeda *et al.*, 2020).

El 100 % de los productores encuestados son hombres, una base productiva conformada mayoritariamente por hombres puede llevar a una menor diversidad en la gestión y toma de decisiones, lo cual puede limitar la innovación y adaptación de las prácticas productivas a diferentes contextos. De acuerdo con Doss (2018), "la participación de las mujeres en la agricultura puede contribuir a la diversificación de estrategias productivas y a la innovación, al traer diferentes perspectivas y conocimientos al proceso de toma de decisiones".

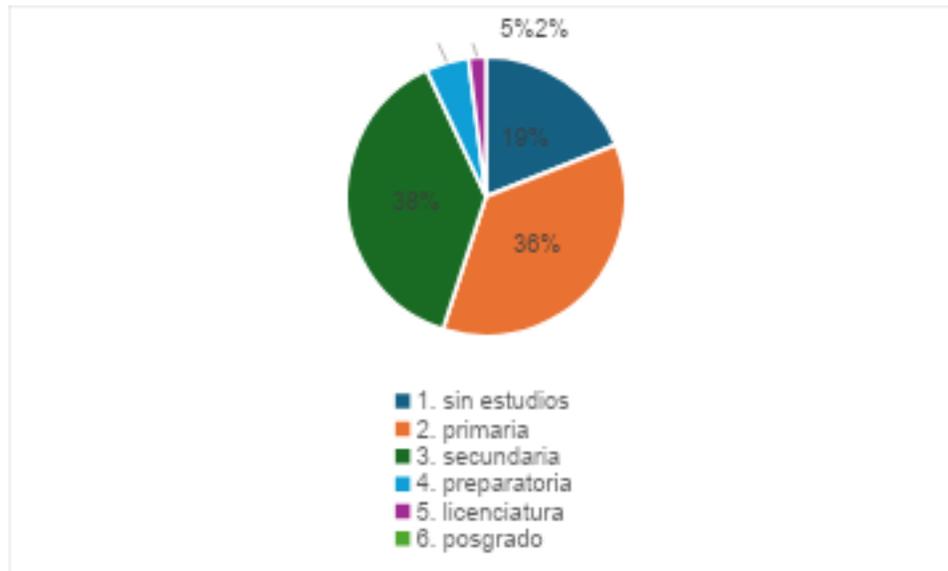


Figura 1. Escolaridad de productores caprinos en Zacatecas, México.

En la figura 1 se observa que el 38% de los productores caprinos tienen estudios de secundaria, el 36% primaria, mientras que solo el 5% tiene preparatoria. Esto también tiene implicaciones importantes en los sistemas caprinos ya que un nivel educativo limitado puede

restringir la capacidad de los productores para adoptar innovaciones y tecnologías modernas, necesarias para mejorar la eficiencia y productividad en la producción caprina. Según Aker (2011), "los niveles bajos de educación están asociados con una menor adopción de nuevas tecnologías y prácticas agrícolas, lo que puede limitar la competitividad del sector". Esto se debe a que la capacidad para interpretar información técnica y aplicar nuevos métodos depende, en gran medida, del nivel educativo.

Efectos de la sequía en ganado, pastizal y abrevaderos

De acuerdo con la encuesta, el 43 % de los productores reportó que la sequía tuvo un impacto muy severo en su ganado. En lo que respecta al estado de los pastizales, el 74 % señaló que el daño también fue muy severo. Además, el 64 % de los productores consideró que la sequía afectó gravemente los abrevaderos, agravando aún más la situación para sus sistemas productivos.

En primer lugar, el 43 % de los productores consideró que la sequía tuvo un impacto muy severo sobre su ganado. Esta percepción refleja la vulnerabilidad de los animales a la falta de agua y alimento, dos factores fundamentales que influyen directamente en la salud y productividad del ganado. Los caprinos, si bien son conocidos por su capacidad de adaptarse a climas áridos, experimentaron disminuciones en el peso corporal, la producción de leche y el rendimiento reproductivo. Estos efectos coinciden con estudios previos que documentan la relación directa entre el estrés hídrico y la disminución de la eficiencia productiva en animales rumiantes bajo condiciones de sequía extrema (Hoffmann et al., 2020; Meza-Herrera et al., 2022).

En cuanto a la condición del pastizal, el 74 % de los productores mencionó un impacto muy severo. La falta de precipitación y las altas temperaturas típicas de la región afectaron negativamente el crecimiento y la regeneración de los pastizales, que constituyen la base alimentaria del ganado caprino. La disminución de la biomasa forrajera incrementa la dependencia de los productores en fuentes externas de alimento, lo que a su vez genera un aumento en los costos de producción. Además, la degradación del suelo y la pérdida de cobertura vegetal pueden tener efectos duraderos sobre la capacidad de los pastizales para recuperarse a largo plazo, agravando aún más la crisis.

Finalmente, el 64 % de los productores también indicó que el impacto de la sequía sobre los abrevaderos fue muy severo. La falta de agua en los sistemas naturales de almacenamiento, como pozos y abrevaderos, obliga a los productores a depender de fuentes externas de agua, lo cual incrementa los costos operativos y pone en riesgo la supervivencia del ganado. La escasez de agua no solo afecta la hidratación directa de los animales, sino que también limita la capacidad de riego para cultivos forrajeros, exacerbando los problemas relacionados con la disponibilidad de alimento.

Cuadro 1. Efecto de la sequía 2023 sobre el ganado, pastizal y agua de sistemas de producción caprinos de Zacatecas, México.

Efecto de la sequía	Ninguno (%)	Leve (%)	Moderado (%)	Severo (%)	Muy severo (%)
Ganado caprino	0	17	12	28	43
Condición del pastizal	0	2	2	22	74

Sobre los abrevaderos	2	5	2	27	64
-----------------------	---	---	---	----	----

CONCLUSIONES

Los resultados evidencian que la sequía de 2023 no solo afectó la productividad inmediata de los sistemas caprinos, sino que también plantea desafíos estructurales a largo plazo. Para mitigar estos impactos, es crucial implementar estrategias de manejo de recursos y políticas de apoyo que promuevan la resiliencia de los sistemas productivos en regiones semiáridas. La adopción de tecnologías de captación y almacenamiento de agua, así como la diversificación de fuentes de alimentación, son algunas de las medidas recomendadas para enfrentar futuras sequías.

LITERATURA CITADA

- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H., & Montañez-Valdez, O. D. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 27(1), e2246-e2246.
- Devendra C. (2010). Concluding synthesis and the future for sustainable goat production, *Small Ruminant Research*. Vol. 89 (2–3): 125-130. Obtenido de: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.12.034>.
- López, G.J.C., Fuentes, B.V.H., Figueroa, G.J.J., Sánchez, G.R.A., Serna, P.A., Ruiz, R.J.I., Echavarría, Ch.F.G., Salinas, G.H. 2011. Técnicas para la transformación de leche de cabra en zonas marginales. Libro Técnico No. 36. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 158p
- Meza-Herrera, C. A., C. Navarrete-Molina, L.A. Luna-García, C. Pérez-Marín, J.R. Altamirano-Cárdenas, U. Macías-Cruz and J. Abad-Zavaleta. 2022. Small ruminants and sustainability in Latin America & the Caribbean: Regionalization, main production systems, and a combined productive, socio-economic & ecological footprint quantification. *Small Ruminant Research* 211: 106676.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). "A review of drought concepts". *Journal of Hydrology*, 391(1-2), 202-216.
- Thornton, P. K., Boone, R. B., & Ramirez-Villegas, J. (2014). "Climate change impacts on livestock". *Climatic Change*, 126(1-2), 55-66.
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). "Understanding: The Drought Phenomenon: The Role of Definitions". *Water International*, 10(3), 111-120.
- Yacoub, S., Al-Saidi, M., & Salameh, E. (2021). "Socioeconomic impacts of drought: A review". *Natural Hazards*, 108(3), 1991-2016.

SEQUÍA EXTREMA Y DEGRADACIÓN DE SUELOS EN ZACATECAS: ALTERNATIVAS PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN HÍDRICA EXTREME DROUGHT AND SOIL DEGRADATION IN ZACATECAS: ALTERNATIVES TO IMPROVE THE WATER RETENTION CAPACITY

Gloria Elva Dorado-González¹, Alberto Muro-Reyes¹, Jesús Gerardo García-Olivares², Héctor Manuel Robles-Berlanga³, Daniel García-Cervantes¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1*}

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas. Zacatecas, México. CP 98500.

²Centro de Biotecnología Genómica, Instituto Politécnico Nacional, Reynosa, Tamaulipas, México. CP 88710.

³Coordinación de Planeación, Evaluación y Estadística, Subsecretaría de Educación Superior- SEP. Ciudad de México, México.

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

RESUMEN

La sequía extrema que afectó a Zacatecas en 2023 ha provocado una disminución crítica en la precipitación, lo que resultó en que el 74.96% de la superficie del estado se encontrara en condiciones de sequía moderada a extrema. Esto llevó a la pérdida de hasta el 80% de la producción agrícola, principalmente debido a la degradación y deterioro de los suelos. La baja capacidad de infiltración y retención de agua de los suelos en Zacatecas ha exacerbado los efectos de la sequía. Este artículo analiza las condiciones que han contribuido a la degradación de los suelos en la región y propone la implementación de alternativas para mejorar la capacidad de retención hídrica. Entre las estrategias destacadas está la incorporación de materia orgánica para aumentar la fertilidad del suelo, y la promoción del incremento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos, con el fin de aumentar la cantidad de agua disponible para los cultivos. El estudio resalta la necesidad de adoptar prácticas sostenibles de manejo del suelo para enfrentar los desafíos climáticos y asegurar la viabilidad agrícola de la región en el futuro, sugiriendo un enfoque integral que considere tanto el manejo del agua como la mejora de la estructura del suelo.

Palabras clave: materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, potencial Hidrogeno y textura de suelo.

ABSTRACT

The extreme drought that affected Zacatecas in 2023 has caused a critical decrease in precipitation, resulting in 74.96% of the state's surface being in moderate to extreme drought conditions. Drought led to the loss of up to 80% of agricultural production, mainly due to soil degradation and deterioration. The low infiltration and water retention capacity of soils in Zacatecas have exacerbated the effects of the drought. This article analyzes the conditions that have contributed to the region's soil degradation and proposes alternatives to improve water retention capacity. Among the highlighted strategies is the incorporation of organic matter to increase soil fertility and the promotion of increasing the cation exchange capacity (CEC) of soils to increase the amount of water available for crops. The study highlights the need to adopt sustainable soil management practices to address climate challenges and ensure the agricultural viability of the region in the future, suggesting a comprehensive approach that considers both water management and improving soil structure.

Keywords: organic matter, cation exchange capacity, hydrogen potential and soil texture.

INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los efectos más notorios del cambio climático global. En los últimos 30 años, la frecuencia e intensidad de las sequías han aumentado significativamente en todo el mundo, lo que ha resultado en pérdidas económicas masivas y ha afectado a millones de personas. De acuerdo con la ONU (2023), entre 2005 y 2015, las sequías ocasionaron pérdidas económicas superiores a los 29,000 millones de dólares y afectaron a más de 1,100 millones de personas, de las cuales 22,000 perdieron la vida. En México, para septiembre de 2023, el 74.96 % del territorio nacional se encontraba en condiciones de sequía moderada a extrema, con pérdidas del 80 % en cultivos clave como el maíz y el frijol (INEGI, 2023). Particularmente en el estado de Zacatecas, en octubre de 2023, se vivió la sequía más grave registrada en la historia reciente: el 66.9 % del territorio estaba en sequía extrema, el 29.5 % en sequía moderada y solo el 0.6 % sin condiciones críticas, con una precipitación promedio de apenas 240 mm (Gobierno de Zacatecas, 2023).

La sequía se define como la falta de agua disponible para las plantas, lo que impide satisfacer sus necesidades hídricas durante su ciclo fenológico. Sin embargo, el estrés hídrico no depende únicamente de la disponibilidad de agua, sino también de factores como la temperatura y la salud del suelo. Los suelos degradados, debido a la pérdida de materia orgánica y estructura, tienen una menor capacidad para retener agua, lo que agrava las condiciones de sequía (Gómez-Romero et al., 2015).

En Zacatecas, las precipitaciones han disminuido considerablemente en las últimas décadas. Mientras que históricamente se reportaba un promedio anual de 510 mm, en los últimos 20 años el promedio ha caído a 369 mm (Ortiz et al., 2018; NASA, 2023). Dado este contexto de disminución de lluvias y degradación del suelo, el objetivo de esta investigación es diagnosticar la situación actual del suelo agrícola en Zacatecas y determinar su capacidad para almacenar agua. Esto mediante el análisis de bases de datos y muestras de suelo, con el fin de desarrollar estrategias que mejoren la retención de agua en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo del estudio, se llevó a cabo una exhaustiva revisión bibliográfica para caracterizar los suelos agrícolas del estado de Zacatecas. En este análisis se consideraron factores clave como la precipitación histórica, temperaturas máximas y mínimas registradas, el clima predominante, los tipos de suelo, los procesos de degradación y las causas subyacentes de dicha degradación. Para recabar esta información, se emplearon fuentes confiables como la NASA, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Posteriormente, se realizó un muestreo de suelos en 18 municipios de Zacatecas, seleccionando productores que forman parte de la Estrategia de Acompañamiento Técnico, un programa de la Secretaría de Agricultura que cuenta con una base de datos de 3656 productores. La cantidad total de muestras (142) fue distribuida entre los municipios considerando el número de productores dentro del programa y su disponibilidad para participar en la investigación. Se siguió la metodología de la FAO (2017), recolectando muestras compuestas de 15 muestras simples por parcela, con una profundidad de 30 cm.

Estas muestras fueron homogeneizadas en recipientes plásticos, y una submuestra de 500 gramos fue enviada al laboratorio, después de haber sido adecuadamente etiquetada y georreferenciada.

Las muestras fueron analizadas en el laboratorio CEDASI-MABIOC, ubicado en San Luis Potosí, donde en febrero y marzo de 2024 se llevaron a cabo estudios físico-químicos y biológicos. Los resultados fueron entregados en abril y mayo del mismo año, de los cuales se seleccionaron indicadores clave relacionados con la retención de humedad en los suelos. Los indicadores utilizados en esta investigación incluyen: la textura del suelo, el pH, el contenido de materia orgánica, la capacidad de oxidación-reducción (ORP), y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estos datos fueron interpretados mediante análisis estadísticos descriptivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El suelo predominante en Zacatecas incluye Xerosoles y Calcisoles, caracterizados por estar en zonas áridas, con capas superficiales de color pardo, rojizo o claro. Tienen bajos niveles de materia orgánica, entre 1.2% y 1.5%, lo que disminuye la capacidad de infiltración de agua durante los periodos húmedos y aumenta la evapotranspiración en periodos secos. También suelen presentar acumulaciones de carbonato de calcio, conocido como caliche, e incluso de sal. Los suelos en esta región son generalmente alcalinos, con pH superior a 7.9, pudiendo alcanzar un pH de hasta 9.3 en zonas con problemas de salinidad o sodicidad (SEMARNAT, 2012).

Según las muestras de suelo tomadas en Zacatecas, el 28.87% presentó un pH ácido (menor a 6.5), el 36.62% neutro, y el 34.5% fue alcalino (pH mayor a 7.3). El contenido promedio de materia orgánica (MO) fue del 0.8%, y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) promedió en 7.98 cmol/kg de suelo. Estos valores son cruciales, ya que influyen en la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes.

El pH mide la concentración de iones hidrógeno en el agua. Para un crecimiento vegetal óptimo, el pH debería situarse entre 6.0 y 7.5. Cuando los valores de pH se desvían de este rango, los nutrientes del suelo se vuelven menos accesibles para las plantas, lo que reduce la fertilidad del suelo (Acosta, 2007). Solo el 36.62% de las muestras de Zacatecas se encontraban en el rango óptimo de pH para la disponibilidad de nutrientes, mientras que la materia orgánica en estos suelos estaba por debajo del 1%.

En la materia orgánica se encuentra el humus, el cual es un componente complejo que puede reducir el efecto de la compactación, mejorar el drenaje, e incrementar la retención de agua en suelos arenosos (Magdoff y van Es, 2009). Un suelo con una textura franco limoso que tiene un 4% de materia orgánica contiene más del doble de agua que un suelo franco limoso con un 1% de materia orgánica, además de que un aumento del 1% en el contenido MO aumentó la cantidad de agua, en promedio, hasta 1,5% veces su peso, esto equivale a 10.800 L de agua por cada aumento adicional del 1% en MO (hasta 8% de MO) para un espesor de capa de 15 cm (Hudson, 1994; Libohova *et al.*, 2018). Pero independientemente del tipo de suelo y su textura, agregar materia orgánica al suelo es beneficioso por las numerosas funciones que proporciona, además de aumentar la capacidad de retención de agua (Acosta, 2007).

El aumento de los niveles de materia orgánica del suelo puede aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de los suelos, proporcionando un reservorio de nutrientes y

micronutrientes como el potasio, magnesio, amonio, hierro, especialmente necesarios en suelos arenosos con niveles muy bajos de CIC, la materia orgánica puede tener de cuatro a 50 veces más CIC por peso dado que la arcilla, cuanto mayor sea la CIC, más arcilla u materia orgánica materia presente en el suelo (Ketterings *et al.*, 2007). Esto normalmente significa que los suelos con alta CIC (arcillosos) tienen una mayor capacidad de retención de agua que la CIC baja suelos (arenosos), además a mayor cantidad de CIC, mayor retención de partículas químicas para nutrir a las plantas (Acosta, 2007). Un suelo arenoso (que es el que presenta más baja CIC) debería de tener 12 (cmol/kg suelo). y los suelos muestreados en promedio tienen 7.98 (cmol/kg suelo) (Ktterings *et al.*, 2007).

Los efectos de la sequía en cada país dependen de la relación entre el clima, el tipo de suelo, la topografía, la disponibilidad de agua (si es riego o temporal), el tipo de cultivo, el ganado y árboles utilizados por los productores en sus sistemas y los impactos más extremos como las menores precipitaciones, las mayores inundaciones o los cambios de temperatura, afectarán la seguridad alimentaria, en especial en las zonas áridas y semiáridas (Ortiz, 2012). En este sentido las condiciones de sequía se agravan en el estado de Zacatecas dadas sus condiciones climáticas y su tipo de suelo, ya que en el 73% de la entidad se tiene un clima semiseco y seco, en el 17% se tiene un clima tipo subhúmedo, el 6 % es muy seco y el 4% restante presenta clima cálido subhúmedo y se encuentra hacia el sur y suroeste (INEGI, 2023). Sin embargo, este 73% se encuentra en una situación de aridez o semiaridez ya que no presenta de manera natural un periodo de humedad significativo para establecer un cultivo agrícola y por tanto las condiciones de sequía se agravan (Ruiz y Febles, 2004; Inifap, 2006). Los resultados de las muestras de suelo indican que se tienen bajos niveles de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico y bajo nivel de oxígeno, lo que se agrava por los niveles de degradación y compactación en Zacatecas se tienen más de 3.24 millones de hectáreas con estos problemas causado por el mal manejo de las áreas agrícolas (SEMARNAT, 2008). Al tener bajo contenido de materia orgánica se incrementa la compactación y al llover el agua en lugar de infiltrarse corre sobre la superficie provocando escorrentía y al mismo tiempo que el suelo pierde el poder de retener la humedad e infiltración del agua, se pierde el mismo suelo provocando degradación y desertización (Calle *et al.*, 2011; Bravo *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

La sequía extrema en Zacatecas durante 2023 ha sido un factor determinante en la degradación de los suelos agrícolas de la región. La falta de humedad y la baja precipitación han exacerbado problemas existentes como la compactación, la baja materia orgánica y la escorrentía superficial. Los suelos predominantemente Xerosoles y Calcisoles presentan bajas capacidades de retención de agua debido a su estructura física, baja materia orgánica y alcalinidad. Estos factores dificultan la infiltración del agua y favorecen la erosión, lo que contribuye a la desertificación progresiva de la región. Las estrategias de manejo que promuevan el aumento de la materia orgánica en los suelos, como la adición de compost y la rotación de cultivos con leguminosas, pueden incrementar la capacidad de retención hídrica y la fertilidad del suelo. Estas prácticas mejoran la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y, en consecuencia, la salud del suelo.

LITERATURA CITADA

- Bravo, R., I. D. S., Arboleda, P., C., A., y Martín, P., F. J. (2014). Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia. *Acta Agronómica*, 63(2), 164-174.
- Calle, Z., Murgueitio, E., y Caicedo, J. (2011). Cómo enfrentar la sequía y la degradación extrema de tierras. *Carta Fedegán*, 151, 62-69.
- Cardona, O. D., Bernal, G., y Escobar, M. A. (2021). Evaluación probabilista del riesgo por sequía en el sector agrícola de Colombia. *Avances, perspectivas y casos de estudio*, 70pp.
- FAO. (2017). ¡Antes de sembrar, el suelo debe analizarse!: procedimiento para la toma de muestras y análisis de suelos, Serie de Documentos de Trabajo. FAO.
- Gobierno del estado de Zacatecas. (2023). La sequía en Zacatecas.
- Gomez-Romero, M., Lindig-Cisneros, R. y Ek, del V. (2015). Efecto de la sequía en la relación simbiótica entre *Pinus pseudostrabus* y *Pisolithus tinctorius*. *Botanical Sciences* 93 (4): 731-740, DOI: 10.17129/botsci.193,
- Hudson, B.D. 1994. Materia orgánica del suelo y capacidad hídrica disponible. *Revista de Conservación del Suelo y el Agua*. Marzo/Abril. págs. 189-194.
- INEGI. (2023). Resultados del censo agropecuario 2022. Resultados oportunos del estado de Zacatecas.
- Inifap (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2006). Sequía: Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte –Centro de México. Libro técnico número 4, segunda edición, 310 pp. Campo experimental Zacatecas.
- Ketterings, Q., S. Reid y R. Rao. 2007. Hoja informativa 22 sobre la capacidad de intercambio catiónico (CDC).
- Libohova, Z., C. Seybold, D. Wysocki, S. Wills, P. Schoeneberger, C. Williams, D. Lindbo, D. Stott y P. R. Owens. 2018. Reevaluación de los efectos de la materia orgánica del suelo y otras propiedades en la capacidad de retención de agua disponible utilizando la Base de Datos Nacional de Caracterización de Estudios Cooperativos de Suelos. *Revista de Conservación del Suelo y el Agua*. Vol. 73, N° 4. págs. 411-421.
- Magdoff, F., y Harold van Es. 2009. Materia orgánica: qué es y por qué es tan importante.
- NASA (La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio). (2023). Data Access Viewer. Prediction Of Worldwide Energy Resource. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- NEGI (2023). El clima en Zacatecas monografías.
- ONU (Organización de las naciones unidas). (2023). Noticias de Agricultura, la Agricultura Cultivada en el Mundo.
- Ortiz, G. R., Cardona, D. J.C., Ortiz, R. F. A., y Alvarado, M. P. (2018). Caracterización de las sequías mediante la comparación de tres índices multiescalares en Zacatecas, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 9(3), 47-91. Epub 24 de noviembre de 2020.
- Ortiz, R. (2012). El cambio climático y la producción agrícola. Banco Interamericano de Desarrollo, 836 pp.
- Ruiz, T., y Febles, G. (2004). La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 8. ISSN: 0188-7890.
- SEMARNAT. (2012). Degradación del suelo en la República Mexicana - Escala 1:250 000. Catálogo de metadatos geográficos. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

SHOCK TÉRMICO EN LA ESCARIFICACIÓN DE SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.
THERMIC SHOCK FOR SEED SCARIFICATION OF *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Raúl Plascencia Jiménez^{1*}, Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Guadalupe Montserrat Valencia Trejo¹, Adrián Hernández Livera¹, Leonor Miranda Jiménez¹

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.

*Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

Para determinar calidad y métodos de escarificación de semilla de Guaje *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., se evaluó semilla recién cosechada, en el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Las variables evaluadas incluyeron: pureza física (PF), peso volumétrico (PV), peso de 1000 semillas (P1000S), viabilidad (VT) y germinación (GE); esta última, en respuesta a 21 métodos de escarificación (tratamientos). Para viabilidad se empleó la prueba de tetrazolio al 1% p/v en cuatro repeticiones con 100 semillas. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 21 tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semillas, utilizando GLM y prueba de Tukey ($P<0.05$), para comparación de medias. Los datos se transformaron en arco seno y fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS. Para PF, PV, P1000S y VT, se obtuvieron promedios de 99%, 83 kg hL⁻¹, 43 g y 77%, respectivamente. Un kg contuvo 23 256 semillas. Mayores valores de germinación se observaron en agua caliente a 70 °C por 3 min, hasta 90 °C por 3 min, todos con inmersión inmediata en agua a 5 °C durante 5" (shock térmico) y a 100 °C por 1 min y shock térmico, fueron superiores ($P<0.01$), a los demás métodos de escarificación. Los mejores métodos de escarificación fueron 1) 70 °C por 3' y 5', 2) 80 °C por 3' y 100 °C por 1', todos con shock térmico a 5 °C por 5". El uso del shock térmico es una alternativa valiosa para incrementar la germinación en semilla de *Leucaena*.

Palabras clave: Parámetros físicos y fisiológicos, shock térmico, germinación.

ABSTRACT

To determine the quality and methods of scarification of Guaje *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. seed, freshly harvested seed was evaluated at the Seed Analysis Laboratory of the Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Studied variables included: physical purity (PF), volumetric weight (PV), 1000 seeds weight (P1000S), viability (VT) as well as germination. Germination was evaluated in response to 21 scarification procedures (treatments). To define seed viability Tetrazolium (1%; v:v) based test was used on four repetitions with 100 seeds each. Germination data was transformed to ArcSen and evaluated under a Completely Randomized design. Four repetitions with 100 seeds were evaluated for 21 treatments through SAS' GLM procedure and Tukey ($P<0.05$) for mean comparisons. Mean values of 99%, 83 kg hL⁻¹, 43g and 77% were observed for PF, PV, P1000S, and VT, respectively. One kg of seed contains 23 256. Higher germination values ($P<0.05$) were observed with scarification using seed immersion in water to 70°C during 3' up to 90°C during 3', all treatments included immediate immersion within water to 5°C during 5" (thermal shock), and 100°C during 1' and thermal shock, superior ($P<0.01$) to other treatments. The

best seed scarification methods included 1) 70°C during 3' and 5', 2) 80°C during 3' and 100°C 1' during. Thermic shock to seed is a valuable strategy to increase germination in *Leucaena* seed.

Keywords: Physical and physiological parameters, thermal shock, germination.

INTRODUCCIÓN

Determinar atributos de calidad de semilla de diferentes especies forrajeras, para el siembra de praderas, es de gran importancia para lograr mayor germinación y plántulas; lo anterior, se reflejará en mejor establecimiento de praderas (Torralba e Iglesias, 2012). La escarificación contribuye a estimular la imbibición y aumenta el vigor de semilla durante su emergencia (Reino *et al.*, 2011); similarmente reduce barreras físicas para el desarrollo de plántulas. Tratamientos pregerminativos, como la escarificación, ayudan a incrementar la respuesta de germinación de diversas semillas, incluyendo al guaje, interrumpiendo su periodo de latencia (Sánchez *et al.*, 2018).

La elevada calidad física y fisiológica de semilla son indispensables para mejor establecimiento en condiciones desafiantes de campo; por otra parte, son aspectos similarmente importantes para los consumidores, al constituir factores de garantía de semilla de calidad; lo cual, determina finalmente, la densidad de plantas establecidas. Por tanto, es importante realizar estudios sobre manejo y almacenamiento bajo condiciones adecuadas y métodos para lograr la mayor viabilidad y vigor de semilla. El objetivo fue evaluar la calidad física y métodos de escarificación en semilla de *Leucaena* cosechada en el trópico seco de Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27' N y 98° 54' O, a 2220 msnm. Se colectó semilla de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., manualmente, en febrero del 2023 en el Sitio Experimental "El Verdineño" del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Santiago Ixcuintla, Nayarit, a altitud de 40 msnm. El clima es tropical subhúmedo (A_w) con precipitación promedio de 1201 mm y temperatura media anual de 24° C. La época de estiaje fluctúa de siete a ocho meses al año (SEMAN, 2007). Se recolectaron al azar vainas maduras (coloración café oscuro); las cuales, se depositaron en recipiente plástico para colectar las semillas de forma natural. Posteriormente, se eliminó hoja y ramas y la semilla se depositó en bolsas de tela a temperatura ambiente, para su posterior análisis. La semilla se almacenó en San Pedro Lagunillas, Nayarit (entre 21°13'54"-21°11'06"N y 104°50'24"-104°39'59"O) a 1283 msnm, durante 14 meses. Antes de realizar las pruebas, las semillas se desinfectaron en Cloro al 10%, durante un minuto y se enjuagaron en agua destilada durante tres minutos. Se determinó calidad física y métodos de escarificación de semilla. Las variables incluyeron: pureza física (**PF**), peso volumétrico (**PV**), peso de 1000 semillas (**P1000S**), viabilidad (**VT**) y germinación (**GE**). Se determinó **PF** con una muestra de trabajo de 100.2 gr, en promedio; para esto, 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, a partir de su peso en gramos. Para **PV**, se pesaron 50 gr de semilla pura; posteriormente, se determinó en probeta graduada de 250 ml, el volumen que ocupó. El **PV** (kg hL^{-1}) se calculó mediante la fórmula:

$$PV(\text{kg/L}) = \text{peso de la semilla (g)} \times \text{volumen desplazado (ml)} \times 100$$

El **P1000S** se determinó a partir de la fracción de semilla pura. Se contaron ocho repeticiones de 100 semillas, se obtuvo el peso (g) por repetición; con los resultados, se calculó: varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (%CV); el cual, debe ser menor a 4%; por tanto, para estimar **P1000S**, se multiplicó por diez el promedio de 100 semillas en las ocho repeticiones (ISTA 2005). Para determinar **VT**, se evaluaron cuatro repeticiones de 100 semillas. Se colocó semilla en osmoacondicionamiento en agua destilada por 18 h a temperatura ambiente; posteriormente, se removió la testa de esta y después, se desechó uno de los cotiledones, conservando un cotiledón junto con el embrión. Estos últimos se colocaron en vaso de precipitado, depositando solución de cloruro-2-3, 5-trifenil tetrazolio (1% p/v; Delouche *et al.* 1971), de tal forma que las semillas se cubrieron por completo de esta solución. Los vasos de precipitado conteniendo semilla y solución, se colocaron en estufa a 25 °C, en oscuridad, por 18 h, colocándolas en un lugar poco iluminado; 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 clasificar con eficiencia: viables y no viables. Las lecturas se realizaron en estructuras del embrión y cotiledón con apoyo de microscopio estereoscópico. Para **GE**, se cuantificaron cuatro repeticiones de 100 semillas seleccionadas al azar utilizando el método “sobre papel” (ISTA, 2005), estas se colocaron en sustrato de papel toalla tipo “sanitas”, sobre dos toallas sanitas, previamente humedecidas con agua destilada. El sustrato, junto con la semilla, se depositó en cajas sandwicheras y estas se colocaron en cámara germinadora de ambiente controlado. Durante la prueba, la temperatura se mantuvo constante a 25±1°C, el conteo de plántulas germinadas se realizó a 7, 14 y 21 días después de la siembra (dds), cuantificando porcentaje de germinación a 7 (G7), 14 (G14) y germinación acumulada, a 21dds (G21). Se registraron plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA), semillas duras (recalcitrantes; SD) y semillas muertas (SM). Las plántulas normales, consistieron en aquellas que presentaron raíz y plúmulas sanas y libres de malformaciones. Durante la prueba se revisó la cantidad de humedad en el sustrato (toallas sanitas) y, en su caso, se aplicó agua, según las necesidades de cada repetición. Los métodos de escarificación (21 Tratamientos; Cuadro 1) incluyeron métodos manuales y diferentes tiempos en agua caliente con shock térmico con inmediata inmersión en agua fría a 5°C. En todos los tratamientos se utilizaron cuatro repeticiones de 100 semillas. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 21 tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semillas, se empleó el procedimiento GLM y prueba de Tukey ($P < 0.05$) para la comparación de medias, previamente los datos se transformaron en arco seno mediante el paquete estadístico SAS (2010).

Cuadro 1. Tratamientos de escarificación evaluados en semilla de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Método de escarificación	Tiempo de inmersión	Shock térmico*	Tratamiento
Sin escarificación	Testigo natural	No	TNSE
Agua 80°C	Un minuto	No	T80°C
Agua fría 5°C	Sin agua caliente	Si	T5°C
Manual con pinzas	Sin agua caliente	No	Pinzas

Agua 60°C	1, 3, 5 y 7 minutos	Si	60°C, 1' (3', 5', 7') + 5", 5°C
Agua a 70°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	70°C, 1' (3', 5', 7') + 5", 5°C
Agua a 80°C	1, 3, 5 7 minutos	Si	80°C, 1' (3', 5', 7') + 5", 5°C
Agua a 90°C	1, 3, 5 y 7 minutos	Si	90°C, 1' (3', 5', 7') + 5", 5°C
Agua a 100°C	1 minuto	Si	100°C, 1' + 5", 5°C

*Inmersión por 5 segundos en agua a 5°C

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las constantes físicas encontradas en el lote evaluado fueron: para **PF**, 99% (99 g) y 1% (1 g) de materia inerte (semilla rota, de maleza y residuos vegetales); para **PV**, se obtuvo 83 kg hL⁻¹, valor adecuado para semilla de Leucaena. Para **P1000S**, se observaron 43 g; por lo tanto, un kg de contiene 23 256 semillas. Para **VT**, se obtuvo 77% de semillas viables, con capacidad para generar una plántula normal; lo anterior indica que, de las 23 256 semillas kg⁻¹, 17 907 semillas están vivas y tendrán la capacidad de generar una plántula normal.

Los mejores porcentajes de **GE** de semilla de Leucaena se registraron en los métodos de escarificación con agua caliente desde 70 °C con 3 min, hasta 90 °C por 3 min y con inmersión inmediata en agua a 5 °C con 5"; así como, los 100 °C con 1 min con shock térmico con inmersión en agua a 5 °C durante 5" y el testigo de solo agua caliente a 80 °C con 1 min ($P<0.01$), con respecto a los demás métodos de escarificación.

Los menores porcentajes de **GE** en semilla de Leucaena se observaron en el testigo natural, testigo en agua fría a 5 °C con 5" y la escarificación a 60 °C en los diferentes tiempos y agua fría a 5 °C con 5" ($P<0.01$). La aplicación de agua a 80°C por dos minutos incrementó significativamente ($P<0.001$) la germinación con respecto a semilla de Guaje sin tratar; en condiciones controladas (almacenamiento en frío), fue superior a 98,6; 99,6 y 98,5%, a los 12, 24 y 48 meses y; al ambiente a los 6, 12 y 18 meses fue de 96,2; 97,7 y 97,7% (González y Mendoza, 2008).

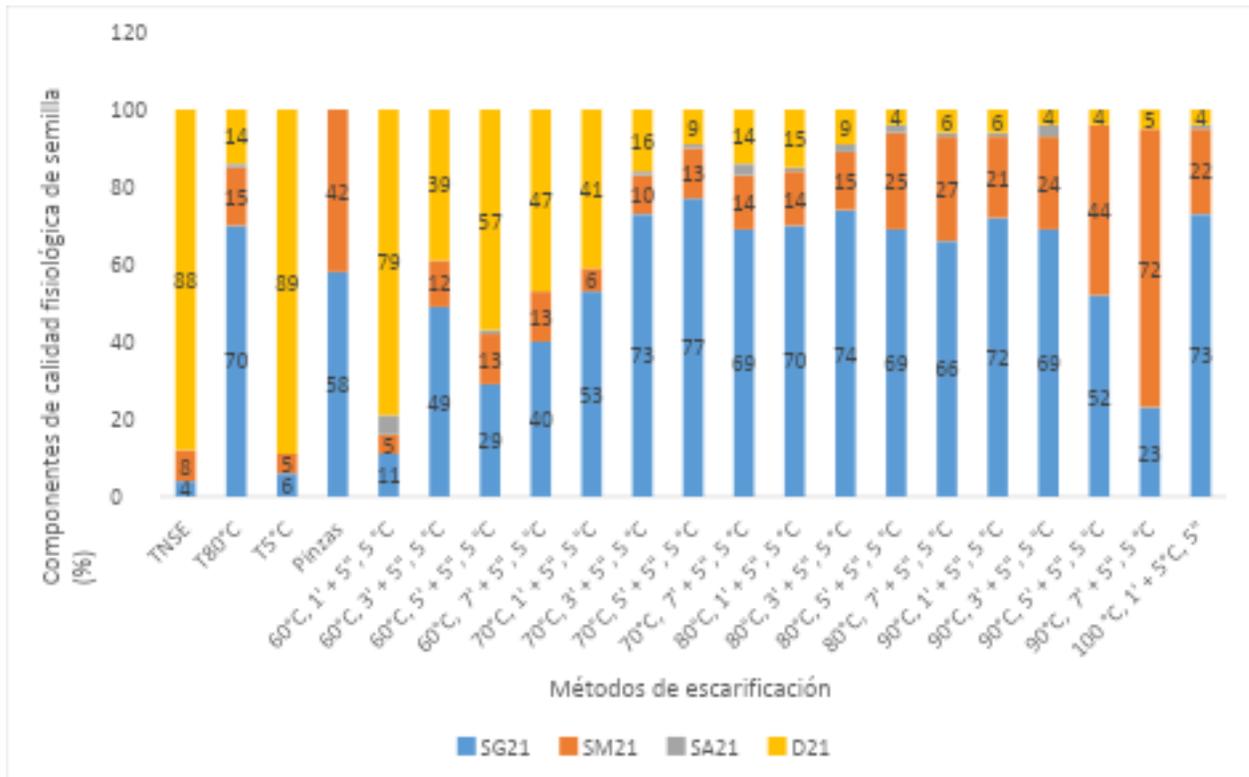


Figura 1. Componentes de calidad fisiológica en semilla de *Leucaena*. SG21, germinación acumulada 21 después de la siembra (dds); SM21, semillas muertas a 21 dds; SA21, plántulas anormales a 21 dds; D21= semillas recalitrantes a 21 dds. Ver Cuadro 1 para nomenclatura de tratamientos de escarificación.

CONCLUSIONES

La aplicación de agua caliente a partir de los 70 °C con 3 min y hasta los 90 °C con 3 min y shock térmico a 5°C por 5", incrementó la germinación en semilla de *Leucaena* desde los 14 dds.

El shock térmico incrementó la germinación

Los mejores métodos de escarificación fueron 70 °C con 3 y 5 min, 80 °C con 3 min y 100 °C con 1 min todos con shock térmico a 5 °C con 5".

La semilla de *Leucaena* presentó entre 88 y 89% de latencia y la aplicación del agua caliente contribuye al incremento de la germinación.

La máxima velocidad de germinación se observó con escarificación manual utilizando pinzas.

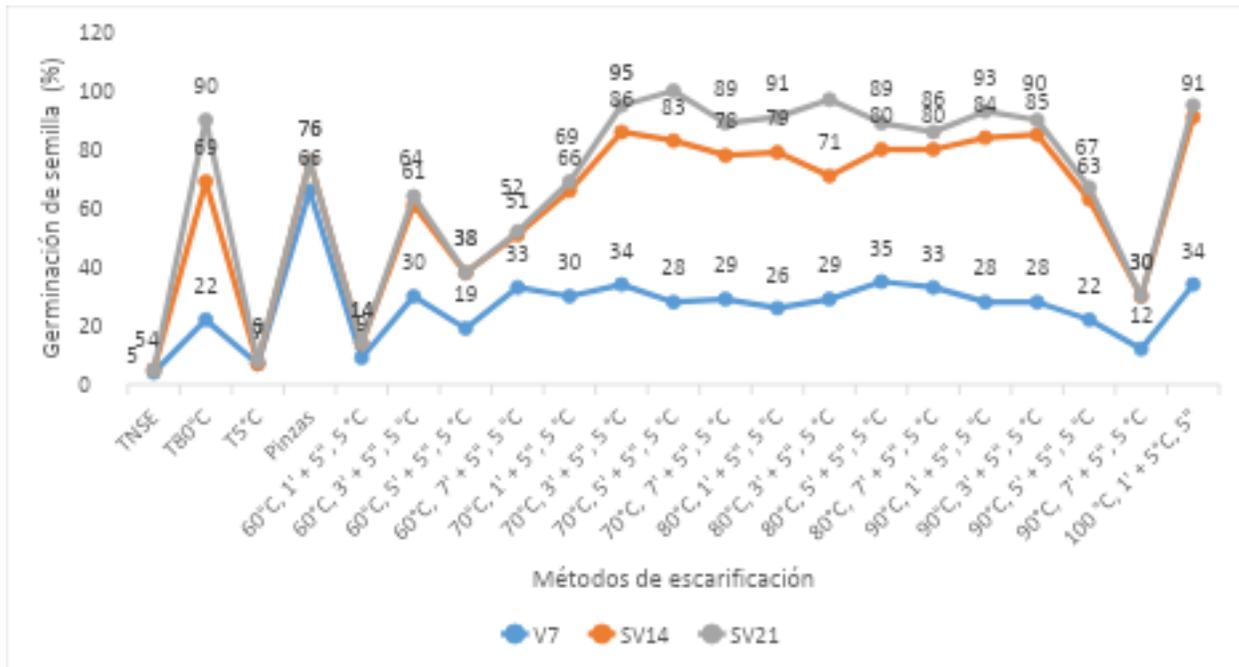


Figura 2. Porcentaje de germinación de semilla de *Leucaena*. V7= Germinación a 7 dds; SV14, germinación acumulada a 14 dds; SV21, germinación total a 21 dds, todas ajustadas con su viabilidad. Ver cuadro 1.

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.
- González, Y.; F. Mendoza. 2008. Efecto del agua caliente en la germinación de las semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. Pastos y Forrajes 31(1): 47-52.
- ISTA (International Seed Testing Association). (2005). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switz. 243p.
- Reino, J.; J. A. Sánchez; B. Muñoz; Y. González; L. Montejo. 2011. Efecto combinado de la escarificación y temperatura en la germinación de semillas de leguminosas herbáceas. Pastos y Forrajes 34(2): 179-184.
- Sánchez, G. A.; A. R. Ponce; J. M. Vargas; R. F. Rosales; D. E. Platas; C. M. Becerril. 2018. Energía germinativa en guaje (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) con diferentes métodos de escarificación de la semilla. Agrociencia 52: 863-874.
- SAS (Statistical Analysis System). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.
- SEMAN (Sistema Estatal de Monitoreo Agroclimático Nayarit). 2007. Estación Meteorológica: El Verdineño-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit.
- Toral, O. C.; J. M. Iglesias. 2012. Evaluación de accesiones de árboles y arbustos forrajeros durante el período de establecimiento. Pastos y Forrajes 35(1): 17-28.

**COMPORTAMIENTO FORRAJERO EN GENOTIPOS DE SORGO EN EL SUR
DE TAMAULIPAS**
**FORAGE PERFORMANCE IN SORGHUM GENOTYPES IN SOUTHERN
TAMAULIPAS**

Guillermo Guzmán Ochoa¹, Jonathan R. Garay Martínez², Moisés Felipe Victoriano², Benigno Estrada Drouaillet¹, Jairo Jeu Quintanilla Medina¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus, C.P. 87149. Cd Victoria, Tamaulipas, México. ²INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, C.P. 89610. Altamira, Tamaulipas, México.

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

RESUMEN

El sobrepastoreo en las praderas y la sequía ha generado un incremento en la demanda de forrajes de buena calidad, la implementación de cultivos forrajeros como el sorgo brinda una alternativa a esta problemática mejorando el rendimiento por unidad de superficie. Por tal motivo, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento forrajero de siete genotipos de sorgo mediante la estimación de materia seca por componente y altura de planta. El estudio se realizó en condiciones de riego por goteo de febrero a mayo del 2024 en el Sitio Experimental Aldama perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se evaluaron cuatro genotipos de sorgo procedentes del INIFAP (Fortuna, Arcos, 197-1 y 197-1-1) y tres genotipos procedentes de la empresa Anzú Genética Seeds® (Caramelo, Williams y Verde Pacas). Los genotipos de ciclo tardío (197-1-1 y 197-1) mostraron mayor rendimiento de materia seca con 19.05 y 14.68 t/ha⁻¹, respectivamente, mientras que, los genotipos Arcos, Williams y Fortuna mostraron mayor rendimiento en el componente hoja con 1, 9 y 19 % mayor al componente tallo. Los genotipos de ciclo tardío fueron los únicos en presentar materia muerta. El genotipo Arcos y 197-1 no presentaron diferencias estadísticas en cuanto altura, sin embargo, presentaron diferencias significativas en cuanto al rendimiento de materia seca con 7.2 y 14.6 t/ha⁻¹, respectivamente. Los genotipos de ciclo tardío (197-1-1 y 197-1), presentaron mayor rendimiento de materia seca y altura; sin embargo, los de ciclo intermedio mostraron mayor proporción del componente hoja, lo cual, podría mejorar la digestibilidad.

Palabras clave. Rendimiento de forraje, *Sorghum bicolor*, composición morfológica, altura de planta.

ABSTRACT

Overgrazing in pastures and drought have generated an increase in the demand for good quality forage, and the implementation of forage crops such as sorghum provides an alternative to this problem by improving the yield per unit area. Therefore, the objective of this study was to evaluate the forage performance of seven sorghum genotypes by estimating dry matter per component and plant height. The study was conducted under drip irrigation conditions from February to May 2024 at the Aldama Experimental Site belonging to the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP). Four sorghum genotypes from INIFAP (Fortuna, Arcos, 197-1 and 197-1-1) and three genotypes from Anzú Genética Seeds® (Caramelo, Williams and Verde Pacas) were evaluated. The late cycle

genotypes (197-1-1 and 197-1) showed higher dry matter yields of 19.05 and 14.68 t/ha⁻¹, respectively, while the Arcos, Williams and Fortuna genotypes showed higher yields in the leaf component with 1, 9 and 19 % higher yields than the stem component. The late-cycle genotypes were the only ones to show dead matter. The Arcos and 197-1 genotypes did not show statistical differences in height; however, they showed significant differences in dry matter yield with 7.2 and 14.6 t/ha⁻¹, respectively. The late cycle genotypes (197-1-1 and 197-1) showed higher dry matter yield and height; however, the intermediate cycle genotypes showed a higher proportion of the leaf component, which could improve digestibility.

Keywords. Forage yield, *Sorghum bicolor*, morphological composition, plant height.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Tamaulipas se destinan 4.6 millones de hectáreas (58 % del territorio) a la ganadería (Martínez-González *et al.*, 2017). El sobrepastoreo en las praderas y la sequía ha generado un incremento en la demanda de forrajes de buena calidad (Bautista-Martínez *et al.*, 2020). La disponibilidad de agua es un factor que influye directamente en la producción de forraje, sin embargo, la implementación de cultivos forrajeros brinda una alternativa a esta problemática mejorando el rendimiento por unidad de superficie. El sorgo (*Sorghum bicolor*) es una gramínea de la que se han derivado una gran cantidad de variedades con diferentes propósitos como la producción de grano, sorgo dulce para la producción de etanol y sorgo forrajero que se utiliza principalmente para la alimentación de ganado como concentrado, ensilado de grano húmedo o de planta entera, es un cultivo que destaca entre diferentes cereales por sus características agronómicas y por pertenecer al grupo de plantas con metabolismo C4 (Hernández y Soto, 2013). La altura entre genotipos es muy variable, entre los que se encuentran genotipos de porte bajo con alturas promedio de 100 cm, mientras que, genotipos de porte alto pueden llegar a medir hasta 227 cm, sin embargo, alturas superiores a 170 cm son más susceptibles a problemas de acame (Lucio-Ruiz *et al.*, 2023). El requerimiento hídrico promedio es de 450 mm, a diferencia del maíz, que de manera general demanda aproximadamente 750 mm (McCary *et al.*, 2020). Estas características les brindan mayor adaptabilidad y persistencia a condiciones de sequía. Lo anterior, ha despertado el interés de los productores para incluirlo en los sistemas de producción. Para el año 2023, en México la producción fue de 3 200 000 toneladas de sorgo forrajero y 4 816 000 toneladas de grano, donde Tamaulipas destacó entre los principales productores (SIAP, 2024). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento forrajero de siete genotipos de sorgo mediante la estimación de materia seca por componente y altura de planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de riego por goteo de febrero a mayo del 2024 en el Sitio Experimental Aldama perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en las coordenadas geográficas 22° 51' 47.38" N y 98° 14' 14.20" O, a 98 msnm (INEGI 2015). El clima del sitio experimental es clasificado como semicálido subhúmedo con lluvias en verano, la precipitación media anual es de 657 mm y temperatura media anual de 23.4 °C (SMN, 2022). Se evaluaron cuatro genotipos de sorgo (Fortuna, Arcos, 197-1 y 197-1-1) procedentes del INIFAP y tres genotipos procedentes de la empresa Anzú Genética Seeds® (Caramelo, Williams y Verde Pacas). Cada parcela experimental estuvo conformada por cuatro surcos de diez metros a una

distancia de 80 cm entre surcos a una densidad aproximada de 287 500 plantas ha⁻¹. La preparación del suelo fue mecanizada (un barbecho, dos pases de rastra cruzada y surcado), se aplicaron riegos cada quince días y se utilizó cintilla 5/8" de la marca Aqua traxx toro® con un distanciamiento de 20 cm entre goteros, dando un total de 266 mm para genotipos de ciclo intermedio (Verde Pacas, Caramelo, Arcos, Williams, Fortuna), y 302 mm para genotipos de ciclo tardío (197-1, 197-1-1). La fertilización se realizó a los 28 días después de la siembra (DDS) con una dosis de 90-40-00 kg ha⁻¹ de NPK. Para el control de *Spodoptera frugiperda* se aplicó Spinetoram (200 mL ha⁻¹) y, 12 días después, clorantraniliprol (100 mL ha⁻¹), mientras que, para *Chaetocnema pulicaria* se aplicó imidacloprid (350 mL ha⁻¹).

Cuando los genotipos alcanzaron el estado de grano masoso-lechoso se midió la altura de la planta, altura de panoja y altura de hoja bandera, posteriormente, se determinó el rendimiento de forraje en verde, para ello, en dos metros lineales el forraje total se cortó a una altura de 20 cm sobre el suelo, se tomó el peso y se obtuvo una submuestra de tres plantas para la separación por componente morfológico; posteriormente, se metieron en una estufa a aire forzado a 65°C por un lapso de tiempo de 72 horas hasta obtener el peso constante de la muestra, y estimar el rendimiento de materia seca. El diseño experimental que se utilizó fue de bloques completos al azar con trece tratamientos y tres repeticiones; para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza, y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en el programa estadístico SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los genotipos de ciclo tardío (197-1-1 y 197-1) mostraron mayor rendimiento de materia seca con 19.05 y 14.68 t/ha⁻¹, respectivamente. De acuerdo con resultados obtenidos por Ríos-Flores *et al.* (2022), el sorgo ocupa en promedio 226 litros de agua para producir 1 kilogramo de materia seca. En este estudio, se observó que los genotipos 197-1-1 y 197-1 presentaron mayor rendimiento de materia seca con una aplicación de agua con 158.5 y 205 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida. Los genotipos de ciclo tardío fueron los únicos en presentar materia muerta, debido a que, la fecha de corte se extendió a los 105 DDS y las primeras hojas comenzaron a senescer.

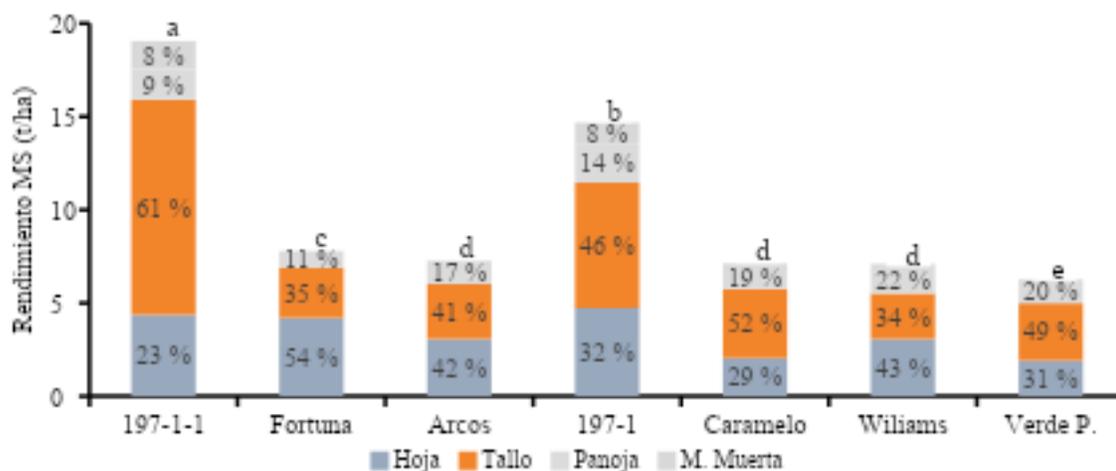


Figura 1. Rendimiento de materia seca y por componente en genotipos de sorgos forrajeros en el sur de Tamaulipas. Literales diferentes indican diferencias entre tratamientos (Tukey; $\alpha \leq 0.05$).

El genotipo 197-1-1 presento mayor rendimiento de materia seca, sin embargo, el 61 % estuvo conformado por tallo, lo cual, puede tener un efecto en la digestibilidad del forraje debido a mayor presencia de lignina, mientras que, materiales con mayor producción de hoja tienden a ser más digestibles (Granados-Niño *et al.*, 2021). Los genotipos Arcos, Williams y Fortuna mostraron mayor rendimiento en el componente hoja con 1, 9 y 19 % mayor al componente tallo.

Los valores obtenidos para altura presentan diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.0001$) ya que todos los genotipos mostraron características de porte alto (≥ 170 cm), sin embargo, ninguno presentó problemas de acame. En el presente estudio, el genotipo 197-1 presento altura de 18 cm menor comparada con lo reportado por Lucio-Ruiz *et al.* (2023), quienes reportaron alturas de 227 cm en el mismo cultivar; sin embargo, el genotipo 197-1-1 presentó altura de 280 cm y fue mayor a la reportada por este mismo autor (173 cm) en un clima semiárido cálido. En cuanto al tamaño de panoja, se puede observar que los genotipos con mayor tamaño presentan mayor rendimiento de este mismo componente. El genotipo 197-1-1 presento mayor altura, relacionada con el mayor rendimiento de materia seca (19.05 t/ha⁻¹).

Cuadro 1. Altura registrada en genotipos de sorgos forrajeros antes del corte.

Genotipo	Altura de planta	Altura panoja	Altura hoja bandera
	Cm		
Caramelo	201.33 bcd	181.88 c	163.33 bc
Fortuna	180.66 cd	157.77 d	146.88 cd
Arcos	204.55 bcd	183.11 c	164.66 bc
Verde-Pacas	232.77 b	211.11 b	187.11 B
Williams	170.11 d	147.88 d	132.66 D
197-1	209.33 bc	200.77 bc	178.77 B
197-1-1	280.66 a	273.11 a	250.66 A

Literales diferentes indican diferencias entre alturas (Tukey; $\alpha \leq 0.05$).

El genotipo Arcos y el genotipo 197-1 no presentaron diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en cuanto a altura, sin embargo, si presentaron diferencias significativas en cuanto al rendimiento de materia seca con 7.2 y 14.6 t/ha⁻¹, respectivamente.

CONCLUSIÓN

Todos los genotipos mostraron características de porte alto (≥ 170 cm); sin embargo, el genotipo 197-1-1 presento la mayor altura y rendimiento de materia seca. Se pudo observar que, a mayor altura, el porcentaje del componente tallo aumenta, sin embargo, los de ciclo intermedio mostraron mayor proporción del componente hoja, por consiguiente, se podría mejorar el contenido de proteína y digestibilidad.

LITERATURA CITADA

- Bautista-Martínez, Y.; L. Granados-Zurita; S. Joaquín-Cancino; M. Ruiz-Albarrán; J. R. Garay-Martínez; F. Infante-Rodríguez; L. D. Granados-Rivera. 2020. Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova Scientia* 12(25): 1-21.
- Martínez-González, J. C.; S. P. Castillo-Rodríguez; A. Villalobos-Cortés; J. Hernández-Meléndez. 2017. Sistemas de producción con rumiantes en México. *Ciencia Agropecuaria* 26:132-152.
- Ramos-Gourcy, F.; A. M. García-Munguía; O. Vázquez-Martínez; J. M. Fuantos-Mendoza. 2022. Organismos entomopatógenos, control etológico y químico para el manejo de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) en maíz. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 30: 1-10
- Salas-Araiza, M. D.; O. A. Martínez-Jaime; R. Guzmán-Mendoza; J. Guzmán- González; E. Salazar-Solís; D. Sanzón-Gómez. 2017. Fluctuación poblacional del pulgón amarillo de la caña de azúcar *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae) en Irapuato, Guanajuato. *Entomología Agrícola* 4: 295-299.
- Lucio-Ruiz, F.; U. Aranda-Lara; J. R. Garay-Martínez; S. Joaquín-Cancino; B. Estrada-Drouaillet; Y. Bautista-Martínez; A. G. Limas-Martínez. 2023. Requerimiento térmico, producción y valor nutritivo de forraje de genotipos de sorgo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46:4 521-528.
- 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.
- McCary C. L.; V. Diwakar; A. P. Faciola.; L. F. Ferraretto. 2020. Graduate student literature review: Current perspectives on whole-plant sorghum silage production and utilization by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 103:6 5783-5790.
- 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 valor nutritivo del ensilaje. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12: 958-968.
- Ríos-Flores, J. L.; J. A. Núñez-Colima; J. A. Chávez-Rivero. 2022. Analysis of water productivity and social impact on forage sorghum (*Shorghum bicolor* L.) and maize (*Zea mays* L.) in the Comarca Lagunera, México. *Agro Productividad* 15: 3-10.

**EFFECTO DE LA ASIGNACIÓN DE PASTOREO SOBRE EL CRECIMIENTO DE
REBROTOS DE ALFALFA**
EFFECT OF GRAZING ALLOWANCE ON GROWTH OF ALFALFA TILLERS

Aurelio Guevara-Escobar^{1*}, Vicente Lémus-Ramírez², Benjamín Villagrán Vélez², Mónica Cervantes Jiménez¹, Mónica Elisa Queijeiro-Bolaños¹, Israel Gustavo Carrillo-Ángeles¹

¹ Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales. Juriquilla, Qro. C.P. 76210 México.

² Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal del Altiplano, Tequisquiapan Qro. C.P. México.

* Autor por correspondencia: guevara@uaq.mx

RESUMEN

Este estudio evaluó el reclutamiento de rebrotos de alfalfa (*Medicago sativa* L.) durante 30 d después del pastoreo con 19 becerras (350 kg) en relación al efecto de dos asignaciones de pastoreo: 750 m² (T1) y 1500 m² (T2) en clima templado seco. No existió diferencia entre los tratamientos para las variables examinadas. Las cohortes de tallos al día 0 y 5 fueron las que contribuyeron más a la MS acumulada a 30 d tanto de hoja como tallo. La altura de pastoreo se relacionó con la MS a 30 d en el T2, pero no en el T1 ($MS \text{ g planta}^{-1} = 10.22 * \text{altura}$, $r^2=0.53$). En ambos tratamientos la altura del dosel a 30 d, o la MS por planta a 30 d se relacionó con el número de rebrotos al día 0. El consumo de alimento, calculado como la diferencia entre la masa de forraje antes y después del pastoreo fue menor para el T2, indicando posiblemente desperdicio de material. Concluimos que a corto plazo no existe efecto de la asignación de pastoreo sobre la población de rebrotos de alfalfa.

Palabras clave: altura de pastoreo, *Medicago sativa*, reclutamiento de tallos.

ABSTRACT

This study evaluated tiller recruitment of alfalfa (*Medicago sativa* L.) during the first 30 d after grazing with 19 heifers (350 kg) in relation to the effect of two grazing allowances: 750 m² (T1) and 1500 m² (T2), under a dry and temperate climate. Treatments were similar for the variables examined. The tiller cohorts at day 0 and 5 were the ones that contributed the most to the accumulated DM at 30 d of both leaf and stem. Grazing height was related to MS at 30 d in T2, but not in T1 ($MS \text{ g plant}^{-1} = 10.22 * \text{height}$, $r^2=0.53$). In both treatments, the canopy height at 30 d or the DM per plant at 30 d were related to the number of tillers at day 0. Forage intake, calculated as the difference between the forage mass before and after grazing, was lower for T2, possibly indicating wastage. We concluded that in the short term there was no effect of grazing allowance on the population of alfalfa tillers.

Keywords: *Medicago sativa*, tiller recruitment, grazing height.

INTRODUCCIÓN

Alfalfa (*Medicago sativa*) es uno de los principales cultivos en México debido a su flexibilidad en el uso y calidad del forraje. La alfalfa se cosecha para heno o ensilaje y el pastoreo no es el uso preferido (Bouton y Gates, 2003). El pastoreo de alfalfa no es sencillo porque se debe controlar el timpanismo entre otros aspectos (Dorantes, 2000). Una opción es ofrecer un forraje tosco antes del pastoreo, utilizar anti-timpánicos o pastorear la planta hasta

que esté madura (Berg *et al.*, 1995; Majak *et al.*, 1995). El desarrollo de rebrotes de alfalfa se ha estudiado bajo cosecha por mecánica o manual (Villegas *et al.*, 2004; Rivas-Jacobo *et al.*, 2005). Sin embargo, la información disponible sobre el crecimiento de rebrotes de alfalfa no es del todo aplicable a las condiciones de pastoreo, principalmente porque la altura y el tiempo óptimo de cosecha son diferentes para el pastoreo (Villegas *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2006). Por medios mecanizados la altura de corte de la alfalfa se recomienda a 0.05 m de altura, mientras que la altura de pastoreo es generalmente más alta y depende de la especie animal y su etapa fisiológica (Majak *et al.*, 2001; Bouton y Gates, 2003). Aun cuando se pastoree la alfalfa en un estado de madurez avanzado existe el peligro de timpanismo ya que el animal puede consumir rebrotes nuevos, por eso se busca que la masa residual después del pastoreo sea alta. Del mismo modo, la persistencia de la alfalfa es mejor cuando la asignación de pastoreo es alta (Popp *et al.*, 2000). Schlegel *et al.* (2000) indican que la máxima ganancia de peso en pastoreo ocurre con una asignación alta de alfalfa (20-28 kg MS UA⁻¹ d⁻¹). Así mismo, la defoliación parcial, aunque a baja altura, produce mayor MS para distintos cultivares de alfalfa (Gdara *et al.*, 1991). Sin embargo, la defoliación parcial ocasiona que las yemas axilares en los tallos se elonguen y supriman el crecimiento de las yemas en la corona, esto resulta en ramas débiles que reducen el rendimiento (Buoton y Gates, 2003). Al momento del pastoreo es posible que ya existan los cohortes de rebrotes responsables de la principal acumulación de MS y por eso, una asignación alta de pastoreo favorecería su sobrevivencia. Por tanto, este estudio analizó el efecto de dos asignaciones de MS sobre el reclutamiento de rebrotes después del pastoreo. Se planteó que la altura de pastoreo se relaciona con el número de rebrotes y a la MS acumulada después del periodo de recuperación. Por las limitantes de recursos materiales y humanos, aquí reportamos resultados de una rotación de pastoreo (30 d) sobre el reclutamiento de brotes de alfalfa; no obstante, el reclutamiento de brotes puede presentar interacciones intra e interanuales (Hernández-Garay *et al.*, 1997).

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la primavera en mayo-junio del 2006 en el Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano de la UNAM, Querétaro a 20° 36' N y 99° 56' W y 1920 m snm. El suelo es franco arenoso, favoreciendo el drenaje y el pastoreo durante el verano. El clima es templado con lluvia anual de 512 mm y temperatura diaria de 17.5°C, con 18 días de helada de octubre a febrero, con veranos cálidos e invierno poco extremo. Se usó una pradera de alfalfa CUF 101 de cuatro años y regada por aspersión. La composición botánica de la pradera fue 95% alfalfa, el resto una mezcla *Dactylis glomerata* y hierbas. La cosecha se realizó con un grupo de 19 becerras de fenotipo lechero de 350 kg de peso promedio. Los tratamientos fueron dos asignaciones de pastoreo: 750 (T1) y 1500 m² (T2), mismas que correspondieron a 11.8 y 23.7 kg MS d⁻¹ cabeza⁻¹. Se consideró una masa pre-pastoreo de 3000 kg MS ha⁻¹, un contenido de 10.8 MJ EM kg⁻¹ y un consumo de 7.5 kg MS cabeza⁻¹ y entonces las asignaciones fueron aproximadamente de 2 a 3 veces los requerimientos de MS. Los tratamientos se asignaron al azar en cuatro franjas de la pradera de 30 m de ancho, la longitud de 25 o 50 m según el tratamiento. Para cada tratamiento existieron 15 parcelas, mismas que se consideraron réplicas. Cada día el grupo de becerras pastoreó una de las parcelas. Los mismos animales se utilizaron para administrar los dos tratamientos para eliminar la confusión entre distinto consumo voluntario y el

tratamiento de asignación de pastoreo. Los animales tuvieron agua a libre acceso. Antes del pastoreo se midió la masa del forraje usando cuadrantes de 0.5 m² colocados al azar dentro de la parcela, el forraje se cortó a 10 cm del suelo y se secó en una estufa a 60°C hasta alcanzar peso constante (Hernández-Garay *et al.*, 1997). Cada día se preparó el área de pastoreo delimitándola con cerco eléctrico, de tal forma que los animales no pudieran pastorear las áreas de días previos. Después del pastoreo también se midió la masa del forraje de la manera descrita. El consumo de alfalfa (kg MS ha⁻¹) se estimó indirectamente como: $C = (MSA - MSD) \times 10000 \times 2$, donde: MSA y MSD son la MS antes y después del pastoreo de acuerdo a las mediciones en los cuadrantes y dividido entre el número de animales en pastoreo.

Después del pastoreo se midió la altura de pastoreo en 100 puntos dentro de la parcela y se trazó un transecto de 10 m de largo. La posición inicial y la dirección del transecto fueron al azar. Dentro del transecto se seleccionaron 10 plantas espaciadas a 1 m aproximadamente (Li *et al.*, 1997). La selección consideró una corona de 10 a 15 cm de diámetro y ausencia de mojonos. Los rebrotes de cada planta se marcaron con ligas de colores (0.5-1 cm de diámetro) al día inmediato al pastoreo y se repitió en marcaje cada 5 días hasta transcurrir 30 días, cada vez usando un color distinto (Bircham y Hodgson, 1983). Para cada evento de marcaje se registró el número de rebrotes por cohorte de rebrotes (CR, numerados según el día de muestreo). A los 30 días del pastoreo se cosechó cada clase de edad de rebrote y se cuantificó el número de rebrotes y masa de los rebrotes separada en tallo y hoja. La duración del estudio se escogió tomando en cuenta que la mayor acumulación de MS es a la cuarta y quinta semanas de rebrote en la primavera (Villegas *et al.*, 2004). Los valores de masa se sumaron por transecto y se dividieron entre el número de rebrotes o el número de plantas para obtener valores promedio. Para establecer la diferencia entre tratamientos, se usó la prueba de *t* de Student para cada cohorte, las relaciones entre variables se analizaron con regresión lineal usando SAS University Edition (SAS Institute, 2024). La diferencia en los parámetros de las regresiones independientes obtenidas para T1 y T2 se realizó usando una prueba de *t* y de acuerdo a Steel y Torrie (1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No existieron diferencias entre los tratamientos T1 y T2 para MSA (3113±273 (error estándar) vs. 3174 ±184 kg MS ha⁻¹) y MSD (1876±236 vs. 2024±154 kg MS ha⁻¹). Tampoco fue diferente C (6.3±0.5 vs. 5.6±0.6 kg MS d⁻¹ cabeza⁻¹). Estos resultados indicaron que el C no fue modificado por la asignación de pastoreo y que las condiciones antes del pastoreo fueron similares. El aparente menor C para el tratamiento T2 puede explicarse por la mayor cantidad de tallos quebrados y forraje pisoteado que no fue consumido. No existió diferencia entre tratamientos para número de rebrotes en el CR0 (4.52±0.58 vs. 5.06±0.74 rebrotes planta⁻¹). Esto indica que las parcelas eran semejantes y que la intensidad de defoliación también fue semejante. Para otros CR el número de rebrotes también fue similar entre tratamientos (Figura 1). La evolución del número de rebrotes en los CR indica un aumento en el periodo inicial (CR0 a CR10), después disminuye (CR15 a CR25) y aumenta a nivel semejante al periodo inicial para el CR30. La altura post pastoreo influyó el número de rebrotes en CR0 y el total a 30 d, en T2. Para T1 la relación fue clara para número de rebrotes en el CR0 pero no a en el total a los 30 d (Figura 2). A su vez, el número de rebrotes en el CR0 influyó sobre la MS total de los rebrotes por planta, tanto de hoja como de tallo (Figura

3); siendo diferentes las pendientes de las regresiones entre los tratamientos T1 y T2 para tallos ($p \leq 0.04$) y hojas ($p \leq 0.006$). Así, el número de rebrotes del CR0 fue más importante para acumular MS de tallos y hojas cuando la asignación de pastoreo fue mayor (T2). Las relaciones no fueron claras para ninguno de los tratamientos entre altura post pastoreo y MS total de tallos u hojas del rebrote. La relación entre altura post pastoreo y MS total del rebrote sólo fue buena en el tratamiento T2. La figura 4 muestra que no existió diferencia entre los tratamientos para la MS en el rebrote, aunque los CR0, CR5 y CR10 son los que principalmente contribuyeron a la MS después de 30 d. La MS total a 30 d también fue semejante 0.64 ± 0.12 y 0.59 ± 0.09 g MS planta⁻¹, para el T1 y T2, con proporción tallo hoja de 50:50. En este estudio no se presentaron casos de timpanismo aun cuando las becerras, por su hocico pequeño, tienen la capacidad de un bocado más profundo en el dosel de la alfalfa.

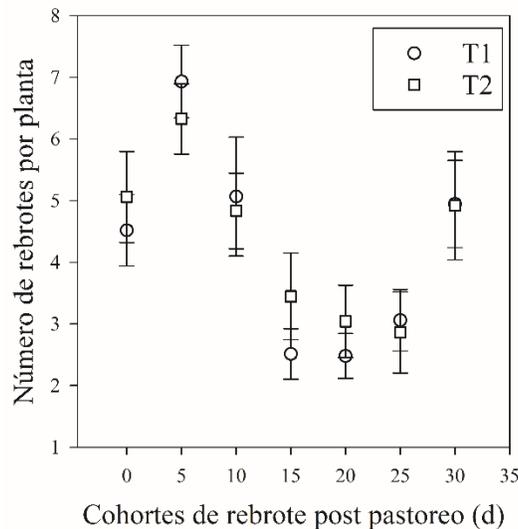


Figura 1. Número de rebrotes para cada cohorte de rebrote (CR) post pastoreo. Las líneas de barra representan el error estándar de la media.

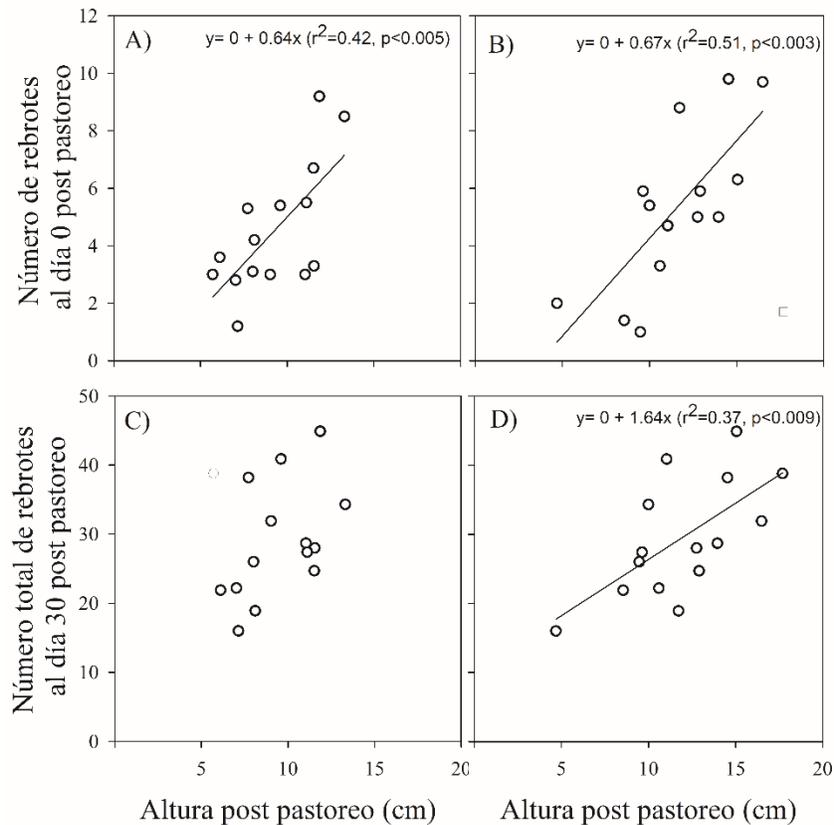


Figura 2. Relación entre altura post pastoreo y número de rebrotes para el tratamiento T1 (A y C) y el tratamiento T2 (B y D). El cuadro señala un valor no considerado en la regresión (B).

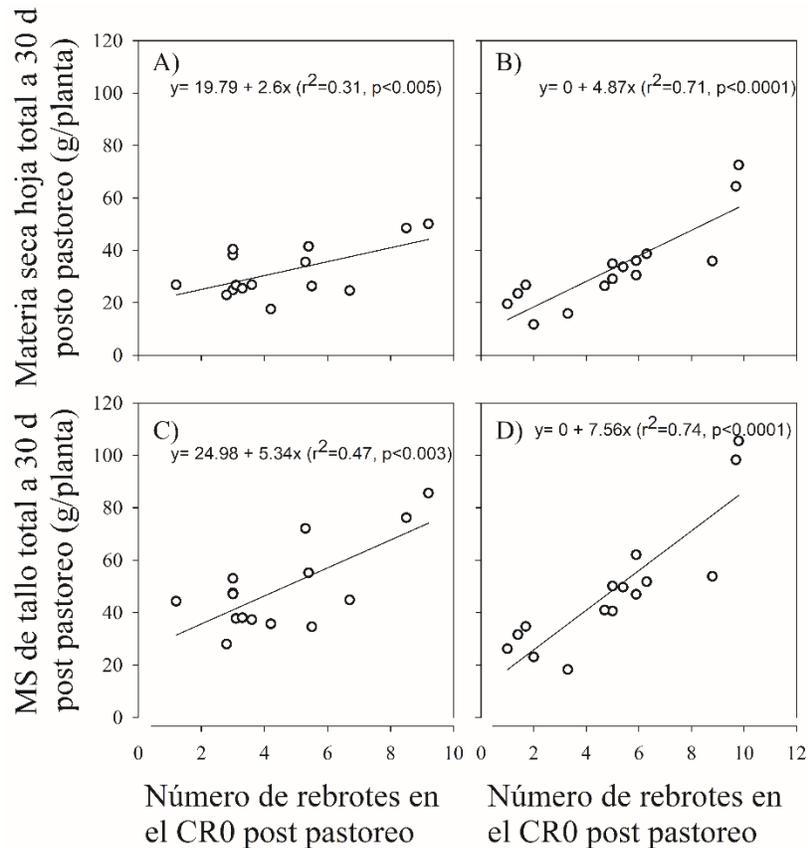


Figura 3. Relación entre número de rebrotes en la cohorte de rebrote al día 0 (CR0) y la MS de tallo y hoja a 30 d post pastoreo para el tratamiento T1 (A y C) y el tratamiento T2 (B y D).

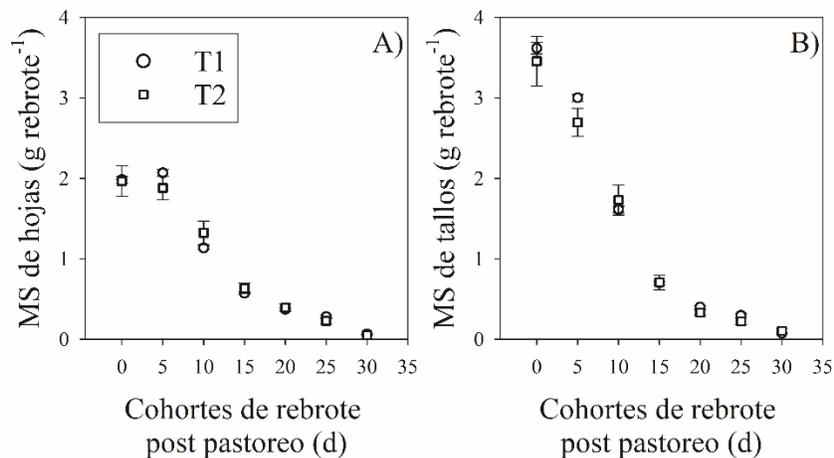


Figura 4. Materia seca cosechada a 30 d post pastoreo para cada cohorte de rebrote (CR). Las líneas de barra representan el error estándar de la media.

CONCLUSIÓN

No existió efecto inmediato de las asignaciones de pastoreo estudiadas sobre el reclutamiento de rebrotes y su producción de materia seca al cabo de 30 días post pastoreo. Tampoco existió efecto sobre el rendimiento de materia seca por hectárea. La altura post-pastoreo no es un

buen indicador de la materia seca que se acumuló 30 d después para las asignaciones de pastoreo estudiadas.

LITERATURA CITADA

- Berg, B. P.; T. A. McAllister; S. N. Acharya; W. Majak; J. W. Hall; R. M. Tait; K. J. Cheng. 1995. Influence of maturity and cultivar of alfalfa on the initial rate of ruminal digestion. *Abstr. J. Anim. Sci.* 73 (Suppl 1): 340.
- Bouton, J. H.; R. N. Gates. 2003. Grazing-tolerant alfalfa cultivars perform well under rotational stocking and hay management. *Agron. J.* 95: 1461–1464.
- Bircham, J. S.; J. Hodgson. 1983. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. *Grass Forage Sci.* 38: 323-331.
- Dorantes J. J. 2000. Respuesta productiva de tres variedades de alfalfa (*Medicago saliva* L.) a dos intensidades de pastoreo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Estado de México, Mex.
- Gdara, A. O.; R. H. Hart; J. G. Dean. 1991. Response of tap- and creeping-rooted alfalfas to defoliation patterns. *J. Range Manag.* 44:22-26.
- Hernández-Garay, A.; J. Hodgson; C. Matthew. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures. 1. Tissue turnover and herbage accumulation. *N. Z. J. Agric. Res.* 40:25-35.
- Li, G. D.; P. D. Kemp; J. Hodgson. 1997. Regrowth, morphology and persistence of Grasslands Puna chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to grazing frequency and intensity. *Grass For. Sci.* 52: 33–41.
- Majak, W.; J. W. Hall; W. P. McCaughey. 1995. Pasture management strategies for reducing the risk of legume bloat in cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 1493-1498.
- Majak, W.; J. W. Hall; T. A. Mcallister. 2001. Practical measures for reducing risk of alfalfa bloat in cattle. *J. Range Manag.* 54: 490–493.
- Morales, J. A.; J. L. Jiménez V.; V. A. Velasco V.; Y. Villegas; A. J. R. Enríquez del V.; A. Hernández G. 2006. Evaluación de 14 variedades de alfalfa con fertirriego en la Mixteca de Oaxaca. *Téc. Pecu. Méx.* 44: 277-288.
- Popp, J. D.; W. P. McCaughey; R. D. H. Cohen; T. A. McAllister; W. Majak. 2000. Enhancing pasture productivity with alfalfa: A review. *Can. J. Plant. Sci.* 80: 513–519.
- Rivas J., M.A., C. López C., A. Hernández G., J. Pérez P. 2005. Efecto de tres regímenes de cosecha en el comportamiento productivo de cinco variedades comerciales de alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Téc. Pecu. Méx.* 43:79-92.
- SAS Institute. 2024. SAS on Demand for Academics. Acceso en línea 26/09/2024. https://www.sas.com/es_mx/software/on-demand-for-academics.html
- Schlegel, M. L.; C. J. Wachenheim; M. E. Benson; J. R. Black; W. J. Moline; H. D. Ritchie; G. D. Schwab; S. R. Rust. 2000. Grazing methods and stocking rates for direct-seeded alfalfa pastures: I. Plant productivity and animal performance. *J. Anim. Sci.* 78: 2192–2201.
- Steel, R. G.; Torrie, J. H. 1997. Principles and procedures of statistics, a biometrical approach. 3a Ed. McGraw-Hill, Michigan, USA. 666v p.

CINÉTICA DE PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE FORRAJE Y ENSILADOS DE PASTO MULATO II
KINETICS OF *in vitro* GAS PRODUCTION OF MULATO II FORAGE AND GRASS SILAGE

María Fernanda Martínez-Hernández¹, Juan Eduardo Godina Rodríguez², Jonathan Raúl Garay-Martínez³, Luis Alberto Miranda-Romero⁴, Benigno Estrada-Drouaillet¹, Santiago Joaquín-Cancino^{1*}

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Edificio Cetro de Gestión del Conocimiento Piso 4. C.P. 87149. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²INIFAP, Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana 1101, Col., Revolución, C.P. 60150. Uruapan, Michoacán, México. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610. ⁴Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 5623. Estado de México, México.

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

RESUMEN

En las regiones tropicales de México el uso de ensilados es una alternativa para la alimentación de los rumiantes durante la época seca. La técnica de la producción de gas *in vitro* se ha utilizado para evaluar la fermentación ruminal de diferentes alimentos. El objetivo de este estudio fue evaluar la cinética de producción de gas *in vitro* de forraje y ensilado de pasto Mulato II con subproductos agroindustriales. Se evaluaron cinco tratamientos: forraje Mulato II (M) y ensilados Mulato II ensilado (ME), Mulato II + melaza (MM), Mulato II + cáscara de naranja (MC) y Mulato II + cáscara de naranja + melaza (MCM). El pasto Mulato II tuvo seis semanas de rebrote. Se utilizó un diseño de bloques completos a azar con cuatro repeticiones por tratamiento. La mayor producción de gas acumulado se obtuvo en el tratamiento MC. La variable de volumen máximo (Vm) no mostró diferencia estadística significativa ($p>0.05$) entre tratamientos. Los tratamientos MC y MCM mostraron la mayor tasa de producción de gas (S) con 0.0338 y 0.0323 mL h⁻¹, respectivamente; así mismo, mostraron la menor fase lag (L) con 3.8 y 3.53 h, respectivamente. El uso de la cáscara de naranja en los ensilados mejoró los parámetros de la cinética de fermentación.

Palabras clave. *Urochloa*, cinética de fermentación, cáscara de naranja, subproductos agroindustriales.

ABSTRACT

In tropical regions of Mexico, the use of silage is an alternative for feeding ruminants during the dry season. The *in vitro* gas production technique has been used to evaluate ruminal fermentation of different foods. The objective of this study was to evaluate the kinetics of *in vitro* gas production of Mulato II grass forage and silage with agroindustrial byproducts. Five treatments were evaluated: Mulato II forage (M), Mulato II silage (ME), Mulato II + molasses (MM), Mulato II + orange peel (MC) and Mulato II + orange peel + molasses (MCM). The Mulato II grass had six weeks of sprouting. A randomized complete block design was used with four replications per treatment. The highest accumulated gas production was obtained in the MC treatment. The maximum volume variable (Vm) variable did not show a significant

statistical difference ($p > 0.05$) between treatments. Both MC and MCM treatments showed the highest gas production rate (S) with 0.0338 and 0.0323 mL h⁻¹, respectively, and also showed the lowest lag phase (L) with 3.8 and 3.53 h, respectively. The use of orange peel in silages improved the parameters of fermentation kinetics.

Keywords. *Urochloa*, fermentation kinetics, orange peel, agroindustrial byproducts.

INTRODUCCIÓN

El forraje es la principal fuente de alimento más abundante y económica para los rumiantes en sistemas de pastoreo en las regiones tropicales y subtropicales de México (Cruz *et al.*, 2017). Sin embargo, la escasez de forraje de buena calidad en la época de sequía afecta negativamente la productividad animal. El ensilaje de gramíneas tropicales se ha convertido en una estrategia de alimentación para hacer frente a la escasez de forraje en la época seca, que consiste en conservar el forraje producido en la época de lluvias y utilizarlo para la alimentación en época de sequía (Epifanio *et al.*, 2016). El pasto Mulato II es una gramínea del género *Urochloa* que puede ser ensilado por presentar características productivas deseables como rendimientos de materia seca de 2.8 a 9 t MS ha⁻¹ y valores de proteína cruda que oscilan de 101 a 172 g kg⁻¹ (Vendramini *et al.*, 2014; Garay *et al.*, 2017). La técnica de producción de gas *in vitro* consiste en simular el ambiente ruminal bajo condiciones controladas de laboratorio, temperatura, pH, anaerobiosis y minerales para evaluar la fermentación ruminal de diferentes forrajes, alimentos, dietas y aditivos. Esta técnica permite conocer la cinética de fermentación que describe la digestión, propiedades intrínsecas, digestibilidad y el contenido de componentes estructurales de un alimento (Storm *et al.*, 2012). El objetivo de esta investigación fue evaluar la cinética de producción de gas de forraje y ensilados de pasto Mulato II con subproductos agroindustriales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Microbiología Pecuaria del Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. Los tratamientos utilizados fueron: 100 % forraje Mulato II (M), ensilados elaborados con 100 % Mulato II (ME), 90 % Mulato II + 10 % melaza (MM), 90 % Mulato II + 10 % cáscara de naranja (MC) y 85 % Mulato II + 10 % cáscara de naranja + 5 % melaza (MCM). El forraje utilizado de Mulato II y para la elaboración de los ensilados tenía una edad de rebrote de seis semanas. Los ensilados contaron con fermentación de seis meses. La cinética de fermentación de las muestras de forraje y ensilados se determinó mediante la técnica de producción de gas *in vitro* (Theodorou *et al.*, 1994; Menke y Steingass, 1988), siguiendo un procedimiento modificado y descrito por Miranda-Romero *et al.* (2018). Se extrajo líquido ruminal de bovino Holstein fistulado, en ayuno por 12 horas. El líquido ruminal se filtró con cuatro capas de tela de gasa y se mezcló con solución mineral reducida en proporción 1:9 (v/v). Cada litro de solución mineral contenía: K₂HPO₄ (6 g), (NH₄)₂SO₄ (6 g), NaCl (12 g), MgSO₄ (2.45 g), CaCl₂ (1.6 g), Na₂CO₃ (8 g/100 mL de agua); la cual, fue reducida con solución que contenía L-cisteína (2.5 g), NaOH 2N (15 mL), Na₂S (2.5 g), dos gotas de resazurina y aforada a 100 mL de agua destilada. De cada tratamiento se depositaron 0.5 g de muestra en frascos color ámbar de 125 mL y se añadió 90 mL de líquido ruminal diluido (1:9) y se mantuvieron bajo flujo continuo de bióxido de carbono (CO₂). Los frascos fueron sellados e incubados en baño María a 39 °C. La presión de gas de fermentación se

midió con manómetro a 2, 4, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48, 60 y 72 h de incubación. Las variables evaluadas fueron producción de gas acumulado (mL g^{-1} MS), volumen máximo (V_m ; g^{-1} MS), tasa de producción de gas (S ; mL h^{-1}) y fase lag (L ; h). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Se usó el procedimiento GLM de SAS (SAS, 2002) y la prueba de comparación de medias de Tukey ($P=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

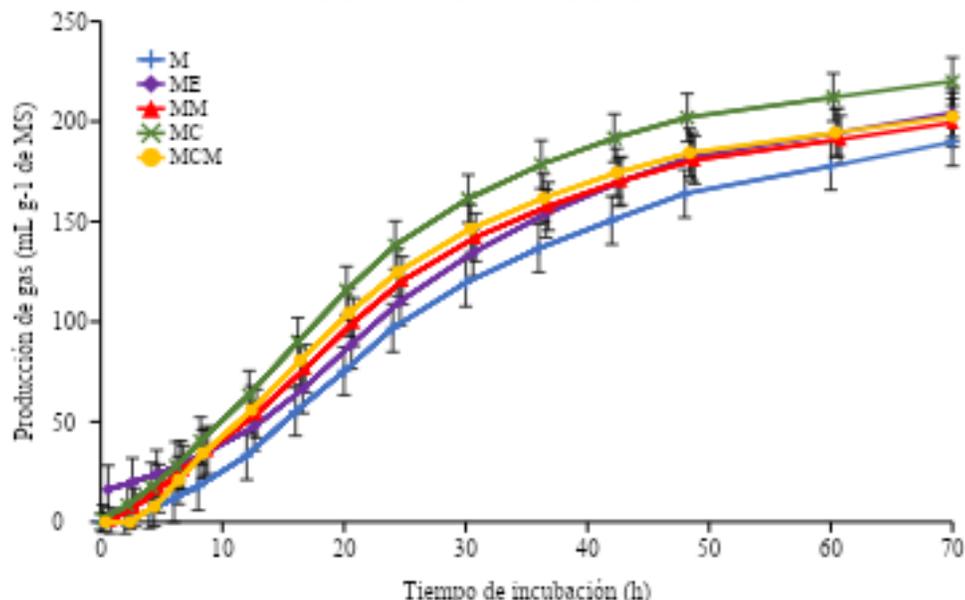


Figura 1. Producción de gas de la fermentación *in vitro* de M: Forraje Mulato II. ME: Mulato II ensilado. MM: Mulato II ensilado + Melaza. MC: Mulato II ensilado + cáscara de naranja. MCM: Mulato II ensilado + cáscara de naranja + melaza en la edad de rebrote de 6 semanas. Las barras en cada punto representan el intervalo de confianza al 95 %.

En la Figura 1 se muestran las curvas de producción de gas acumulado en los diferentes tratamientos a la edad de rebrote de seis semanas. El gas producido osciló entre 8 y 220 mL g^{-1} MS. Se observó que durante las primeras 8 h de incubación, la producción de gas acumulado fue similar entre tratamientos ($p>0.05$); sin embargo, a partir de 12 h, el forraje (M) generó menor cantidad de gas que los ensilados ($p<0.05$); mientras que, MC fue mayor en las siguientes horas de incubación ($p<0.05$). A 72 h de incubación, MC obtuvo una diferencia de 30 mL g^{-1} en comparación al tratamiento M. La producción de gas es resultado de la fermentación de los carbohidratos que contiene el forraje según la edad de rebrote, fermentándose en las primeras horas los carbohidratos no estructurales, fracción proteica soluble y, posteriormente, los carbohidratos estructurales (Rodríguez *et al.*, 2010; Texta *et al.*, 2019). La cáscara de naranja es rica en pectina, que tiene un comportamiento fermentativo similar al de carbohidratos no estructurales que proporcionan una mayor producción de gas (Junior *et al.*, 2017). Al respecto Binuomote *et al.* (2019), mencionan que forrajes con alta producción de gas tienen mejor digestibilidad.

En un estudio realizado por Sánchez-Santillán *et al.* (2022) donde evaluaron pastos del género *Urochloa* a siete semanas de rebrote, reportaron valores de gas acumulado 255.15,

259.64 y 227.51 mL g⁻¹MS para pasto Mulato II, Cobra y Cayman, respectivamente, a 72 h de incubación, siendo valores superiores a lo reportado en el presente estudio. Por otro lado, Binuomote *et al.* (2018), reportaron 46.85 mL g⁻¹MS en ensilados de pasto peludo (*Urochloa decumbens*) con ocho semanas de rebrote, lo que representó una producción de gas acumulada a 24 h de incubación, 51 % menor que ME y, en ensilados elaborados con 60 % de pasto peludo + 30 % de hoja de yuca + 10 % de mijo, obtuvieron 115 mL g⁻¹MS, valores inferiores a los resultados obtenidos en MC y MCM.

Cuadro 1. Parámetros de cinética de producción de gas del forraje y ensilados de pasto Mulato II a 72 h de incubación.

Tratamientos	Volumen máximo (Vm)	Tasa de producción de gas (S)	Fase lag (L)
	mL g ⁻¹ MS	mL h ⁻¹	h
M	178 a	0.0298 c	8.06 a
ME	196 a	0.0328 ab	6.15 b
MM	192 a	0.0319 b	5 b
MC	208 a	0.0338 a	3.8 c
MCM	185 a	0.0323 ab	3.53 c

M: Forraje Mulato II. ME: Mulato II ensilado. MM: Mulato II ensilado + melaza. MC: Mulato II ensilado + cáscara de naranja. MCM: Mulato II ensilado + cáscara de naranja + melaza.

Los valores de volumen máximo (Vm) son similares entre los tratamientos ($p > 0.05$; Cuadro 1). El Vm indica cuando los microorganismos alcanzan su fase estacionaria (Rojas-García *et al.*, 2020), en este estudio, los microorganismos alcanzaron su fase estacionaria en el mismo tiempo. La tasa de producción de gas (S) señala la velocidad de fermentación del sustrato; la cual, puede compararse con la fase de crecimiento de los microorganismos (Rojas-García *et al.*, 2020). El forraje de pasto Mulato II (M) obtuvo menor S en comparación con los ensilados ($p < 0.05$; Cuadro 1). La variable de fase lag (L) indica el tiempo que requieren los microorganismos para adherirse al sustrato e iniciar con la degradación de los nutrientes (Rojas-García *et al.*, 2020). En este sentido, el valor del tratamiento M indica que los microorganismos tardaron más tiempo en adherirse al sustrato (8.06 h), mientras que, los ensilados con la adición de cáscara de naranja MC y MCM mostraron menor tiempo con 3.8 y 3.53 h, respectivamente ($p < 0.05$; Cuadro 1). En una investigación realizada por Sánchez-Santillán *et al.* (2022) reportaron en forraje de Mulato II con edad de rebrote de siete semanas y a 72 h de incubación, valores de Vm (264 mL g⁻¹ MS), de S (0.0743 mL h⁻¹) y de L (18.17 h), superiores a lo reportado en el presente estudio. Los resultados obtenidos de Vm de los ensilados en el presente estudio son mayores a los reportados por Araiza-Rosales *et al.* (2021) a 96 h de incubación, en ensilados elaborados con 75 % rastrojo de maíz + 25 % de nopal (94 mL g⁻¹ MS), con 30 días de incubación; así mismo, una fase lag (L) de 2.7 h, valor menor a lo obtenido en este estudio.

CONCLUSIONES

Los ensilados que contenían cáscara de naranja (MC y MCM) mostraron los mejores valores en los parámetros de fermentación, lo que indica que contienen gran cantidad de carbohidratos fermentables.

LITERATURA CITADA

- Araiza-Rosales, E.; A. González-Arreola; G. Pámanes-Carrasco; M. Murillo-Ortiz; R. Jiménez-Ocampo; E. Herrera-Torres. 2021. Calidad fermentativa y producción de metano en ensilados de rastrojo de maíz adicionados con nopal fermentado y sin fermentar. *Abanico Veterinario* 11: 1-13.
- Binuomote, R. T.; O. T. Ojoawo; V. O. Asaolu. 2018. Nutritive evaluation of ensiled signal grass (*Brachiaria decumbens*) and cassava leaves (*Manihot esculenta*) with millet additive as feed for small ruminants. *Academic Research Journal of Biotechnology* 6(5): 18-28.
- Binuomote, R. T.; T. K. Adeyi; O. T. Ojoawo. 2019. Potentials of ensiled *Panicum maximum* with different crop residues as ruminant feed during dry season. *Engineering And Technology Journal* 6(4):423-437.
- Cruz, H.A.; G. A. Hernández; H. H. Vaquera; C. A. Chay; Q. J. Enríquez; V. S. Ramírez. 2017. Componentes morfológicos y acumulación del pasto mulato a diferentes frecuencias e intensidad de pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 8(1): 101-109.
- Epifanio, P. S.; K. A. D. Costa; A. Guarnieri; D. A. A. Teixeira; S. S. Oliveira; V. R. da Silva. 2016. Silage quality of *Urochloa brizantha* cultivars with levels of campo grande *Stylosanthes*. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 38(2): 135-142.
- Garay, J. R.; S. Joaquín; P. Zárate; M. A. Ibarra; J. C. Martínez; R. P. González; E. G. Cienfuegos. 2017. Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiarias* pp. cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales* 5(2): 66-76.
- Junior H. A. C.; J. M. Bertocco E.; V. Ruiz F.; M. T. Costa A.; J. R. Paschoaloto; A. Pastori D.; V. Barbosa D.; B. Faleiros N.; L. Fernández C. 2017. Methane production by *in vitro* ruminal fermentation of feed ingredients. *Semina: Ciências Agrárias* 38(2): 877-883.
- Menke, K. H.; H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28: 7-55.
- Miranda-Romero, L. A.; P. Vázquez-Mendoza; J. A. Burgueño-Ferreira; G. Aranda-Osorio. 2018. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 20: 196-215.
- Rodríguez, R.; M. Mota; C. Castillo; M. Fondevilla. 2010. *In vitro* rumen fermentation of the tropical grass *Pennisetum purpureum* and mixtures with browse legumes: effects of tannin contents. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 94(6): 696-705.
- Rojas-García, A. R.; R. K. Orocio-Martínez; P. Sánchez S.; M. A. Ayala-Monter; M. A. Maldonado-Peralta; J. L. Valenzuela-Lagarla. 2020. Características bromatológicas y fermentativas *in vitro* de complementos con *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y cáscara de *Cucurbita argyrosperma* Huber. *Agroproductividad* 13(7): 67-74
- Sánchez-Santillán, P.; A. García-Balbuena; G. Núñez-Martínez; N. Torres-Salado; J. Herrera-Pérez. 2022. Efecto de la edad y altura de corte de híbridos de *Urochloa* sp. sobre la producción de gas *in vitro*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25: 111-121.
- SAS. Statistical analysis software. 2002. The SAS 9.1 for Windows. SAS institute Inc. Cary, North Carolina. USA.
- Storm, I; A. Hellwing; N. Nielsen; J. Madsen. 2012. Methods for measuring and estimating methane emission from ruminants. *Animals* 2(2): 160-183.
- Texta, N. J.; P. Sánchez-Santillán; S. D. Hernández; N. Torres-Salado; G. M. Crosby; A. R. Rojas-García; P. J. Herrera; P. M. Maldonado. 2019. Use of disaccharides and activated carbon to preserve cellulolytic ruminal bacterial consortiums lyophilized. *Revista MVZ Córdoba* 24(3): 7305-7313.
- Theodorou, M. K.; B. A. Williams; M. S. Dhanoa; A. B. McAllan; J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48(3-4): 185-197.
- Vendramini, J. M.; L. E. Sollenberger; A. B. Soares; W. L. Silva; J. M. Sánchez; A. L. Valente; A. D. Aguiar; M. K. Mullenix. 2014. Harvest frequency affects herbage accumulation and nutritive value of brachiaria grass hybrids in Florida. *Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales* 2(2): 197-206.

EVALUACIÓN DE VEGETACIÓN UTILIZANDO ÍNDICE DE VEGETACIÓN NORMALIZADA (NDVI) EN UN PASTIZAL EN AÑOS DE SEQUÍA VEGETATION ASSESSMENT USING NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) IN A PASTURE IN DROUGHT YEARS.

José Contreras Bañuelos^{1*}, Israel José Contreras Casas Flores², Daniel Rodríguez Tenorio¹, Ramón Gutiérrez Luna², Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez² y Alfonso Serna Pérez².

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia kilómetro 31.5 Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, 98500 Gral. Enrique Estrada, Zac.

² Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500, Calera Zacatecas, México.

*Autor por correspondencia: contrerasbjose4@gmail.com

RESUMEN

Los pastizales son el sustento para 800 millones de personas en el mundo, en Zacatecas se dedican 5.4 millones de ha a la ganadería, de las cuales 2.3 millones de ha, se encuentran con alto nivel de degradación, por diversos factores incluido las sequías recurrentes, el estudio tiene como objetivo evaluar la sequía en la producción de vegetación con el método de NDVI, es un indicador de la vegetación existente, las bases de la relación entre el NDVI y la biomasa verde están relacionadas con la cantidad de radiación fotosintética absorbida por el intervalo de valores va desde -1 a 1. El procedimiento consistió en generar coordenadas del sitio de estudio mediante GPS, para luego ingresar los datos al Google Earth y geo posicionar el sitio de estudio, a través del programa Qgis se generó el NDVI. Se tomaron las lecturas de NDVI, precipitación y evapotranspiración del mes octubre desde el 2009 al 2023. Los resultados de NDVI corresponden con la precipitación y evapotranspiración anual. En conclusión, el NDVI como estimación del estado de vegetación, se encuentra ligado a precipitación, temperatura, tipo de suelo, altura, número de cabezas, disponibilidad del agua, manejo en general y representa para los productores un menor costo financiero y de tiempo, aporta la evolución de la condición de la vegetación, pero solo da una parte de la información, por lo que es necesario ligarlo a la estimación de materia seca *in situ*, para tener una aproximación más precisa, asociada a la producción de materia seca.

Palabras clave: Qgis, raster, geomática, precipitación, suelo, evaluación sequía.

ABSTRACT

Pastures are the livelihood for 800 million people in the world, in Zacatecas 5.4 million ha are dedicated to livestock, of which 2.3 million hectares are at a high level of degradation, due to various factors including recurrent droughts, the study aims to evaluate drought in vegetation production with the NDVI method, it is an indicator of existing vegetation, the bases of the relationship between NDVI and green biomass are related to the amount of photosynthetically absorbed radiation for the range of values ranging from -1 to 1. The procedure consisted of generating coordinates of the study site using GPS, then entering the data into Google Earth and geo positioning the study site, through the Qgis program the NDVI was generated. NDVI, precipitation and evapotranspiration readings were taken for the month of October from 2009 to 2023, NDVI results correspond to the annual precipitation and evapotranspiration. In conclusion, NDVI as an estimate of vegetation condition is linked

to precipitation, temperature, soil type, altitude, number of heads, water availability, management in general and represents a lower financial cost and time for producers, it provides the evolution of the vegetation condition, but only gives a part of the information, so it is necessary to link it to the estimate of dry matter in situ, to have a more accurate approximation, associated to the production of dry matter.

Keywords: Qguis, raster, geomatics, precipitation, soil, drought assessment.

INTRODUCCIÓN

El objetivo de la evaluación de la vegetación es proveer información que permita tomar decisiones de manejo para optimizar la producción de bienes y servicios y proteger los recursos naturales, principalmente en época de sequía.

Zacatecas cuenta con una superficie 5.4 millones ha son de uso pecuario de las cuales 2.3 millones se consideran con alto nivel de degradación debido a mal manejo y eventos climáticos como la sequía (Echavarría *et al.*, 2009). La ganadería extensiva se basa en el pastoreo en agostaderos, que presentan escasa cubierta vegetal, con especies de valor forrajero cuya frecuencia y dominancia tiende a decrecer como resultado del sobrepastoreo, el exceso de carga animal y la falta de rotación de potreros, propiciando la erosión del suelo (Rodríguez, 2022). La sequía es de los factores climáticos que más afecta en la región del semidesierto Chihuahuense, existen reportes del año 1721 en Valparaíso, 1802 Mazapil, (1957 en estado y la última en el año de 2012 causando graves pérdidas económicas a los ganaderos, razón por la cual es de suma importancia contar con herramientas que permitan evaluar las condiciones de los ecosistemas (Pastizales) para optimizar la producción y proteger los recursos naturales (Fariña, *et al.*, 2019).

La biomasa de los agostaderos se puede estimar de diferentes maneras: cosecha (Sala *et al.*, 1981), estimaciones visuales (Waite, 1994), alturas o volúmenes de las plantas (Thomson, 1998), radiometría (Olson KC, Cochran RC, 1998), fotografías (Paruelo *et al.*, 2000) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI por sus siglas en inglés) (Wylie, 1995).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Zacatecas, el clima de acuerdo con la clasificación de Köppen corresponde al tipo B (secos) en el 80% de la superficie, (templados) en 19% y A (cálidos húmedos) en 1% (Köppen, 1973).

El pastizal mediano abierto se localiza en clima seco templado, con verano cálido clasificado como BS1kw; con temperatura media anual de 15 a 18 °C y precipitación de 355 mm, para el presente estudio se tomó información de las estaciones climáticas más cercanas (Palmas altas, Abrego y Mesa de fuentes) de suelo se realizaron análisis pH, materia orgánica y textura.

En el Cuadro 1 Se muestra la ubicación, superficie, número de potreros, el inventario de ganado y la Geolocalización del sitio de estudio, con datos de marzo 2024.

Cuadro 1. Información general del sitio a evaluado

Predio	Municipio	Superficie ha	No. de Potreros	No. Cabezas	Coordenadas
Nueva Generación	Fresnillo	600	3	168	22.98°-103.10´

Una vez obtenidos los datos de ubicación, mediante (GPS), se procedió a localizar a través de los mapas de potencial productivo del suelo, luego el (NDVI), correspondiente al mes de octubre desde 2009 al 2023, el cual se utiliza para estimar la cantidad y calidad y desarrollo de la vegetación, y se basa en las longitudes de onda enviadas por satélite, las ondas infrarrojas cercanas (Kriegler FJ et al. 1969).

La estimación de la vegetación se realiza por medio de LANDSAT (LAND=tierra y SAT=satélite). Las imágenes LANDSAT están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. Estas bandas pueden combinarse produciendo una gama de imágenes de color que incrementan notablemente sus aplicaciones. (INEGI, 2020). Para el presente estudio el Landsat (7 y 8) además el programa Qgis versión 8.3.1. para el análisis y el ráster para obtener el NDVI.

Con base en las estimaciones realizadas a través de los procedimientos antes señalados encontramos los siguientes resultados: En la Cuadro 2 se muestran los datos promedio del año 2009 al 2023 en el rancho Tinajillas y Nueva Generación sobre, precipitación, Evapotranspiración, NDVI, Cabezas y Unidades Animal

RESULTADOS

Cuadro 2. Datos promedio de 15 años de Tinajillas y Nueva Generación Santa Rosa Fresnillo, Zac

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Promedio
Precipitación ml	309	475.85	189.9	268	451.8	426.3	603.8	363.4	474.3	580.2	266.63	494.44	417.43	258.43	269.23	386.0062
Evapotranspiración	1877.32	1729.95	1556.25	1421.5	1480.15	1432.8	1238.18	1437.66	1529.7	1372.23	1464.28	1423.73	1383.43	1487.98	1415.29	1521.726
NDVI	0.08070	0.07522	0.11786	0.16142	0.25105	0.22532	0.24015	0.20477	0.22980	0.26380	0.03972	0.29633	0.31258	0.2945	0.21019	0.060761
Cabezas	130	102	70	69	77	88	92	96	105	110	137	148	134	143	167	90.5
Unidades Animal	105.55	78.55	56.8	57.7	64.3	71.2	74.9	78.3	83.3	91.7	106.45	117.15	106.25	114.55	129.55	73.4125

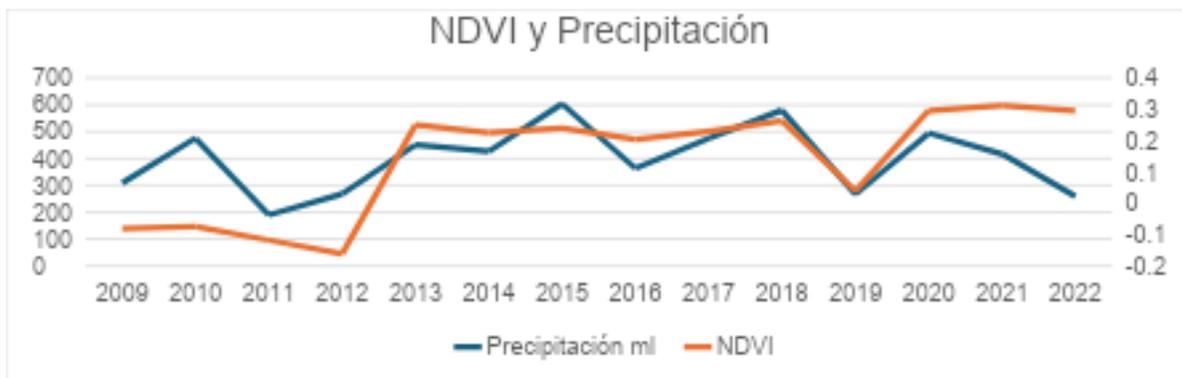


Figura 1. Relación entre el NDVI y la precipitación media anual 2009 – 2022.

En la figura 3 se observa como del año 2009 al 2012 se encuentran los valores de NDVI más bajos, coincidiendo con la sequía del 2012, luego un periodo de recuperación hasta el 2019, y luego vuelve a disminuir en el año 2023 coincidiendo con la sequía.

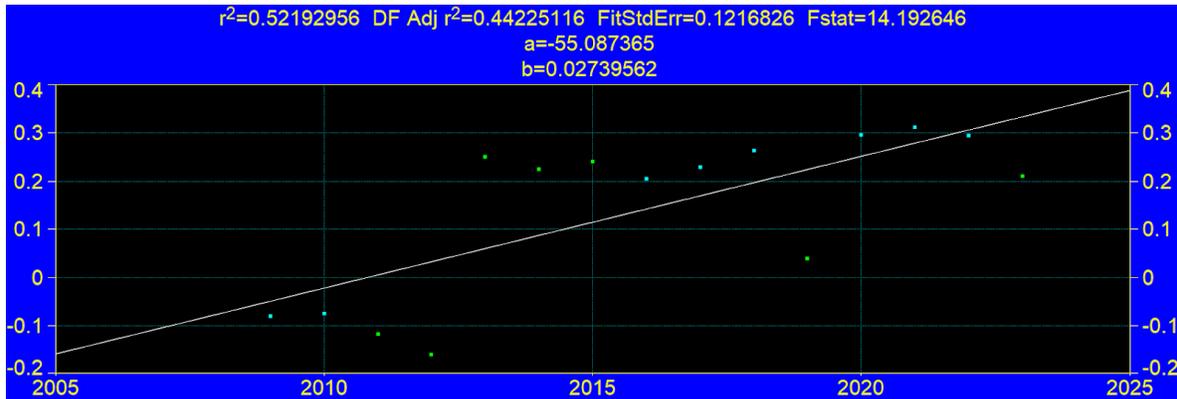


Figura 2. Se muestra la correlación año y NDVI desde 2009 al 2023

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la metodología para determinar el NDVI, los resultados muestran que del año 2009 al año 2020 la vegetación se mantuvo en un índice de planta muerta a poco crecimiento y dormancia en rangos de NDVI de -1 a .33 Cuadro 2, acentuándose en año 2012, donde el valor de NDVI era de -0.15 con un promedio de precipitación anual de 268 mm, y con una carga animal 57 U.A.A.; y baja la carga animal en más del 50% por efecto de la disminución de forraje y agua disponible. Los análisis estadísticos muestran un r^2 de .052 al relacionar los años con NDVI, similar a lo encontrado con otros autores (Fariña et al., 2019), el modelo agrupa los datos más bajos y altos del NDVI, ver figura 3. Los datos en los que se basa el estudio corresponden al mes de octubre de cada año, respecto de los otros parámetros precipitación, cabezas y evapotranspiración la R es más baja, razón por la cual es necesario agregar los datos mensuales de los 15 años, de todas las variables a fin de que los análisis estadísticos puedan detectar con mayor exactitud la correlación entre ellos.

CONCLUSIONES

Respecto al análisis de la sequía en el sitio de estudio, por medio del NDVI una vez recolectado los datos del 2009 al 2023, la condición de sequía más severa es la registrada en los años 2009-2012, en donde se observaron los niveles más bajos de precipitación, coincidiendo con el análisis del NDVI, sin embargo, hay otros factores que afectan la producción de vegetación como son tipo de suelo, altura, número de cabezas, disponibilidad y distribución del agua, manejo en general, que deben analizarse, para un mejor análisis.

El NDVI aporta datos acerca del historial de la condición de la vegetación en un sitio, lo que permite observar los cambios morfológicos generados en suelo, vegetación, declive, entre otros, pero es necesario la estimación de materia seca *in situ*, para conocer los datos más precisos, para que el productor tome las decisiones más certeras.

LITERATURA CITADA

- Echavarría C: F: G., Medina G.G., Rumayor R.A.F., Serna P.A., Salinas G.H., Bustamante W.J.G. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP. CIRNOC. Libro técnico No 10. 2009.
- Fariña C., Easdale M., Bruzzone O., Umaña F. Evaluación de los pastizales: Mirando la foto y también la película. INTA EEA Bariloche, IFAB (INTA- CONICET) Presencia No 71. 2019.
- Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W. (1969). Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. *Remote Sens Environ* VI:97–132.
- Olson KC, Cochran RC. Radiometry for predicting tallgrass prairie biomass using regression and neural models. *J Range Manage* 1998;(51):186-192.
- Paruelo JM, Lauenroth WK, Roset PA. Estimating aboveground plant biomass using a photographic technique. *J Range Manage* 2000;(53):190-193.
- Sala OE, Deregibus VA, Schlichter T, Alippe H. Productivity dynamics of a native temperate grassland in Argentina. *J Range Manage* 1981; 34:48-51.
- SIAP. 2022. Sistema de información agropecuaria, Estadística pecuaria Zacatecas. SADER. www.siap.gob.mx
- Thomson EF, Mirza SN, Afzal J. Predicting the components of aerial biomass of fourwing saltbush from shrub height and volume. *J Range Manage* 1998;(51):323-325.
- Waite RB. The application of visual estimation procedures for monitoring pasture yield and consumption in exclosures and small plots. *Trop Grassl* 1994;(28):38-42.
- Wylie BK, Denda I, Piepper RD, Harrington JA, Reed BC, Southwood GM. Satellite-Based herbaceous biomass estimates in the pastoral zone of Niger. *J Range Manage* 1995;(48):159-164.

GERMINACIÓN DE ARVENSE *Parthenium hysterophorus* L. EN CONDICIONES DE LUZ DE DÍA Y OSCURIDAD
GERMINATION OF WEED *Parthenium hysterophorus* L. UNDER DAYLIGHT AND DARK CONDITIONS

Alejandro Alviter Aguilar^{1*}, Pedro Arturo Martínez Hernández¹, Enrique Cortés Díaz¹, Alejandro Rodríguez Ortega², José Luis Zaragoza Ramírez¹

¹ Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México. C.P. 56230.

² Posgrado en Desarrollo Agrotecnológico Sustentable, Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Francisco I. Madero, Hidalgo. México. C.P. 42660.

* Correo electrónico para correspondencia: alesahidalgo2@gmail.com

RESUMEN

Parthenium hysterophorus L. es una planta arvense de la familia de la asteráceas con efectos alelopáticos y con alta producción de semillas, se reportan hasta 25,000 en una planta madura. Está presente en praderas de alfalfa y en ambientes naturales, donde modifica la estructura de la pradera y del hábitat. Actualmente se encuentra distribuida y en expansión en territorios de América, Asia, Europa, África y Oceanía. El objetivo de la investigación fue evaluar la capacidad de germinación de semillas colectadas en invierno, primavera y verano. Se cosecharon semillas de plantas de esta planta en floración profusa presentes en parcelas de alfalfa en el Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo, México. Se realizaron dos experimentos en un tiempo de 10 días cada uno. El primer experimento en condiciones de luz de día y el segundo en oscuridad. El diseño experimental fue completamente al azar. Las unidades experimentales fueron cajas de Petri con 10 semillas. Los datos se sometieron al análisis de varianza. Los porcentajes de germinación en condiciones de luz de día presentaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$), donde primavera presentó el 57% de germinación respecto a invierno y verano con 37 y 20%, respectivamente. En condiciones de oscuridad también se presentó diferencia estadística ($p < 0.05$), donde primavera presentó el 65% e invierno y verano con 52 y 12%, respectivamente. Se concluye que en primavera las semillas de *Parthenium* tiene mejor capacidad de germinación, debido a que las condiciones ambientales proporcionan temperatura y radiación solar para un desarrollo óptimo y viabilidad de semillas.

Palabras clave: *Parthenium hysterophorus*, germinación, oscuridad, luz.

ABSTRACT

Parthenium hysterophorus L. is a weed plant from the Asteraceae family with allelopathic effects and high seed production, up to 25,000 are reported in a mature plant. It is present in alfalfa meadows and in natural environments, where it modifies the structure of the meadow and the habitat. It is currently distributed and expanding in territories in America, Asia, Europe, Africa and Oceania. The objective of the research was to evaluate the germination capacity of *Parthenium hysterophorus* seeds collected in winter, spring and summer. Seeds were harvested from profusely flowering *P. hysterophorus* plants present in alfalfa plots in the Mezquital Valley, State of Hidalgo, Mexico. Two experiments of 10 days each were carried out. The first experiment in daylight conditions and the second in darkness. The

experimental design was completely randomized. The experimental units were Petri dishes with 10 seeds. The data were subjected to analysis of variance. The germination percentages in daylight conditions presented statistical differences ($p < 0.05$), where spring presented 57% germination compared to winter and summer with 37 and 20%, respectively. In dark conditions there was also a statistical difference ($p < 0.05$), where spring presented 65% and winter and summer with 52 and 12%, respectively. It is concluded that in spring *Parthenium* seeds have a better germination capacity, because the environmental conditions provide temperature and solar radiation for optimal development and seed viability.

Keywords: *Parthenium hysterophorus*, germination, darkness, light.

INTRODUCCIÓN

Parthenium hysterophorus es una herbácea de la familia asteraceae fuerte competidora con alfalfa en la Región del Valle del Mezquital, Hidalgo, México. La especie tienen alto potencial invasor por la producción de semilla, se reporta que produce en su ciclo productivo hasta 25,000 por planta. También tiene propiedades alelopáticas, donde el metabolito partenina es el principal inhibidor del crecimiento y desarrollo de las plantas que están en el mismo hábitat hábitat (Belz et al., 2007; Shrestha and Thapa, 2018). El origen de la arvense es el Golfo de México (Abdulkerim y Legesse, 2016). En el comercio internacional de granos, semillas y forrajes se ha introducido la semilla de *Parthenium* a otros continentes, donde actualmente es una planta invasora de riesgo alto en la producción de diferentes cultivos (Ruheili y Subhi, 2022). Esta arvense está siendo controlada con el uso de diversos productos químicos, sin embargo, por la resistencia a estos productos, no es posible tener una eficiencia total en su eliminación de los cultivos agrícolas (Balyan et al. 1996). Otro método de control de la arvense es el biológico, donde se utilizan microorganismos como el hongo *Phoma herbarum* (Vikrant y Pandey, 2006; Zelalem, 2021) y algunos insectos (Dhileepan et al., 2009).

Es necesario diseñar un plan de control de *Parthenium* con enfoque holístico y para esto, se requiere conocer varios aspectos de su fenología y agronomía (Maharjan et al., 1970). El riesgo de invasión por *P. hysterophorus* en alfalfa y otros cultivos depende de la cantidad y viabilidad de semilla producida de la arvense. La diferencia en calidad de la semilla tiene relación con las variaciones en las estaciones en el año en que se produce. Lo anterior es debido a los cambios en los contenidos de humedad, reservas acumuladas en la semilla y madurez del embrión. El objetivo de la investigación fue evaluar el patrón de germinación de semillas de *Parthenium hysterophorus* cosechadas en tres estaciones del año en ambiente de luz y oscuridad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de semillas

En praderas de alfalfa fueron cosechadas plantas de *Parthenium hysterophorus* con floración profusa en tres estaciones del año (invierno, primavera y verano). Las parcelas de alfalfa se ubican en San Antonio Abad, San Salvador, Hidalgo, México (20°17'21.7"N 99°02'29.6"W). Las semillas se agruparon por estación de cosecha, se revolvieron y se seleccionó al azar 80 semillas por estación. Se realizaron dos experimentos de germinación. El primero para evaluar la germinación con presencia de luz del día, con fecha del 27 de junio al 6 de julio de 2023. El segundo para evaluar la germinación en oscuridad, con fecha del 8 al 17 de julio

de 2023. Los dos experimentos se llevaron a cabo en el laboratorio de entomología en la Universidad Politécnica de Francisco I Madero en el estado de Hidalgo, México.

Diseño y unidades experimentales

El diseño experimental fue completamente al azar donde se aplicó los tres tratamientos referentes a la estación del año en que se colectó la semilla (T1=invierno, T2=primavera y T3=otoño) con 4 repeticiones cada uno. Las unidades experimentales fueron cajas de petri, donde en cada caja se colocó papel absorbente y se agregó agua destilada hasta humedecer en su totalidad el papel. Posteriormente, se colocaron en cada caja 10 semillas de la especie distribuidas homogéneamente y fueron monitoreadas por 10 días consecutivos para contabilizar la germinación. Con la ayuda de una lupa se verificaba que la semilla germinada presentara el epicotilo y la plúmula para ser considerada germinada. Para los dos experimentos la variable respuesta fue porcentaje acumulado de germinación. En el primer experimento las unidades experimentales fueron expuestas a la luz de día, pero no de manera directa. Para la prueba de germinación en condiciones de oscuridad las unidades experimentales fueron cubiertas con papel aluminio para evitar efecto de la luz.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron gestionados en la hoja de cálculo de Excel^{MR}. Posteriormente los datos del conteo acumulado de germinación se sometieron al análisis de varianza (ANOVA) en el Sistema de Análisis Estadístico (SAS^{MR}) con el Procedimiento de PROC GLM y con prueba de comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estación de cosecha de la semilla determinó ($p < 0.05$) el porcentaje de germinación, las semillas cosechadas en primavera mostraron el máximo porcentaje de germinación, con el 57% para germinación con luz de día y con el 65% para semillas en oscuridad, las semillas de primavera mostraron el doble de germinación que el promedio de las semillas de invierno y verano, las semillas de invierno mostraron una germinación similar a los dos extremos de germinación máxima y mínima (Cuadro 1).

Cuadro 1. Germinación de semillas de *Parthenium hysterophorus* en condiciones de luz del día y oscuridad cosechadas en tres estaciones del año.

Variable	Estación de cosecha de la semilla		
	Invierno	Primavera	Verano
Germinación con luz (%)	37 ^{ab}	57 ^a	20 ^b
Germinación con oscuridad (%)	52 ^a	65 ^a	12 ^b

^{ab} Medias con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey, $\alpha = 0.05$)

Las semillas que fueron cosechadas en primavera e invierno y sometidas a oscuridad no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) en los porcentajes de germinación, pero si se tienen diferencias con las cosechadas en verano (Cuadro 1). El patrón de germinación en los dos métodos tiene comportamiento similar en las estaciones de cosecha de la semilla, siendo en primavera donde se tiene los porcentajes más altos, seguido de invierno y verano. Estos porcentajes de germinación están determinados por la época de cosecha de la semilla que por las condiciones de luz u oscuridad. Los resultados en porcentajes de germinación por efecto

de luz y oscuridad tienen comportamiento similar a lo que reporta (Ebrahimi y Eslami, 2011), donde en una evaluación realizada con *Ceratocarpus arenarius* las tasas de germinación fueron idénticas en condiciones de luz, oscuridad y oscuridad continua, siendo esto un indicador de especies vegetales no fotoblásticas. La germinación en condiciones de luz de día pudo ser subestimada por exposición de las semillas a la luz; sin embargo, el patrón de germinación coincide con lo registrado por otros autores (Williams y Groves, 1980), en el sentido de que la estación de cosecha determina la viabilidad de las semillas a través de influir en el desarrollo de la planta. Sin embargo, estos resultados en el porcentaje de germinación en condiciones de luz y oscuridad difieren con los patrones de germinación que se obtuvieron por donde mencionan que *P. hysterophorus* tiene mejor desempeño germinativo en altas intensidades de luz. En este mismo contexto (Bajwa y Adkins, 2018), reportan que las semillas de *Parthenium* germinan en porcentajes menores en completa oscuridad y que esta germinación se mejora entre un 20 a 49% cuando se tiene efecto de iluminación.

Los resultados de las pruebas de germinación sometidas a condiciones de luz y oscuridad dependen de las características intrínsecas de la especie vegetal que se esté evaluando de forma particular. Lo anterior, define significativamente la respuesta de la germinación a gradientes de luz y oscuridad. En un estudio realizado por (Hu y Wang, 2014), reportan que las semillas de *Stipa bungeana* fueron fotoinhibidas, donde la luz disminuyó significativamente la germinación, con valores de 72% y 88% en luz y oscuridad, respectivamente. Y concluyen que el efecto inhibitorio de la luz son mecanismos de adaptación de la semilla de *S. bungeana* para evitar germinar en la superficie del suelo. Los resultados obtenidos en este experimento, donde se tiene germinación de semillas en las diferentes estaciones del año, concuerdan con lo que reporta (Tamato y Milberg, 2002), donde sugieren que no existen condiciones climáticas que limiten la germinación, y que la humedad del suelo es el factor más importante en este proceso, el cual se convierte en limitante principalmente en época secas. Las arvenses de importancia económica, biológica y ecológica han evolucionado y adaptado a climas diferentes. Estos cambios de las arvenses han sido ocasionados según (Clements y Jones, 2021) por el cambio climático acelerado, a través de modificaciones genéticas, cambios morfológicos, fenológicos y fisiológicos; así como cambios de nichos ecológicos. Estos cambios son en mayor resistencia a gradientes de temperatura, humedad e iluminación y lo hacen a través de expresar raíces más profundas y resistentes a sequía, alta producción de semillas con capacidad germinativa en cualquier época del año, como lo reporta (Matzrafi, 2019). La tasa de germinación de las arvenses, están determinadas por las propiedades intrínsecas de las semillas y también por factores ambientales como: temperatura, humedad relativa y fotoperiodo; así como propiedades del suelo como: humedad, salinidad, acidez, principalmente, (Tamato y Milberg, 2002; Ebrahimi y Eslami, 2011; Hu y Wang, 2013; Rouhollah y Sanam, 2016; Bajwa y Adkins, 2018).

CONCLUSIONES

La estación del año determina el potencial de germinación de las semillas de *Parthenium hysterophorus*. Para actividades de control holístico es necesario evitar la floración y formación de semilla, principalmente en la estación de primavera que es cuando la especie produce semilla con mayor potencial de germinación. Las semillas de *Parthenium* tuvieron patrones de germinación similares en condiciones de luz de día y oscuridad, estableciendo que esta especie no es fotoblástica.

LITERATURA CITADA

- Abdulkerim-Ute, Jemal, and Behailu Legesse. 2016. "Parthenium Hysterophorus L: Distribution, Impact, and Possible Mitigation Measures in Ethiopia." *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 19(1): 61–72.
- Bajwa, A. A., Chauhan, B. S., & Adkins, S. W. (2018). Germination Ecology of Two Australian Biotypes of Ragweed Parthenium (*Parthenium hysterophorus*) Relates to Their Invasiveness. *Weed Science*, 66(1), 62-70.
- Balyan, R. S., Ashok Yadav, S. K. Pahwa, and R. K. Malik. 1996. "Chemical Control of Parthenium Hysterophorus Linn." *Pestology* 20(6): 31–34.
- Belz, Regina G., Carl F. Reinhardt, Llewellyn C. Foxcroft, and Karl Hurlle. 2007. "Residue Allelopathy in Parthenium Hysterophorus L.-Does Parthenin Play a Leading Role?" *Crop Protection* 26(3): 237–45.
- Clements, David R., and Vanessa L. Jones. 2021. "Rapid Evolution of Invasive Weeds Under Climate Change: Present Evidence and Future Research Needs." *Frontiers in Agronomy* 3(April): 1–16.
- Dhileepan, Kunjithapatham, Queensland Government, Strathie Agricultural, and Kunjithapatham Dhileepan. 2009. "Parthenium Hysterophorus L ." (November).
- Ebrahimi, E., & Eslami, S. (2011). Effect of environmental factors on seed germination and seedling emergence of invasive *Ceratocarpus arenarius*. *Weed Research*, 52(1), 50-59.
- Hu, X., Zhou, Z., Li, T., Wu, Y., & Wang, Y. (2013). Environmental factors controlling seed germination and seedling recruitment of *Stipa bungeana* on the Loess Plateau of northwestern China. *Ecological Research*, 28, 801-809.
- Maharjan, Seerjana, Bharat Babu Shrestha, and Pramod Kumar Jha. 1970. "Allelopathic Effects of Aqueous Extract of Leaves of Parthenium Hysterophorus L. on Seed Germination and Seedling Growth of Some Cultivated and Wild Herbaceous Species." *Scientific World* 5(5): 33–39.
- Matzrafi, Maor. 2019. "Climate Change Exacerbates Pest Damage through Reduced Pesticide Efficacy." *Pest Management Science* 75(1): 9–13.
- Nguyen, Thi et al. 2017. "Parthenium Weed (*Parthenium Hysterophorus L.*) and Climate Change: The Effect of CO₂ Concentration, Temperature, and Water Deficit on Growth and Reproduction of Two Biotypes." *Environmental Science and Pollution Research* 24(11): 10727–39.
- Rouhollah, A., Ahmadreza, M., & Sanam, G. (2016). Effect of environmental factors on seed germination and emergence of *Lepidium vesicarium*. *Plant Species Biology*, 31(3), 178-187.
- Ruheili, Amna M., Thurya Al Sariri, and Ali M. Al Subhi. 2022. "Predicting the Potential Habitat Distribution of Parthenium Weed (*Parthenium Hysterophorus*) Globally and in Oman under Projected Climate Change." *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 21(7).
- Shrestha, Binita, and Chandra Bahadur Thapa. 2018. "Allelopathic Effects of Invasive Alien Species Parthenium Hysterophorus L. on Seed Germination of Paddy and Wheat." *Himalayan Biodiversity* 6(July 2013): 1–5.
- Tamato, T. S., & Milberg, P. (2002). Germination ecology of the weed *Parthenium hysterophorus* in eastern Ethiopia. *Annals of Applied Biology*, 140(3), 263-270.
- Vikrant, P., Verma, K. K., Rajak, R. C., & Pandey, A. K. (August 2006). Characterization of a Phytotoxin from *Phoma herbarum* for Management of *Parthenium hysterophorus L.* *Journal of Phytopathology*, 461-468.
- Williams, J. D., and R. H. Groves. 1980. "The Influence of Temperature and Photoperiod on Growth and Development of Parthenium Hysterophorus L." *Weed Research* 20(1): 47–52
- Zelalem, Bekeko. 2021. "Status of Parthenium Weed (*Parthenium Hysterophorus L.*) and Its Control Options in Ethiopia." *African Journal of Agricultural Research* 17(1): 1–7.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y PRODUCCIÓN DE GAS *IN VITRO* DE FUENTES ALIMENTICIAS NO CONVENCIONALES CHEMICAL COMPOSITION AND *IN VITRO* GAS PRODUCTION OF NON-CONVENTIONAL FORAGE SOURCES

Araiza-Ponce Karina^{1*}, Torres-Velázquez Diana Sofía¹, Murillo-Ortiz Manuel¹, Guerrero-Cervantes Maribel¹, Carrete-Carreón Francisco O.¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Durango-Mezquital Km. 11.5, Durango, Dgo. Méx.

*Autor de correspondencia: kari_araiza@hotmail.com

RESUMEN

La sequía y la baja producción de forraje afectan a los sistemas pecuarios, además el impacto ambiental de la ganadería impone la necesidad de implementar estrategias enfocadas a reducir la metanogénesis ruminal. El objetivo fue evaluar la composición química, producción de gas y metano *in vitro* de fuentes de forraje no convencionales. Se determinó la composición química y nutricional de las especies evaluadas. Se realizó una fermentación ruminal *in vitro* en frascos de vidrio (120 mL), el gas producido se colectó y se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) 10 M para determinar la proporción de metano. Se utilizó un diseño estadístico completamente al azar. Los resultados muestran diferencia significativa entre especies ($p < 0.05$) para las variables PC, DIVMS y metabolitos secundarios. La DIVMS mostró una relación negativa con el contenido de CFT y TC, todas las especies reportan un incremento en estas variables respecto al control. La producción de gas y metano fue distinta entre especies ($p < 0.05$), el nopal fresco y fermentado reduce 15% la producción de metano, mientras que el resto de las especies producen 65% menos metano que el control. En conclusión, los forrajes no convencionales son una alternativa para cubrir la demanda de forraje del ganado y su aporte de metabolitos secundarios reducen la producción de metano. **Palabras clave:** metabolitos secundarios, taninos condensados, digestibilidad *in vitro*, fermentación en estado sólido.

ABSTRACT

Drought and low forage production affect livestock systems, at the same time, the environmental impact of livestock farming imposes the need to implement strategies focused on reducing ruminal methanogenesis. The objective was to evaluate the chemical composition, gas and methane production *in vitro* of non-conventional forage sources. The chemical and nutritional composition of the evaluated species was determined. An *in vitro* ruminal fermentation was performed in glass flasks (120 mL). The gas produced was collected and 10 M sodium hydroxide (NaOH) was used to determine the proportion of methane. A completely randomized statistical design was used. The results show significant differences between species ($p < 0.05$) for the variables CP, IVDMD and secondary metabolites. The IVDMD showed a negative relationship with the content of TPC and CT, all species reported an increase in these variables compared to the control. The production of gas and methane was different between species ($p < 0.05$), fresh and fermented prickly pear reduces 15% the production of methane, while the rest of the species produce 65% less methane than the control. In conclusion, non-conventional forages are an alternative to cover

the demand for forage of livestock and their contribution of secondary metabolites reduces methane production.

Keywords: secondary metabolites, condensed tannins, in vitro digestibility, solid-state fermentation.

INTRODUCCIÓN

En México más de la mitad (55%) del territorio nacional se destina a la producción de ganado bovino, ya sea que la producción se lleve a cabo en sistemas intensivo o extensivos, la ganadería enfrenta una emergencia climática (SIAP, 2023). La sequía y la baja producción de forraje afectan de manera significativa a los sistemas pecuarios, estas condiciones obligan al productor a reducir el tamaño de su hato, lo que a largo plazo compromete la disponibilidad y el precio de la carne y leche (Murray-Tortarolo, 2022). Por otro lado, el impacto ambiental de la ganadería es un punto recurrente cuando se habla de cambio climático, se estima que los bovinos son responsables de la emisión de 125 millones de toneladas de metano anuales (potente gas de efecto invernadero) (Martínez-Muñoz *et al.*, 2022). Debido a lo anterior es necesario implementar estrategias nutricionales enfocadas a eficientar el manejo de los pastizales y a la par reducir la metanogénesis ruminal, Romero (2024) propone que la inclusión de metabolitos secundarios en la alimentación de los bovinos reduce la emisión de metano y mejora la fermentación ruminal. En las zonas áridas y semiáridas del país el follaje de los árboles y arbustos como fuente de alimento es una opción prometedora, ya que no compite con la alimentación humana y son fuente de nutrientes durante todo el año (Torres-Velázquez *et al.*, 2024), adicionalmente su contenido de metabolitos secundarios tiene capacidad para modificar la producción de gas y sobre todo reducir la producción de metano. El objetivo del presente estudio fue evaluar la composición química, la producción de gas y metano *in vitro* de orégano (*Lippia graveolens*), *Leucaena leucocephala*, nopal (*Opuntia ficus-indica*), nopal fermentado (con levadura *Saccharomyces cerevisiae*), encino blanco (*Quercus chihuahuensis*), encino rojo (*Quercus rugosa* Née) y eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se realizó en el laboratorio de Estudios de Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se recolectaron muestras de forrajes no convencionales: orégano (*Lippia graveolens*), *Leucaena leucocephala*, nopal (*Opuntia ficus-indica*), nopal fermentado, encino blanco (*Quercus chihuahuensis*), encino rojo (*Quercus rugosa*), eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y se utilizó alfalfa (*Medicago sativa*) como testigo. Se colectaron al azar tallos y hojas, en caso de los árboles, se utilizaron ramas con una longitud promedio de 1 m, las hojas se retiraron de forma manual. Una fracción de nopal se utilizó para realizar una fermentación en estado sólido (FES) con levadura *Saccharomyces cerevisiae* al 2% (m/m) y se incubó 72 horas a 32°C (Herrera-Torres *et al.*, 2014). Todas las muestras se secaron y molieron a un tamaño de partícula de 1 mm.

Composición química y nutricional: Se determinó el contenido de materia seca (MS), extracto etéreo (EE), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) (AOAC, 2005), el contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y lignina y

digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (ANKOM, 2023), el contenido de compuestos fenólicos totales y taninos condensados (Porter *et al.*, 1986).

Producción de gas y metano *in vitro*: Se evaluó la producción de gas en frascos serológicos de vidrio con capacidad de 120 mL, para la incubación se 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, el inóculo ruminal ese obtuvo de 2 novillos criollos fistulados del rumen. Se colectó el gas acumulado a las 24 horas y se determinó la proporción de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (Fievez *et al.*, 2005).

Cálculos adicionales: La materia orgánica fermentable (MOF), factor de partición (FP) y proteína microbiana (PMO) se estimaron a partir de las ecuación propuesta por Blümmel *et al.* (1997).

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 ($p \leq 0.05$). En todo el análisis estadístico se utilizó el programa SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de las especies evaluadas se muestra en la Cuadro 1. Los resultados muestran diferencia significativa ($p < 0.05$) para el contenido de MS, PC y EE. *Leucaena leucocephala* es la especie con mayor contenido de PC, seguida por el testigo (alfalfa), por el contrario, el nopal fresco y fermentado registran el valor más bajo. Estos resultados coinciden con los reportados por Zapata-Campos *et al.* (2020) quienes evaluaron la composición química de las hojas de *Leucaena leucocephala*, por su parte, Adiyaman (2014) declara que el contenido proteico del heno de alfalfa es consistente con una planta en plena floración. Es necesario destacar que FES del nopal incrementó el contenido de PC en 40%, el cual se puede atribuir a la producción de proteína unicelular proveniente de la levadura (Herrera-Torres *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Composición química y nutricional de fuentes alimenticias no convencionales.

	A	O	LL	N	NF	EB	ER	E	EEM
MS ¹	89.7±0.22 ^a	83.2±0.20 ^c	89.5±0.17 ^a	90.0±0.29 ^a	91.6±0.24 ^a	86.5±0.87 ^b	84.9±0.83 ^{bc}	84.6±0.58 ^{bc}	0.88
PC ¹	16.7±0.11 ^b	10.2±0.08 ^{de}	21.3±0.18 ^a	5.3±0.13 ^e	7.0±0.22 ^f	9.6±0.14 ^e	11.0±0.27 ^c	10.8±0.06 ^{cd}	0.29
EE ¹	1.4±0.02 ^d	4.2±0.04 ^a	3.1±0.06 ^b	1.7±0.01 ^{cd}	1.3±0.01 ^d	2.2±0.10 ^c	1.4±0.25 ^d	4.6±0.03 ^a	0.18
FDN ¹	45.0±1.41 ^{bc}	30.7±0.10 ^d	42.9±1.31 ^c	53.9±0.94 ^a	48.0±0.53 ^b	54.5±0.31 ^a	47.5±0.77 ^b	32.0±0.02 ^d	1.45
FDA ¹	27.6±0.15 ^a	19.6±0.01 ^c	13.8±0.19 ^d	13.5±0.31 ^d	12.5±0.08 ^d	26.4±0.72 ^a	23.3±0.67 ^b	19.2±0.22 ^c	0.67
LIG ¹	8.1±0.39 ^b	9.7±0.25 ^a	5.3±0.41 ^c	4.8±0.08 ^c	4.5±0.10 ^c	7.6±0.10 ^b	7.8±0.04 ^b	5.1±0.57 ^c	0.53
DIVMS ¹	55.7±1.15 ^a	37.2±1.33 ^c	45.7±0.58 ^b	51.5±0.54 ^a	51.5±0.54 ^a	18.2±1.34 ^e	23.6±0.97 ^d	38.9±2.14 ^c	2.07
CFT ²	96±0.81 ^d	121±0.41 ^a	119±1.74 ^{ab}	101.2±1.2 ^d	99.3±0.66 ^d	114.0±1.28 ^c	115.1±0.96 ^{bc}	110.2±0.98 ^c	1.88
TC ³	0.56±0.20 ^d	0.85±0.03 ^d	6.67±0.06 ^a	0.40±0.06 ^d	0.36±0.01 ^d	5.83±0.32 ^b	2.44±0.07 ^c	0.68±0.01 ^d	0.21

¹ % MS; ² mg eq-ácido tánico/g MS; ³ mg/g MS. ^a Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); MS: Materia seca; MO: Materia orgánica; PC: Proteína cruda; EE: Extracto etéreo; FDN: Fibra detergente

neutra; FDA: Fibra detergente ácida; LIG: Lignina; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; CFT: Compuestos fenólicos totales, TC: Taninos condensados; EEM: Error Estándar de la diferencia entre medias.

El contenido FDN, FDA y LIG fue diferente entre especies ($p < 0.05$), nopal y encino blanco son las especies con mayor contenido de pared celular, seguidas de la alfalfa, encino rojo, nopal fermentado y *Leucaena leucocephala*, finalmente el orégano y eucalipto tienen la proporción de FDN más baja. Este valor se relaciona con el grado de madurez de la planta y permite establecer una clasificación cualitativa, Singh y Oosting (1992) establecen que los forrajes con valores de FDN entre 45 y 65% se consideran forrajes de calidad media, y aquellos con porcentajes menores de 45% se clasifican como forrajes de alta calidad. La variable LIG se incrementa con el grado de madurez del forraje, en términos de nutrición indica la fracción del forraje que es indigerible para el rumiante y que además limita la fermentación de los componentes a su alrededor (Owens y Basalan, 2016). El orégano es la especie con mayor contenido de lignina, con un incremento del 20% respecto al testigo, el heno de alfalfa (testigo), encino blanco y rojo reportan cantidades similares de lignina, finalmente, *Leucaena leucocephala*, el nopal fresco y fermentado, y el eucalipto registraron en promedio 30% menos lignina que la especie testigo.

La DIVMS fue distinta entre especies ($p < 0.05$), la DIVMS del nopal fresco y fermentado registran valores similares al heno de alfalfa, por el contrario, el encino blanco es la especie con menor digestibilidad. Esta variable establece el porcentaje de alimento que es degradado y aprovechado por los microorganismos ruminales (Itavo *et al.*, 2021). El contenido de CFT y TC fue diferente entre especies ($p < 0.05$). El mayor contenido de CFT se encontró en orégano y *Leucaena leucocephala*, Wang *et al.* (2022) demostraron que el orégano presenta altas cantidades de compuestos fenólicos, especialmente, aceites esenciales. Zapata-Campos *et al.* (2020) encontraron cantidades similares de CFT al analizar hojas y vainas de *Leucaena leucocephala* y los clasificaron como taninos condensados e hidrolizables.

La producción de gas (PG_{24h}), CH_4 y CO_2 fue distinta entre especies (Cuadro 2; $p < 0.05$), el valor más alto se obtuvo al fermentar nopal fresco, por el contrario, la menor producción de gas se registró en el encino blanco. La PG_{24h} es un buen indicador de la efectividad de la fermentación microbiana y se relaciona directamente con la DIVMS y con las cantidades de metabolitos secundarios (Cardoso-Gutierrez *et al.*, 2021). Las plantas con mayor cantidad de CFT y TC, como orégano, encino blanco, rojo y eucalipto reducen la PG_{24h} respecto al control (Romero, 2024; Gallegos-Flores *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Producción de gas, metano y dióxido de carbono, síntesis de proteína microbiana y factor de partición de fermentaciones ruminales *in vitro* de forrajes no convencionales.

	A	O	LL	N	NF	EB	ER	E	EEM
\bar{J}_{24h}^1	196.2±0.06 ^b	142.8±1.78 ^c	149.8±0.87 ^c	219.4±8.78 ^a	186.2±5.83 ^b	70.9±1.31 ^c	99.6±3.35 ^d	98.2±4.1 ^d	7.39
H_4^1	40.5±1.15 ^a	17.1±1.76 ^c	15.1±0.66 ^c	34.5±2.30 ^b	33.8±2.90 ^b	12.5±1.15 ^c	14.5±3.0 ^c	13.1±1.33 ^c	1.41
O_2^1	155.7±1.12 ^b	125.7±1.15 ^c	134.6±0.54 ^{bc}	184.9±11.0 ^a	152.4±4.70 ^b	58.4±2.40 ^c	85.1±6.35 ^d	85.0±5.48 ^d	9.14
$H_4:CO_2$	0.26±0.01 ^a	0.13±0.01 ^b	0.11±0.01 ^b	0.19±0.02 ^{ab}	0.22±0.02 ^{ab}	0.21±0.02 ^{ab}	0.18±0.04 ^{ab}	0.16±0.02 ^{ab}	0.04
OF ²	559±0.13 ^b	406±4.89 ^c	430±2.47 ^c	619±4.74 ^a	527±1.63 ^b	203±3.71 ^c	285±9.30 ^d	281±1.82 ^d	2.77
MO ²	283±0.57 ^b	217±2.17 ^c	225±1.08 ^c	312±1.92 ^a	271±7.28 ^b	127±1.67 ^c	163±4.16 ^d	161±5.23 ^d	9.21
μ^2	3.6±0.01 ^d	3.7±0.05 ^c	3.7±0.01 ^c	3.6±0.01 ^d	3.6±0.01 ^d	4.0±0.01 ^a	3.8±0.01 ^b	3.8±0.01 ^b	0.16
M^3	7.1±0.01 ^{ab}	5.3±0.05 ^c	5.6±0.02 ^c	7.7±0.28 ^a	6.6±0.18 ^b	2.9±0.04 ^c	3.9±0.10 ^d	3.8±0.13 ^d	0.23

¹ml/g MS; ²mg/g MS; ³mg/g MOD; ⁴Mcal/kg MS. *Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$); PG_{24h} : Producción de gas a las 24h de fermentación; MOF: Materia orgánica fermentable; FP: Factor de partición; PMO: Proteína microbiana; EEM: Error Estándar de la diferencia entre medias.

La producción de CH₄ mostró diferencia entre especies ($p < 0.05$), el heno de alfalfa registro la mayor producción de gas respecto al resto de las especies, el nopal fresco y fermentado produjeron 15% menos metano que el testigo, mientras que el orégano, *Leucaena leucocephala*, encino blanco, encino rojo y eucalipto reducen en promedio un 65% la producción de CH₄. Los mecanismos para inhibir la metanogénesis difieren según la especie, la actividad antimetanogénica del nopal se atribuye al efecto defaunante de las saponinas presentes (Vélez-Terranova *et al.*, 2014). En el caso del orégano y eucalipto el contenido de aceites esenciales les confiere actividad bactericida y bacteriostática sobre los protozoarios y arqueas metanogénicas (Wang *et al.*, 2022; Zhou *et al.*, 2019). *Leucaena leucocephala*, el encino blanco y encino rojo, al tener mayor concentración de taninos condensados reducen la producción de CH₄ a partir de la formación de complejos con protozoarios y arqueas metanogénicas y al limitar la fermentación ruminal. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en las variables MOF, PMO, FP y EM. La MOF más alta se obtuvo al fermentar nopal fresco, este valor mayor al obtenido en el control y nopal fermentado, las especies con menor MOF son encino rojo y eucalipto. La MOF expresa la cantidad de sustrato disponible para la producción de proteína microbiana y el FP indica la proporción del sustrato fermentado que se transformó en proteína microbiana (Rodríguez *et al.*, 2008). Según Rodríguez *et al.* (2008), los valores óptimos de FP oscilan entre 2.74 y 4.41, el valor obtenido en este estudio sugiere que las condiciones de fermentación favorecen la producción de PMO.

CONCLUSIONES

Utilizar especies nativas en las zonas áridas y semiáridas de México es una alternativa para cubrir la demanda de forraje del ganado, las características nutricionales del orégano, *Leucaena leucocephala*, nopal fresco, nopal fermentado, encino blanco, encino rojo y eucalipto permite incorporarlos a dietas para rumiantes, y debido a su aporte de metabolitos secundarios reducen la producción de metano en el rumen. Sin embargo, es necesario continuar con las investigaciones para establecer el nivel óptimo de inclusión en la dieta.

LITERATURA CITADA

- Adiyaman, E. (2014). Investigation of feed value of alfalfa (*Medicago sativa* L.) harvested at different maturity stages as in situ and in vitro.
- ANKOM (2023). Daisy Incubator Operator's manual. ANKOM Technology, NY USA.
- AOAC. (2005). Official method of Analysis. 18th Edition Washington DC, USA. 1930.
- Blümmel M., Makkar H. P. S., & Becker K. (1997). In vitro gas production: a technique revisited. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 77 (1-5): 24-34.
- Cardoso-Gutierrez, E., Aranda-Aguirre, E., Robles-Jimenez, L. E., Castelan-Ortega, O. A., Chay-Canul, A. J., Foggi, G., Angeles-Hernandez, J. C., Vargas-Bello, E., & Gonzalez, M. (2021). Effect of tannins from tropical plants on methane production from ruminants: A systematic review. *Veterinary and Animal Science*. 1(14):100214.
- 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.
- Gallegos-Flores, P., Bañuelos-Valenzuela, R., Delgadillo-Ruiz, L., Echavarría-Cháirez, F., Meza-López, C., & Rodríguez-Tenorio, D. (2019). Evaluación diferencial de extractos de orégano en la producción de ácidos grasos volátiles y metano durante fermentación ruminal in vitro. *Abanico veterinario*, 9.

- Herrera-Torres E. Murillo M., Berumen L., Páez J., & 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.
- Itavo, L. C., Itavo, C. C., do Valle, C. B., Menezes, A. D., dos Santos Difante, G., da Graça Morais, M., Soares, C. M., da Silva Pereira, C., & Oliveira, R. L. (2021). Digestibilidad in vitro de gramíneas *Brachiaria* con líquido ruminal bovino y ovino como inóculo. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*.
- Martínez-Muñoz, D. S., Rivera-Cerón, F., Palacios-Solórzano, I., Ramírez-Martínez, B. A., Molina-Aguilar, C., & Moguel, B. B. (2022). Metagenómica y metatranscriptómica para mitigar las emisiones de metano por animales rumiantes. *TIP Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25, 1-18.
- Murray-Tortarolo, G. (2022). Esperanza frente a la emergencia climática. *Revista Digital Universitaria*, 23(4).
- Owens, F.N., Basalan, M. (2016). *Ruminal Fermentation*. In: Millen, D., De Beni Arrigoni, M., Lauritano Pacheco, R. (eds) *Rumenology*. Springer,
- Porter, L. J., Hrstich, L. N., & Chan, B. G. (1986). The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25: 223-230.
- Rodríguez, R., Sosa A., & Rodríguez, Y. (2008). Modelos de predicción y métodos de estimación de la producción de proteína microbiana en el rumen. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 42 (2): 123-130.
- Romero, M. P. (2024). Estrategias nutricionales para la reducción de la producción de metano y mejora de la eficiencia de la fermentación ruminal. Tesis. Universidad de Granada. España.
- SAS Institute, Inc. (2003). *Statistical analysis system, Windows versión 9.1.2*. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). *Población ganadera: Resumen Nacional 2014-2023*. Agricultura. México.
- Singh, G., & Oosting, S. J. 1992. A model describing the energy value of straw. *Indian Dairy man*, 4: 322-327.
- Torres-Velázquez, D. S., Murillo-Ortiz, M. & Cervantes-Guerrero, M. (2024). Huizache Leaves and Agave Bagasse Incorporated into Granulated and Pelletized Concentrates and Their Effects on Methane Production and in vitro Fermentation Patterns in Ruminant Diets. *Indian Journal of Animal Research*, 1, 7.
- Vélez-Terranova, M., Gaona, R. C., & Sánchez, H. (2014). Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 489-499.
- Wang, Z., Li, X., Zhang, L., Wu, J., Zhao, S., & Jiao, T. (2022). Effect of oregano oil and cobalt lactate on sheep in vitro digestibility, fermentation characteristics and rumen microbial community. *Animals*, 2(1):118.
- Zapata-Campos, C. C., Garcia-Martinez, J. E., Salinas-Chavira, J., Ascacio-Valdés, J. A., Medina-Morales, M. A., & Mellado, M. (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), 723-730.
- Zhou, R., Wu, J., Zhang, L., Liu, L., Casper, D. P., Jiao, T., Liu, T., Wang, J., Lang, X., Song, S., & Gong, X. (2019). Effects of oregano essential oil on the ruminal pH and microbial population.

CRECIMIENTO Y VALOR FORRAJERO DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. ECOTIPO NATIVO DE TEXCOCO, EDOMÉX GROWTH AND FORAGE VALUE OF *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. NATIVE ECOTYPE OF TEXCOCO, EDOMÉX

Joshua Álvarez Acacio¹, José Guadalupe Martínez Martínez^{1*}, Juan José Gutiérrez Sánchez¹, José Manuel Olvera Aguilar¹

¹Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carr. México-Textcoco Km 38.5, 56230, Chapingo, México, México.

*Autor por correspondencia: JMARTINEZM@chapingo.mx

RESUMEN

El zacate banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) es una especie de amplia distribución y gran importancia forrajera en pastizales áridos mexicanos. Se recolectaron ramas pectinadas de la especie en San Dieguito, Texcoco, Edo. de México, en noviembre de 2022, se evaluaron variables agronómicas y producción de biomasa durante su desarrollo; además de su valor nutricional. Las variables altura, número de tallos tuvieron comportamiento cuadrático desde la siembra y hasta los 64 días post siembra; se observó amacollamiento a partir de los días 15 post siembra y se dio el cambio a etapa reproductiva entre los días 43 y 50; la producción de biomasa aérea y radicular fue de 0.966 ± 0.053 y 0.569 ± 0.137 g MS planta⁻¹ respectivamente a los 64 días post siembra; los parámetros de valor nutritivo fueron, PC de $8.53 \pm 0.29\%$, FDA de $31.53 \pm 1.27\%$ y FDN de $64.10 \pm 2.85\%$ a los 64 días post siembra.

Palabras clave: Gramíneas nativas, Zacate banderita, Biomasa, Valor nutritivo.

ABSTRACT

Sideoats grama (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) is a species with wide distribution and great forage importance in Mexican arid grasslands. Pectinate branches of the species were collected in San Dieguito, Texcoco, State of Mexico, in November 2022. Agronomic variables and biomass production were evaluated during its development, as well as its nutritional value. The variables height and number of stems showed quadratic behavior from sowing up to 64 days post-sowing; tillering was observed starting from 15 days post-sowing, and the transition to the reproductive stage occurred between days 43 and 50. The production of aerial and root biomass was 0.966 ± 0.053 and 0.569 ± 0.137 g DM plant⁻¹ respectively at 64 days post-sowing. The nutritional value parameters were CP of $8.53 \pm 0.29\%$, ADF of $31.53 \pm 1.27\%$, and NDF of $64.10 \pm 2.85\%$ at 64 days post-sowing.

Keywords: Sideoats grama, Forage value, Biomass.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales en México son comunidades vegetales dominadas por gramíneas que cubren el 64% del territorio nacional y proporcionan el 90% del alimento para el ganado (Cantú, 2011; CONAZA, 1994). Además de su importancia para la ganadería, estos ecosistemas desempeñan funciones ecológicas cruciales (Cantú, 2011). Sin embargo, su situación actual es precaria debido a factores como el crecimiento poblacional y el manejo inadecuado (CONABIO, 2009; PMARP, 2012). México es el centro de origen de muchas gramíneas

adaptadas a zonas áridas (Quero et al., 2017; Sánchez-Ken, 2019). El valor forrajero de una especie depende de factores como la palatabilidad, la digestibilidad y la composición nutricional (Ball et al., 2001; Newman et al., 2009). La fenología es esencial para el manejo de pastizales, ya que influye en la calidad forrajera (Browning et al., 2019). *Bouteloua curtipendula*, una especie ampliamente distribuida en América es reconocida por su alto potencial forrajero debido a su palatabilidad y digestibilidad (Beltrán et al., 2013). Su rendimiento puede variar entre 1340 y 9850 kg de materia seca por hectárea, dependiendo de las condiciones (Beltrán et al., 2013), y su valor nutricional disminuye a medida que la planta madura (Álvarez-Holguín et al., 2020). El objetivo del presente estudio fue describir el crecimiento y cambios en valor forrajero de *Bouteloua curtipendula* (Michx.).

MATERIALES Y METODOS

Se estableció un cultivo en vasos de 1 L con tierra agrícola, sembrando ramas pectinadas para obtener aproximadamente 120 plántulas. Se realizaron muestreos semanales a partir del día 15 después de la siembra, evaluando variables agronómicas como altura, longitud de raíz, tallos, hojas, sinflorescencia y componentes reproductivos. La producción de materia seca se midió semanalmente separando los componentes morfológicos (aérea, raíz, tallo, hoja, sinflorescencia), pesando en fresco, secando al sol y en horno a 100°C por 48 horas. Se analizó la composición nutricional (proteína cruda, fibra detergente neutro y ácido) mediante pruebas Kjeldahl y Van Soest (AOAC, 1990). Se obtuvieron ecuaciones de regresión, promedios y desviaciones estándar con Minitab® 17.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los que respecta a Altura de planta (Figura 1) se reporta para este ecotipo datos que van de 4.59 ± 1.39 cm a los 15 días post siembra hasta 51.50 ± 5.28 cm a los 64 días post siembra, para otras especies como *B. gracilis* (especie de alta importancia forrajera y nativa de México) y *Eragrostis curvula* (especie proveniente de África) Moreno-Gómez et al. (2012) reporta para altura de la planta de 2 y 1.5 cm a los 15 días post siembra hasta 14 y 12 cm a los 37 días después post siembra, estos datos son similares al comprarlos con la medición en la especie evaluada a los 36 días después de la siembra en la cual se reportan 11.57 ± 2.19 cm.

La variable NT nos permite observar el comienzo de la etapa denominada como amacollamiento, en la especie evaluada el amacollamiento comienza entre el día 15 y 22 después de la siembra en donde se logran observar 2 tallos y llega a un punto máximo para el periodo evaluada en el día 64 con 14 tallos, para *B. gracilis* y *E. curvula* Moreno-Gómez et al. (2012) reporta el comienzo de amacollamiento en los días 25 y 16 post siembra respectivamente.

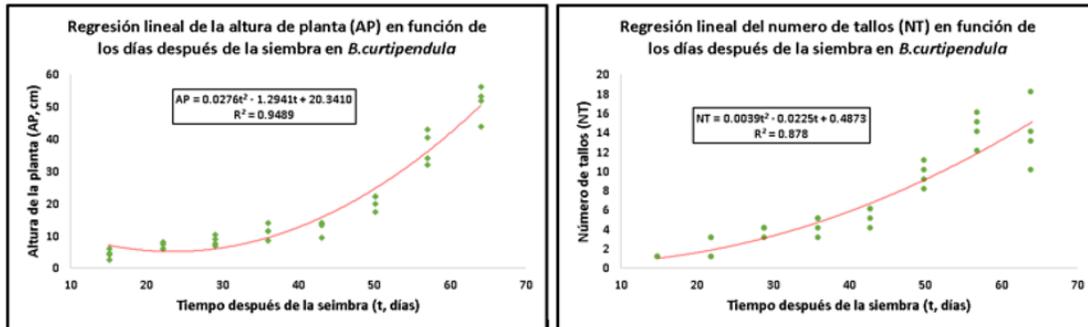


Figura 1. Graficas y ecuaciones de regresión lineal ($p \leq 0.05$) de variables agronómicas de *B. curtipendula* ecotipo nativo de Texcoco, Edomex.

La producción de biomasa aérea que se muestra en la Figura 2 sigue una tendencia cuadrática ($p \leq 0.05$) y tiene un $R^2 = 0.9698$, se observa el aumento de esta variable en función del tiempo post siembra, tenemos a los 15 días post siembra 0.013 ± 0.005 g MS planta⁻¹ hasta llegar a 0.966 ± 0.053 g MS planta⁻¹ a los 64 días post siembra con la planta en floración. Comparado con los datos reportados por Álvarez-Holguín et al. (2017) reporta en condiciones de invernadero y con adición de fertilizante a los 63 días post siembra producciones de biomasa similares de 1.05, 1.00, MS planta⁻¹ para las variedades comerciales y ecotipos Reno, Vaugh respectivamente, esto tenido en cuenta teniendo en cuenta que para el ecotipo evaluado no se añadió fertilizante.

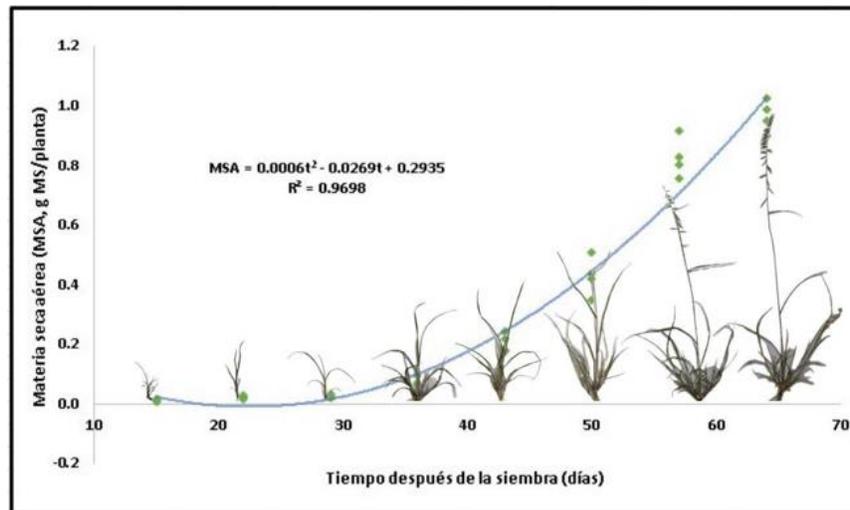


Figura 2. Grafica y ecuación de regresión lineal ($p \leq 0.05$) de la producción de biomasa aérea y desarrollo fenológico de *B. curtipendula* ecotipo nativo de Texcoco, Edo. de México.

En el Cuadro 2 se muestra el cambio en FDN y FDA durante el desarrollo de *B. curtipendula*, el FDN tuvo un comportamiento lineal ($p \leq 0.05$) y tiene un $R^2 = 0.8497$ (ver Figura 1) y va de $42.30 \pm 4.20\%$ a los 22 días post siembra hasta $64.10 \pm 2.85\%$ a los 64 días post siembra, mientras que para FDA tuvo una tendencia lineal ($p \leq 0.05$) y un $R^2 = 0.7368$ (Ver Figura 2), con valores de $23.70 \pm 2.80\%$ a $31.50 \pm 1.30\%$ de 22 hasta 64 días post siembra respectivamente; Se muestra también el cambio en PC, la cual tuvo un comportamiento

cuadrático ($p \leq 0.05$) y tiene un $R^2 = 0.9568$ (ver Figura 7) con valores de $14.64 \pm 0.78\%$ a los 22 días post siembra hasta $8.53 \pm 0.29\%$ a los 64 días post siembra.

Cuadro 1. Variables de composición nutricional evaluadas durante el desarrollo fenológico del ecotipo de *B. curtipendula* nativo de Texcoco, Edo. México.

Variable	Tiempo después de la siembra (días)					
	22	29	36	43	57	64
PC (%)	14.64 ± 0.78	13.44 ± 0.33	11.51 ± 0.40	10.50 ± 0.41	9.50 ± 0.35	8.53 ± 0.29
FDN (%)	42.30 ± 4.20	43.88 ± 2.23	48.24 ± 3.92	54.64 ± 3.22	57.14 ± 3.45	64.10 ± 2.85
FDA (%)	23.71 ± 2.82	24.62 ± 3.21	25.95 ± 1.45	26.81 ± 1.79	30.66 ± 0.83	31.53 ± 1.27

CONCLUSIONES

En general el ecotipo evaluado tuvo un buen comportamiento, su producción de biomasa fue similar e incluso mayor que algunos ecotipos y variedades comerciales evaluadas en otros trabajos; y su valor forrajero se puede considerar como bueno para las zonas áridas.

La preservación, evaluación y promoción de las plantas forrajeras nativas de las zonas áridas de México es muy importante la búsqueda del bienestar ecológico y productivo de las zonas de agostaderos del país.

REVISIÓN DE LITERATURA

- Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Sierra-Tristán, J. S., & Villarreal-Guerrero, F. (2017). Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. *Tecnociencia Chihuahua*, 11(1), 25–32.
- Álvarez-Holguín, A., Ochoa-Rivero, J. M., Ponce-García, O. C., Morales-Nieto, C. R., & Corrales-Lerma, R. (2020). ATRIBUTOS AGRONÓMICOS, COMPOSICIÓN NUTRICIONAL Y SU RELACIÓN EN GENOTIPOS DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*). *Ciencia e Innovación*, 3(2), 277–289.
- AOAC. (1990). *OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS* (K. Helrich, Ed.; Fifteenth edition). Association of Official Analytical Chemists, Inc.
- Ball, D., Collins, M., Lacefield, G., Martin, N., Mertens, D., Olson, K., Putnam, D., Undersander, D., & Wolf, M. (2001). *Understanding forage quality*.
- 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.
- Browning, D. M., Snyder, K. A., & Herrick, J. E. (2019). Plant Phenology: Taking the Pulse of Rangelands. *Rangelands*, 41(3), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2019.02.001>
- Cantú, B. J. H. (2011). *MANEJO Y MEJORAMIENTO DE PASTIZALES*. Doble Hélice Ediciones.
- 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.
- CONAZA. (1994). *Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México*. CONAZA.
- Moreno-Gómez, B., García-Moya, E., Rascón-Cruz, Q., & Aguado-Santacruz, G. A. (2012). CRECIMIENTO Y ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths Y *Eragrostis curvula* var. *conferta* Stapf BAJO UN RÉGIMEN SIMULADO DE LLUVIA. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 35(4), 299–308.
- Newman, Y. C., Adesogan, A. T., Vendramini, J., & Sollenberger, L. (2009). *Defining Forage Quality*. <http://edis.ifas.ufl.edu>
- 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 Botanica Mexicana*, 126. <https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1379>

PREDICCIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN SUELOS DE PASTOREO A TRAVÉS ÍNDICES MULTIESPECTRALES Y DATOS AMBIENTALES PREDICTING SOIL ORGANIC CARBON IN GRAZING LANDS USING MULTISPECTRAL INDICES AND ENVIRONMENTAL DATA

Alan Álvarez-Holguín^{1*}, José Miguel Prieto-Rivero¹, Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Jesús A. Prieto-Amparán¹, Carlos R. Morales-Nieto¹, Federico Villarreal-Guerrero¹, Carlos G. Monzón-Burgos¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología. Periférico Francisco R. Almada Km 1, 33820 Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor por correspondencia: aaholguin@uach.mx

RESUMEN

La cuantificación precisa del contenido de carbono orgánico en el suelo de ecosistemas ganaderos sigue siendo un desafío debido su variabilidad climática, en tipos de suelo y vegetación, así como los diferentes tipos de manejo ganadero. El uso de índices multiespectrales derivados de imágenes satelitales podría ser una alternativa para su cuantificación. Por lo anterior, se evaluó la factibilidad de utilizar diferentes índices multiespectrales y datos ambientales para la estimación del contenido de carbono orgánico en suelos (COS) de tierras de pastoreo del norte de México. Se recolectaron 160 muestras de suelo en 34 predios ganaderos de Chihuahua, en áreas de pastizal y bosques de encino, en las cuales se determinó el COS. El 75% de los datos obtenidos fue utilizado para generar un modelo predictivo a través de análisis de regresión múltiple y el 25% para validación. Se probaron diez índices multiespectrales de imágenes Landsat 8 y once variables edafoclimáticas. El modelo mostró un buen desempeño (R^2 ajustado = 0.74), empleando índices como GCI (Green Chlorophyll Index), NDSVI (Difference Senescent Vegetation Index), NDLI (Normalized Difference Lignin Index), MSAVI (modified soil-adjusted vegetation index), junto con las variables elevación, precipitación de los trimestres más seco y húmedo, velocidad del viento, porcentaje de arena y pH. Aunque el modelo es prometedor, presenta limitaciones como la heterocedasticidad y la influencia de observaciones extremas. La validación arrojó un R^2 de 0.65, lo que sugiere la necesidad de incorporar más observaciones y ajustar el modelo para mejorar su precisión y aplicabilidad en diferentes contextos ambientales.

Palabras clave: Carbono orgánico, imágenes satelitales, índices de vegetación, modelos predictivos.

ABSTRACT

Accurately quantifying soil organic carbon (SOC) in rangeland ecosystems remains challenging due to variability in climate, soil, vegetation types, and livestock management practices. For this reason, this study explored the feasibility of using multispectral indices from satellite imagery combined with environmental data to estimate SOC in rangeland from northern Mexico. A total of 160 soil samples were collected from 34 ranches in Chihuahua, encompassing grasslands and oak forests, and SOC levels were measured. Seventy-five percent of the data was used to develop a predictive model through multiple regression analysis, with the remaining 25% was used for validation. Ten multispectral indices from

Landsat 8 imagery and eleven edaphoclimatic variables were included in a multiple regression analysis. The resulting model demonstrated robust performance, with an adjusted R^2 of 0.74. It utilized indices such as GCI (Green Chlorophyll Index), NDSVI (Difference Senescent Vegetation Index), NDLI (Normalized Difference Lignin Index), and MSAVI (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index), along with variables including elevation, precipitation of the driest and wettest quarters, wind speed, sand percentage, and pH. Despite its robust performance, the model has limitations, including heteroscedasticity and the impact of extreme observations. The validation yielded an R^2 of 0.65, indicating the need for further observations and adjustments to enhance the model's accuracy and its applicability across diverse environmental contexts.

Keywords: Organic carbon, satellite imagery, vegetation indices, predictive models.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés por cuantificar el carbono orgánico del suelo (COS) ha aumentado considerablemente debido a su potencial para ser incluido en esquemas de bonos de carbono. Estos esquemas permiten que los ganaderos reciban incentivos económicos por mejorar las prácticas de manejo que aumenten la captura de carbono en el suelo (Sha *et al.*, 2020). Sin embargo, la cuantificación precisa del contenido de carbono orgánico en el suelo de ecosistemas ganaderos sigue siendo un desafío debido su variabilidad climática extrema, diversidad de tipos de suelo y vegetación, así como los diferentes esquemas de pastoreo que se utilizan en la ganadería.

El uso de índices multispectrales derivados de imágenes satelitales representa una alternativa para estimar COS en terrenos ganaderos (Yu *et al.*, 2018). Estos índices proporcionan información sobre la reflectancia de la vegetación y del suelo, lo que permite inferir propiedades del suelo relacionadas con el contenido de carbono orgánico. Además, en la actualidad contamos con gran disponibilidad de datos ambientales directamente relacionados con la vegetación, como temperatura, precipitación y características edafológicas. Incluir esta información en modelos podría mejorar la precisión su potencial predicción. Sin embargo, se desconoce si los índices multispectrales combinados con datos climáticos pueden ser utilizados para estimar el COS de manera precisa. Por esta razón, el objetivo de esta investigación fue evaluar la factibilidad de utilizar diferentes índices multispectrales y datos ambientales para la estimación del contenido de carbono orgánico en suelos de tierras de pastoreo del norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en 34 predios ganaderos del estado de Chihuahua, en áreas de pastizal y bosques de encino. En cada predio, se muestrearon al menos tres áreas de 1 ha. En cada área, se tomaron cinco muestras de suelo, una al centro y cuatro en sentido de los puntos cardinales a una distancia de 50 m del centro. Las muestras de suelo se tomaron en una superficie de 10 x 10 cm y 30 cm de profundidad. Se separaron las rocas y se pesó la muestra para obtener la densidad aparente del suelo. Las muestras de suelo fueron cribadas con un tamiz de 2 mm para separar partículas gruesas y finas. Las cinco muestras se mezclaron y se elaboró una mezcla compuesta con por área. La muestra resultante fue enviada y analizada en el laboratorio de CENID RASPA del INIFAP. La fracción de contenido de carbono orgánico en las muestras de suelo fue determinada por el método de Walkley-Black.

Finalmente, el contenido de COS se calculó mediante la siguiente la formula carbono orgánico en suelo ($t\ C\ ha^{-1} = \text{porcentaje de carbono orgánico} * \text{densidad aparente (g suelo en los } 3000\ cm^3) * 0.1$ (factor para convertir a $t/C/ha$).

En total se analizaron 160 de muestras de suelo. El COS se relacionó con diferentes índices multispectrales y datos climáticos. Los índices multispectrales utilizados se describen en el Cuadro 1. Los índices multispectrales fueron calculados a través de imágenes satelitales obtenidas del Servicio de Datos de Observación de la Tierra de la NASA para Landsat 8, a una resolución espacial de 30 m. Los valores de estos índices representan el promedio para el 2023, año en que se colectaron las muestras de suelo para la estimación de COS. Además, se obtuvieron los datos de precipitación anual, precipitación del trimestre más húmedo y precipitación del trimestre más seco promedio de los últimos diez años de la base de datos IMERG (Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM) de la NASA. También, se obtuvo la precipitación media anual de los últimos diez años con a través del sistema MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Todo esto se realizó a través de la plataforma Google Earth Engine. La variable velocidad del viento fue obtenida de la base de datos WorldClim (<https://www.worldclim.org>). Además, se obtuvieron las variables edafológicas porcentaje de arena, porcentaje de arcilla y pH. Estos datos se obtuvieron a partir de 16,820 análisis de suelos realizados en todo el país por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 2010). Los datos del suelo se interpolaron mediante el método de Kriging, utilizando ArcMap ver. 10.3 (ESRI, CA). Las interpolaciones se validaron dividiendo los datos en un 90% para entrenamiento y un 10% para prueba. Los valores medidos y estimados se compararon utilizando la prueba t de Student ($\alpha = 0.05$) en el software R ver. 4.1.2. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) en todas las variables del suelo interpoladas. Por lo tanto, se incluyeron en los análisis. Los valores de los índices multispectrales y de los datos climáticos y edafológicos fueron extraídos para cada sitio donde se determinó el COS mediante el software ArcMap ver. 10.3 (ESRI, CA).

Cuadro 1. Índices multispectrales utilizados en el estudio.

Índice	Formula	Referencia
NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)	$(NIR - R)/(NIR + R)$	Tucker, 1979
Enhanced Vegetation Index (EVI)	$2.5 \times (NIR + 6 \times RED - 7.5 \times BLUE + 1)(NIR - RED)$	Justice et al., 1998
MSAVI (modified soil-adjusted vegetation index)	$(2 \times NIR + 1 - (2 \times NIR + 1)^2 - 8 \times (NIR - RED)) / 2$	Qi et al., 1994
GCI (Green Chlorophyll Index)	$(NIR/G) - 1$	Gitelson et al., 2003
NDSVI (Difference Senescent Vegetation Index)	$2 \cdot NIR + 1 - (2 \cdot NIR + 1)^2 - 8 \cdot (NIR - Red)$	Qi et al., 2002
NDLI (Normalized Difference Lignin Index)	$(SWIR1 + NIR) / (SWIR1 - NIR)$	Serrano et al., 2002
LAI (Leaf Area Index)	$3.618 \times EVI - 0.118$	Boegh et al., 2002
MNDWI (Normalized Difference Water Index)	$(GREEN + SWIR1) / (GREEN - SWIR1)$	Xu, 2006
BSI (Bare Soil Index)	$(SWIR1 + RED) + (NIR + BLUE) / (SWIR1 + RED) - (NIR + BLUE)$	Jamalabad y Abkar, 2004
NDNI (Normalized Difference Nitrogen Index)	$(NIR + RED) / (NIR - RED)$	Serrano et al., 2002

SWIR1= Reflectancia en el infrarrojo de onda corta (Shortwave Infrared 1), banda 6; NIR= Reflectancia en el infrarrojo cercano (Near-Infrared), banda 5; RED= Reflectancia en la banda del rojo, banda 4; BLUE: Reflectancia en la banda del azul, banda 2 en Landsat 8.

Los datos de COS, los valores de los índices multiespectrales y los datos climáticos fueron sometidos a un análisis de regresión lineal múltiple, donde la variable respuesta fue COS. Previo a este análisis, la variable COS fue transformada al logaritmo natural debido a que no se ajustó a una distribución normal. El análisis de regresión múltiple fue realizado con el software RStudio versión 4.1.1, mediante un proceso de selección de variables paso a paso (stepwise). La selección de variables de variables se hizo en reversa (backward), donde las variables que no tenían un aporte significativo ($p > 0.05$) fueron siendo descartadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de selección de variables stepwise incluyó 10 variables en el mejor modelo de regresión múltiple (Cuadro 2), el cual obtuvo un R^2 de 0.76 y un R^2 ajustado de 0.74. Este resultado sugiere que el modelo es robusto y explica gran parte de la variación en el COS de tierras ganaderas en Chihuahua.

Cuadro 2. Modelo de regresión para predecir contenido de carbono orgánico en tierras ganaderas del estado de Chihuahua.

Variable	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Valor de P
Intercepto	13.771	1.25338	10.99	<0.0001
GCI (Green Chlorophyll Index)	-0.54121	0.20047	-2.7	0.008
NDSVI (Difference Senescent Vegetation Index)	13.39659	3.34086	4.01	0.0001
NDLI (Normalized Difference Lignin Index)	-12.61328	3.2731	-3.85	0.0002
MSAVI (modified soil-adjusted vegetation index)	4.94669	1.82873	2.7	0.0079
Porcentaje de arena	0.0441	0.01527	2.89	0.0047
Elevación	0.00615	0.0005662	10.86	<0.0001
Precipitación del trimestre más seco de los últimos diez años	-0.1696	0.03189	-5.32	<0.0001
Precipitación del trimestre más húmedo de los últimos diez años	-0.01569	0.00189	-8.29	<0.0001
Velocidad del viento	-3.95558	0.67134	-5.89	<0.0001
pH	-0.44058	0.08939	-4.93	<0.0001

El modelo incluyó los índices multiespectrales GCI, NDSVI, NDLI y MSAVI, cuyos resultados sugieren que estos índices pueden emplearse para predecir el contenido de carbono orgánico en el suelo. Esto se debe a su relación con la presencia y salud de la vegetación, lo cual influye directamente en el COS. Además, el modelo incluyó variables edafoclimáticas como el porcentaje de arena, la elevación, la precipitación del trimestre más seco y del más húmedo de los últimos diez años, la velocidad del viento y el pH. Estudios previos han intentado predecir el COS mediante índices multiespectrales, pero han obtenido coeficientes de determinación más bajos (Yu *et al.*, 2018), posiblemente debido a la falta de variables edafoclimáticas en sus modelos. Esto subraya la importancia de incluir estas variables, ya que influyen significativamente en la dinámica de la vegetación y, por ende, en el secuestro de carbono orgánico.

El modelo desarrollado ofrece resultados prometedores para la predicción del COS en tierras ganaderas utilizando información geoespacial. La distribución de los residuales se asemeja a

una distribución normal (Jarque-Bera; $p < 0.05$), como se muestra en la Figura 1. Sin embargo, presenta algunas limitaciones que impiden su uso inmediato. Entre ellas, la falta de homogeneidad en la varianza de los residuales sugiere la existencia de heterocedasticidad. Además, algunas observaciones muestran altos valores de leverage y residuos estandarizados extremos, lo que indica que están afectando el modelo. Asimismo, la validación arrojó un R^2 de 0.65. Estos resultados sugieren que se requieren más observaciones de tierras ganaderas con distintos niveles de COS para mejorar la distribución de los datos y reducir el error del modelo.

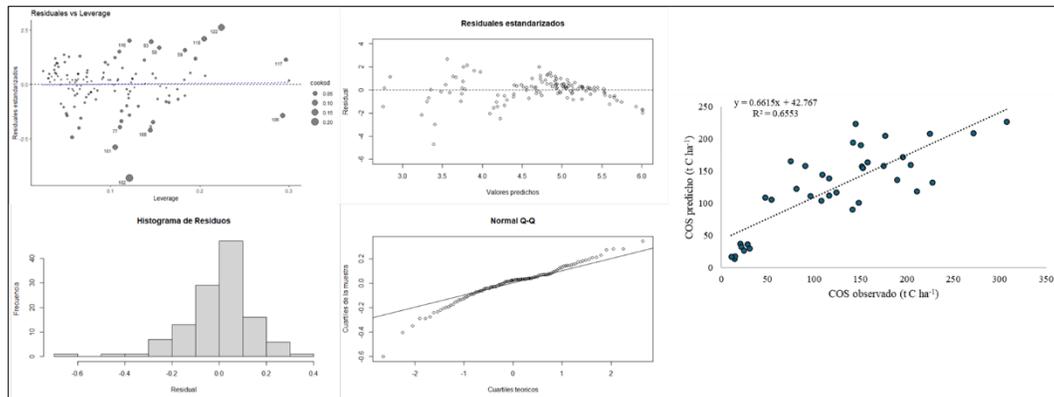


Figura 1. Parámetros de calidad y validación del modelo para predecir carbono orgánico en suelo.

CONCLUSIONES

El uso de índices multispectrales como GCI, NDSVI, NDLI y MSAVI, combinado con variables edafoclimáticas, demuestra ser una herramienta prometedora para la predicción del carbono orgánico en el suelo (COS) en tierras ganaderas. No obstante, el modelo obtenido presenta ciertas limitaciones, como la heterocedasticidad y la influencia de observaciones extremas, lo que resalta la necesidad de perfeccionar su enfoque. Para mejorar su capacidad predictiva, es necesario incorporar más observaciones de terrenos con diferentes niveles de COS y seguir ajustando el modelo para que sea más representativo y preciso en diversos contextos ambientales.

LITERATURA CITADA

- Boegh, E.; H. Soegaard; N. Broge; C. B. Hasager; N. O. Jensen; K. Schelde; A. Thomsen. 2002. Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture. *Remote sensing of Environment* 81:179-193.
- Gitelson, A. A.; Y. Gritz; M. N. Merzlyak. 2003. Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves. *Journal of Plant Physiology* 160:271-282.
- Jamalabad, M.; A. Abkar. 2004. Forest canopy density monitoring, using satellite images. In: XXth ISPRS Congress, Istanbul, pp 12–23.
- Justice, C. O.; E. Vermote; J. R. Townshend; R. Defries; D. P. Roy; D. K. Hall; M. J. Brnsley. 1998. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): Land remote sensing for global change research. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36:1228-1249.
- Qi, J.; A. Chehbouni; A. R. Huete; Y. H. Kerr; S. Sorooshian. 1994. A modified soil adjusted vegetation index. *Remote Sensing of Environment* 48:119-126.
- Qi, J.; R. Marsett; P. Heilman; S. Bieden-bender; S. Moran; D. Goodrich; M. Weltz. 2002. Ranges improves satellite-based information and land cover assessments in southwest United States. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 83:601-606.

- Serrano, L.; J. Penuelas; S. L. Ustin. 2002. Remote sensing of nitrogen and lignin in Mediterranean vegetation from AVIRIS data: Decomposing biochemical from structural signals. *Remote Sensing of Environment* 81:355-364.
- Sha, Z.; Y. Bai; H. Lan; X. Liu; R. Li; Y. Xie. 2020. Can more carbon be captured by grasslands? A case study of Inner Mongolia, China. *Science of The Total Environment* 723:138085.
- Tucker, C. J. 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment* 8:127-150.
- Xu, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* 27:3025-3033.
- Yu, H.; B. Kong; G. Wang; R. Du; G. Qie. 2018. Prediction of soil properties using a hyperspectral remote sensing method. *Archives of Agronomy and Soil Science* 64:546-559.

USO DE NÚCLEOS SEMILLEROS DE PASTOS PARA LA RECUPERACIÓN DE AGOSTADEROS DEGRADADOS USE OF GRASS SEED CORES FOR THE RECOVERY OF DEGRADED RANGELANDS

Abieser Vázquez González^{1*}, Erickson Basave Villalobos², José Ángel Sígala Rodríguez², Miguel Ángel Ramírez Fuentes², Edith Ramírez Segura³, Erika Nava Reyna⁴

INIFAP- ¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla-Nayarit. ²Campo experimental Valle del Guadiana – Durango. ³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-Jalisco. ⁴Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera – Durango.

*Autor por correspondencia: vazquez.abieser@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue el establecimiento de núcleos semilleros (NDS) de pastos nativos en agostaderos degradados como una estrategia para recuperar la cobertura vegetal. El establecimiento de los NDS se llevó a cabo en un módulo experimental localizado en el ejido Lázaro Cárdenas, Durango. Los NDS se iniciaron en junio del 2023 donde se realizaron terrazas individuales en curvas a nivel, con un diámetro de 1 m y 30 cm de profundidad, las cuales se dispusieron en cinco líneas de 9 -10 terrazas mediante un arreglo de tresbolillo. El establecimiento (siembra y trasplante) se realizó en septiembre del 2023, esto debido a la falta de lluvias en los meses de junio-agosto. Para el caso de la siembra, se utilizaron semillas de pasto banderita variedad NdeM-La Resolana. Se sembraron dentro de cada terraza 17.5 g de diásporas en forma directa al voleo, cubriendo posteriormente con una capa ligera de tierra para asegurar el contacto de las semillas con el suelo. Por su parte, el trasplante de plántulas producidas en vivero se realizó cuando estas habían cumplido 3 meses de edad, colocándolas en la parte más honda de la terraza en cepa común asegurándose de cubrir completamente el sistema radical. Los resultados mostraron que las plantas de vivero tienen una sobrevivencia alta de 90% después de un año de haber sido establecidos, mientras que los pastos de siembra directa presentan una densidad de 256 macollos/m². Los NDS con pastos nativos representan una alternativa con potencial para recuperar la cubierta vegetal en agostaderos degradados.

Palabras clave: Terrazas, cobertura vegetal, sobrevivencia, germinación.

ABSTRACT

The objective of the study was the establishment of native grass seed nuclei (NDS) in degraded rangelands as a strategy to restore vegetation cover. The establishment of the NDS was carried out in an experimental module located in the Lázaro Cárdenas ejido, Durango. The NDS were initiated in June 2023, where individual terraces were built along contour lines, with a diameter of 1 meter and a depth of 30 cm. These terraces were arranged in five rows of 9-10 terraces using a staggered pattern. The establishment (sowing and transplanting) took place in September 2023, due to the lack of rainfall in the months of June to August. For the sowing, seeds of the banderita grass variety NdeM-La Resolana were used. A total of 17.5 g of diaspores were sown directly by broadcasting within each terrace, later covered with a light layer of soil to ensure seed-to-soil contact. As for the transplanting, nursery-grown seedlings were transplanted when they were 3 months old, placing them in the deepest part of the terrace in a common clump, ensuring that the root system was completely covered. The results showed that nursery plants had a high survival rate of 90% one year after being

established, while the directly sown grasses showed a density of 256 tillers/m². NDS with native grasses represent a potential alternative for restoring vegetation cover in degraded rangelands.

Keywords: Terraces, Vegetation cover, Survival, Germination.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales a pesar de ser uno de los tipos de vegetación más representativos en las regiones áridas y semiáridas del norte de México, han sufrido una reducción drástica de su cobertura. La extensión actual de pastizales representa cerca del 60% del pastizal natural potencial (SEMARNAT, 2015). Los pastizales remanentes están sometidos a fuertes procesos de degradación, propiciados principalmente por el sobrepastoreo y el cambio en el uso del suelo para fines agrícolas (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). Por lo tanto, existe la necesidad de rehabilitar estos ecosistemas para revertir su deterioro. No obstante, esto representa retos importantes ya que las condiciones de aridez, la pérdida de suelo por erosión y la carga animal excesiva, son algunos factores que a menudo dificultan el éxito de proyectos de resiembra o revegetación (Alcalá-Galván *et al.*, 2018). Por los retos que representa rehabilitar los pastizales, cuando estos requieren obras directas para su recuperación, Velázquez-Martínez *et al.* (2017) recomiendan definir alternativas o prácticas que se ajusten a las condiciones particulares del suelo en el sitio de siembra o plantación, con el propósito de asegurar el establecimiento de las plantas. Específicamente, una práctica integral con ese enfoque es el establecimiento de núcleos de dispersión de semillas (NDS), que funcionan como semilleros de pastos nativos para recuperar la cobertura de este tipo de vegetación en condiciones degradadas. Los NDS involucran las prácticas de preparación del suelo y obras de conservación, a fin de recuperar suelo e incrementar la capacidad de retención e infiltración de humedad durante la época de lluvias. Estas condiciones favorecen la germinación de las semillas y el establecimiento de las plántulas en siembras directas, además facilitan el establecimiento de las plantas de vivero. En ambos métodos, el principio es que una vez que los pastos se establezcan, puedan continuar su crecimiento y desarrollo hasta alcanzar su madurez y posteriormente producir semillas que podría diseminarse de manera natural. El objetivo del trabajo fue analizar la factibilidad de núcleos semilleros de pastos nativos en agostaderos degradados como una estrategia para recuperar la cobertura vegetal en un agostadero degradado en el estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

El establecimiento de los NDS se llevó a cabo en un módulo experimental localizado en el ejido Lázaro Cárdenas (Garabitos), en el municipio de Durango, Durango. Esta área está dentro de una microcuenca que abastece a la Presa Garabitos (Figura 1).



Figura 1. Localización y vista aérea del módulo experimental en el ejido Lázaro Cárdenas, Durango, Durango, en donde se establecieron núcleos de dispersión de semillas (NDS) para rehabilitar un agostadero degradado por sobrepastoreo. El polígono en amarillo es el área que cubren los NDS.

La precipitación media anual es de 496 mm. La comunidad vegetal es matorral con pastizal (González-Elizondo *et al.*, 2006). El sitio muestra una alta pérdida cobertura vegetal y de suelo con afloramiento evidente de material parental (rocas y piedras). El suelo remanente, fuertemente compactado, es de textura franco-arcillosa-arenosa con pH moderadamente ácido (6.17), densidad aparente de 1.30 g/cm³, conductividad hidráulica alta (5.30 cm h⁻¹), poca materia orgánica (1.09 %) y una fertilidad baja con deficiencia de macroelementos como el nitrógeno (3.2 mg kg⁻¹), calcio (703 mg kg⁻¹), fósforo (1.19 mg kg⁻¹), magnesio (85.3 mg kg⁻¹) y azufre (2.9n mg kg⁻¹), y de microelementos como el zinc (0.2 mg kg⁻¹), cobre (0.2 mg kg⁻¹) y boro (0.08 mg kg⁻¹).

El establecimiento de los NDS comenzó en junio del 2023. Los NDS se construyeron en terrazas individuales, dadas las condiciones de topografía del terreno y por las ventajas de este tipo de obras en zonas con baja precipitación, ya que permiten una mayor captación de agua de lluvia y retención de humedad. Se realizaron terrazas individuales en curvas a nivel, con un diámetro de 1 m y 0.30 m de profundidad. Tomando en cuenta la superficie del terreno, las terrazas se dispusieron en cinco líneas de 9-10 terrazas mediante un arreglo de tresbolillo. En el trazo de cada línea se consideró la pendiente del terreno, que está orientada hacia el norte. Cada línea tuvo una separación de 10 m. Posteriormente, hasta septiembre del 2023 se realizó la siembra y el trasplante de los pastos. Esto debido a la falta de lluvias en los meses de junio-agosto debido a la sequía registrada en el 2023. Para el caso de la siembra, se utilizaron semillas de pasto banderita variedad NdeM-La Resolana del Colegio de Postgraduados. Aproximadamente se sembraron dentro de cada terraza 17.5 g de diásporas en forma directa al voleo, cubriendo posteriormente con una capa ligera de tierra para asegurar el contacto de las semillas con el suelo. Por su parte, el trasplante de plántulas producidas en vivero se realizó dentro de las terrazas cuando estas habían cumplido 3 meses de edad. Las plantas se colocaron en la parte más honda de la terraza en cepa común asegurándose de cubrir completamente el sistema radical.

En el caso del trasplante se utilizaron plántulas de pasto banderita variedad “Banderilla Diana” y navajita variedad “Cecilia”. En este caso se colocaron dos ejemplares de cada especie en las terrazas. Tanto las terrazas con siembra directa y las de trasplante se cercaron con malla ganadera para evitar el pastoreo y pisoteo por animales. Periódicamente, durante un año se ha monitoreado el establecimiento de las plántulas en las terrazas de la siembra directa y se ha contabilizado la sobrevivencia de las plantas de vivero en las terrazas de plantación, además de la humedad del suelo dentro las terrazas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después del establecimiento se presentó una lluvia constante por cuatro días, en la cual se observó la germinación de las semillas y emergencia de las plántulas dentro de las terrazas donde se realizó la siembra directa. Esto debido a la acumulación de humedad en el suelo donde se registraron valores de 18-20 % al momento de establecimiento. Al término de un año las plantas de vivero tienen una sobrevivencia alta superior a 90% para ambas especies (Figura 2). Por su parte, los pastos de siembra directa después de un año de haber sido establecidos presentan una densidad de 256 macollos/m². En cuanto al suelo, se registra un incremento de la humedad 10% mayor comparado con la superficie fuera de los núcleos.

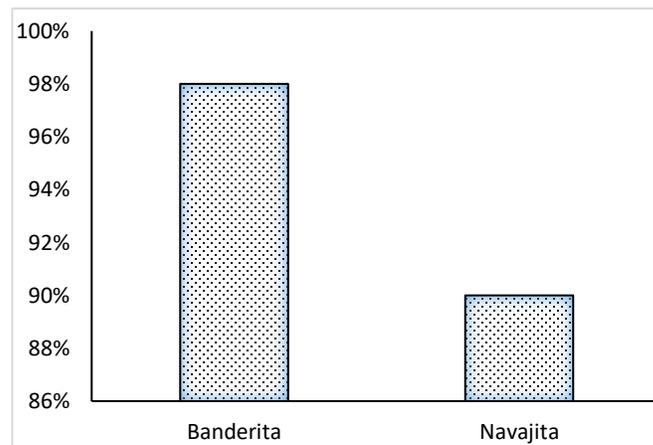


Figura 2. Porcentaje de sobrevivencia de pasto banderita y navajita, establecidos en núcleos de dispersión en condiciones de temporal en el ejido Lázaro

La creación de núcleos de dispersión como estrategia para la recuperación de agostaderos degradados en ecosistemas áridos y semiáridos se concibe y fundamenta tomando en cuenta el concepto de las “islas de fertilidad (IF) o de recursos”. Las IF son agrupaciones vegetales o parches densos de plantas dispersos en una matriz de suelo carente de vegetación. En dichas islas, el suelo tiene mejor calidad y fertilidad comparado con superficies circundantes fuera del parche o dosel (Peters *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2017). Con base en este contexto, los resultados de los núcleos en el establecimiento de los pastos en cualquiera de los dos métodos implementados (siembra directa o trasplante) sugieren que esta estrategia es una práctica potencialmente factible para rehabilitar agostaderos con un alto grado de alteración en zonas áridas y semiáridas.

CONCLUSIONES

Los núcleos de dispersión de semillas presentaron un adecuado establecimiento de los pastos tanto de siembra directa como de trasplante, así como un incremento en la humedad del suelo. Esto sugiere su potencial para recuperar la cobertura de pastos nativos en agostaderos degradados en ambiente árido o semiárido, lo cual puede ser una estrategia para rehabilitar estos agroecosistemas.

LITERATURA CITADA

- Alcalá-Galván, C. H.; Barraza-Guardado, R. H.; Ayala Álvarez, F. y Rueda-Puente, H. O. 2018. Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el Noroeste de México. *Agronomía Mesoamericana*. 29 (2): 433-447.
- González-Elizondo, M. S.; González-Elizondo, M. y Márquez-Linares, M. A. (2006). *Vegetación y ecorregiones de Durango*. CIIDIR Unidad Durango. Instituto Politécnico Nacional. Durango, México. 165 p.
- Jurado-Guerra, P.; Velázquez-Martínez, M.; Sánchez-Gutiérrez, R. A.; Álvarez-Holguín, A.; Domínguez-Martínez, P. A.; Gutiérrez-Luna, R.; Garza-Cedillo, R. D.; Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. G. 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.
- Muñoz, I. D. J.; Chávez, M. M.; Godínez, A. H. O. y Cuéllar, A. N. A. 2017. Cambios edáficos en islas de fertilidad y su importancia en el funcionamiento de un ecosistema del valle de Tehuacán Puebla, México. *Terra Latinoamericana*. 35(2):123-133.
- Peters, P. C. D., Bestelmeyer, B. T.; Herrick, E. J.; Fredrickson, E. L.; Monger, H. C. y Havstad. K. M. 2006. Disentangling complex landscapes: New insights into arid and semiarid system dynamics. *BioScience*. 56: 491-501.
- SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2015. Ecosistemas terrestres. En: Informe de la situación del medio ambiente en México 2015. México. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap2_Ecosistemas.pdf. Consultado 23 abril, 2024.
- Velázquez-Martínez, M.; Santiago-Hernández, F.; Gámez-Vázquez, H. G. y Cervantes-Becerra, J. F. 2017. Fertilización para la producción de semilla de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en condiciones de riego. En: Simposio “Manejo del pastoreo, Toral en el manejo de pastizales” y “60 aniversario del Rancho Experimental La Campana”. Chihuahua, Chih. pp. 198-201.

***Leucaena* PARA EL SEMIDESIERTO ¿ES FACTIBLE? *Leucaena* FOR THE SEMIDESERT. IS IT FEASIBLE?**

Adrián Raymundo Quero Carrillo*¹, Leonor Miranda Jiménez¹, Nancy Cadena Ramírez¹.

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco. CP 56230.

*Autor de correspondencia: queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

El uso de *Leucaena leucocephala* ha sido ampliamente documentado para el mundo tropical. México como centro de origen del género posee la riqueza de genes y sus relaciones alélicas para responder a necesidades actuales diversas y fortalecer la funcionalidad ecológica del ecosistema y la producción en pastoreo. Bajo condiciones del semidesierto mexicano se desarrollan naturalmente, en diversas ciudades y caminos, tanto poblaciones como plantas individuales de esta especie, señal de su capacidad de permear en condiciones desafiantes de temporal árido. Diversas subespecies han sido reportadas en esta especie. Experimentalmente, en el semidesierto, se ha comprobado que durante el año de establecimiento, las plantas deben aprovechar los días libres de heladas (210 días; abril-octubre) para lograr crecimiento vigoroso y sobrevivir al primer invierno, rebrotando bajo temporal, por varios años, cada fin del invierno. Experimentalmente las plantas de *Leucaena* producen mayor cantidad de tallos principales a partir de una corona original (“amacollamiento”) cada año de sobrevivencia y, similarmente, cierto porcentaje de plantas muere cada año. Su uso como se recomendó al inicio del segundo tercio del periodo de lluvias y un segundo corte antes de la primera helada. Durante 2023 y 2024 se han establecido, mediante trasplante, módulos de esta especie en localidades diversas de Coahuila (1), Durango (1) y Chihuahua (3). Dos años de fracasos para consolidar el establecimiento en Ocampo, Coahuila, van conformando metodologías viables para lograr su uso como recurso forrajero. Plantas que permean naturalmente pueden tener resistencia a heladas y/o pertenecer a una subespecie que soporta estas condiciones.

Palabras clave: resistencia a frío, establecimiento vegetal, forrajeras para el semidesierto.

ABSTRACT

Leucaena leucocephala's outstanding results as forage tree have been widely documented around the tropical world. Mexico as center of origin possesses both genes and allelic relations richness within the genus, enclosing important traits both ecosystem functionality and support grazing production requirements. Under Mexican desert conditions occur naturally, within cities (populations) as well as individual plants alongside highways indicating the genus' capacity to naturally permeate under challenging semiarid conditions. Several subspecies have been indicated for *L. leucocephala*. Experimentally for semidesert conditions, it has been proved for the establishment year *Leucaena* plants must take advantage from free frost days (around 210 days; April-October) to achieve a vigorous growth and survive the first winter season sprouting, under rain-fed conditions for the following years, each spring. *Leucaena* plants produce each year higher number of main stems from an original plant crown (“tillering”) and similarly, each year, certain percentage of plants die each year. Under semidesert conditions *Leucaena*'s forage utilization has been recommended

at the beginning of the second third of the rainy season and a second forage harvest before the first frost. During 2023-2024 we established, using transplanting, modules of *L. leucocephala* in different areas of Coahuila (1), Durango (1), and Chihuahua (3). Two years of almost total failures for plant establishment in Ocampo, Coahuila taught us about viable methodologies to achieve plant establishment as modular prairies. Naturally growing *Leucaena* plants within arid environments may be resistant to frost conditions or belong to a resistant plant subspecies.

Key words: cold resistance, plant establishment, forage alternatives for the semidesert.

INTRODUCCIÓN

Leucaena leucocephala Lam. de Wit (*Leucaena*) es nativa de México donde se utiliza en alimentación humana desde hace miles de años y donde se encuentra amplia riqueza de genes y relaciones alélicas con potenciales respuestas a las necesidades de producción y funcionalidad ecológica de los sistemas de pastoreo. Entre las 12 especies del género, ocho crecen en Oaxaca. Su uso en la alimentación de rumiantes domésticos fue detectado en Asia tropical (Shelton *et al.*, 2021). El valor de *Leucaena* ha sido ampliamente documentado en el trópico: más ganancias de peso y valor nutricional, excelente apetencia, nulo potencial de timpanismo, elevada persistencia, forraje en el estiaje, rápido crecimiento, sombra y bienestar animal, agrega carbono y nitrógeno al suelo, reduce las emisiones de metano, entre otros de importancia (Shelton *et al.*, 2021a) e indican nula resistencia a heladas. *Leucaena* es base del desarrollo del estándar de ganado alimentado en praderas para Australia (Brown, 2021), autor que duda sobre la necesidad de inocular con *Rhizobium*, por el buen desarrollo de plantas ferales de *Leucaena*. Cada año se siembran, en Australia, de 4 000 a 6 000 has y hay entre 200 y 300 mil has. establecidas de *Leucaena* (Shelton *et al.*, 2021a). En México, los trabajos de investigación sobre el potencial del uso de *Leucaena* en la alimentación animal, se iniciaron desde finales de los 1970s. El antiguo INIP apoyó el desarrollo de investigación y extensión sobre validación de tecnología propia y validando aquella desarrollada en Australia: escarificación y establecimiento (asociación/banco de proteína), producción en pastoreo, producción de semilla, alturas y frecuencias de corte, digestibilidad *in vitro* e *in vivo* y dosis de fertilización, entre otros para trópico seco (Quero *et al.*, 2014). El contenido de taninos ha sido reportado como factor para la reducción de emisiones de metano a niveles de 20 a 30% en rumiantes en pastoreo (Jayanegara *et al.*, 2009). La conducta ingestiva fue reportada como mejor para altura de poda de planta de *Leucaena* de 0.90 cm respecto a 120 cm, con mejor tasa de bocado, consumo, sin importar mucho la época del año y con diferencias únicamente en época de lluvias para 120 cm; sin embargo, en la época de lluvias, las gramíneas tienen buena calidad y son naturalmente preferidas por el ganado sobre *Leucaena* (Ortega *et al.*, 2008). El pastoreo de *Leucaena* en vacas lecheras con ingreso a lotes de *Leucaena* por dos horas y suplementación, ha superado a la suplementación con granos sola en producción de leche y aumentos de peso, incrementando la rentabilidad del sistema (Fernández *et al.*, 1997). Aunque la mimosina ha sido reportada como factor peligroso en el uso de *Leucaena*, en México no se ha documentado alguna intoxicación por efecto de esta y se reporta que, para la península de Yucatán, la composición de la ración con *Leucaena* puede alcanzar 50% de la dieta (Barros-Rodríguez *et al.*, 2014) sin que rumiantes muestren efectos negativos. El objetivo fue determinar la presencia de poblaciones o individuos ferales en localidades urbanas y/o plantas ferales en zonas no urbanas, definiendo aquellas permeando

en condiciones de mayor desafío climático; similarmente, establecer plántulas en regiones del semidesierto, mediante trasplante, para determinar problemáticas y la factibilidad de su uso como recurso forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante varios años se había detectado la presencia de árboles de *Leucaena leucocephala* en diversas regiones semiáridas del país; sin embargo, hasta 2023 y 2024. Se verificó que fuesen *Leucaena leucocephala* y se determinaron las ciudades y ubicaciones de las plantas observadas; lo anterior, mediante recorridos específicos dirigidos en carreteras primarias y secundarias en el Desierto Chihuahuense. Se recorrieron las rutas México-Chihuahua, Chihuahua-Cd. Juárez, Chihuahua-Coyame, Chihuahua-Ojinaga, Delicias-Hércules, Hércules-Cuatro Ciénegas, Cuatro Ciénegas-Torreón, México-Salttillo, Saltillo-Zacatecas. Debido a la magnitud de superficie y costos implícitos en esta tarea, únicamente se reportan poblaciones/individuos al lado de carreteras. Para esto, se recorrieron diversas regiones y se determinó la presencia, tomando datos de ubicación geográfica y altitud sobre el nivel del mar de plantas de varios años de edad. Se consultaron, mediante información climática disponible en bases de datos, las condiciones climáticas de dichas regiones. Aprovechando avances en metodologías para el establecimiento de *L. leucocephala*, como pradera y condiciones de temporal (Quero *et al.*, 2014) para cumplir con el segundo objetivo, se produjo planta en almácigos durante el mes de enero en invernadero y se trasplantó durante abril/mayo de 2022 y 2023 en el Rancho “El Paraíso” (2022 y 2023) cerca de la localidad “El Guaje” en Ocampo, Coahuila; lo anterior, con el fin de aprovechar, al máximo, el periodo libre de heladas, promoviendo crecimiento vigoroso de plántulas para que estas enfrenten exitosamente el primer periodo de heladas. Durante 2023 se establecieron, por trasplante, plántulas en Mezquital, Durango; Rancho “Ojo Laguna” y Rancho “El siete”, ambos entre 90 y 100 km al norte de la ciudad de Chihuahua. En esta segunda etapa se midió sobrevivencia al trasplante y altura de planta a septiembre de 2024.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reportes de presencia de árboles nativos de *Leucaena* en Coahuila y Chihuahua han sido indicados para *L. retusa*, *L. leucocephala* subsp. *glabrata*; *L. greggii* para Coahuila; *L. involucrata* para Sonora; *L. esculenta* subsp. *paniculata*, para Zacatecas; *L. esculenta* subsp. *esculata* para Jalisco y Guanajuato; *L. cuspidata* subsp. *cuspidata*, para San Luis Potosí e Hidalgo; *L. cuspidata* subsp. *jacalensis* para Hidalgo y Querétaro; *L. pulverulenta*, para Nuevo León y Tamaulipas; *L. diversifolia* subsp. *stenocarpa*, para Jalisco; *L. diversifolia* subsp. *stenocarpa*, para cañadas de Durango y Sinaloa (Zárte, 1994). Este mismo autor señala que de las 12 especies del género ocho crecen en Oaxaca, donde se consume como verdura, sopa de rebrotes tiernos, semilla tostada y se usa para diversos remedios. Indica, similarmente que Oaxaca se deriva de Guaje (vaina). Por su parte Shelton y Brewbaker (s/f) indican, al menos 15 especies en el género. México es el centro de origen del género *Leucaena*, tanto por número de especies como por la cultura culinaria hacia el recurso y términos alrededor de su morfología; lo anterior, indicador de riqueza de morfotipos, citotipos y fisiotipos. La presencia de poblaciones esporádicas ocurre en zonas protegidas

por construcciones de algunos pueblos y áreas urbanas; similarmente, en terraplenes con suelos profundos a orillas de carretera y alejados de la protección de asentamientos humanos. Para su establecimiento en zonas con presencia de heladas, como lo es el Desierto Chihuahuense y Sonorense, el crecimiento activo y vigoroso de plántulas es necesario durante la época libre de heladas. Quero *et al.*, (2014). Es importante señalar que *Leucaena*, en zonas con inviernos severos como el Desierto Chihuahuense, requiere desarrollarse de forma vigorosa el año de establecimiento; además, no se establece, en un número de plantas deseables (al menos 1 000 ha⁻¹) para su aprovechamiento bajo pastoreo, con siembras por semilla (Quero *et al.*, 2014). El rebrote post-invernal en *Leucaena* ha sido reportado en plantas con desarrollo vigoroso el año de trasplante (Quero *et al.*, 2014; Shelton *et al.*, 2021b). Quero *et al.* (2014) indican que plantas maduras y que sobreviven al primer invierno, proporcionan buena producción de forraje a partir del segundo año y la cosecha de forraje debe realizarse durante septiembre (primera cosecha) y una segunda cosecha antes de la primera helada; lo anterior cosechando hojas y ramas muy pequeñas de forma vertical, dado que el rebrote surge de yemas a lo largo de ramas con grosor adecuado; lo anterior, promueve la perennación de plantas al promover reservas adecuadas en raíz. La evaluación de resistencia a frío en poblaciones naturales e híbridos interespecíficos ha sido reportado por Glumac *et al.* (1987) y Felker *et al.*, (1998), reportando mayor resistencia en *L. pulverulenta* y producción de madera después de heladas de -7 y -14°C; sin embargo Quero *et al.* (2014), indican en plantas de más de dos años de establecidas, con una sola cosecha y antes de heladas que afecten el forraje, 12 ton de MS ha⁻¹; lo anterior, sin riego y 360 mm de precipitación anual y bajo condiciones extremas de 70 mm de lluvia anual, 2 toneladas de MS ha⁻¹. Los recorridos permitieron identificar poblaciones de *L. leucocephala* en ciudades del Desierto Chihuahuense, en terrenos baldíos y protegidos por construcciones diversas (Cuadro 1) y en libramientos carreteros de áreas urbanas. La abundancia de plantas ferales es elevada en ciudades como Cuatro Ciénegas, San Pedro, Torreón, Monclova y Múzquiz en el estado de Coahuila, regiones muy al norte del país. Fue esporádica en ciudades como Chihuahua, Saltillo, Hermosillo, Matehuala y rara en Zacatecas y Coyame. Plantas adultas ferales, ya sea individuales o en grupos pequeños se localizaron en diversas regiones y lejanas a la protección de edificios y viviendas urbanas (Cuadro 2). Poblaciones de *L. leucocephala* a lo largo de las vías del tren en la Ciudad de Chihuahua, posiblemente se originaron con semilla procedente de Sinaloa, vía el tren Chihuahua Pacífico y se han establecido en la Ciudad de Chihuahua, desarrollándose a árboles maduros por dos razones: 1) poseen genes de resistencia a frío, 2) tuvieron la oportunidad de buen desarrollo durante buena parte de la época libre de heladas y enfrentaron condiciones invernales con temperaturas frías moderadas durante su establecimiento. El origen de poblaciones ferales lejos de áreas urbanas puede deberse a dispersión de semilla por aves y a las dos razones anteriores. Se establecieron cantidades diversas de plántulas durante la primavera/verano de 2024 (Cuadro 3). La sobrevivencia al trasplante es un cuello de botella a superar. Los resultados fueron variables, desde 12% (Durango), a 75% (Ojo Laguna) de sobrevivencia en 2024. Sobrevivencia influenciada por el manejo del trasplante, disponibilidad inmediata de agua y tipo de textura del terreno de siembra. La altura actual de las plantas fluctúa entre 40 a 120cm. La experiencia con los productores indica variables no contempladas previamente para mejorar la sobrevivencia en áreas no experimentales. En Ocampo, Coahuila (1% de sobrevivencia;

2023 y 2024) con suelo extremadamente arcilloso y sitios como Ojo Laguna donde el ganado pastoreo antes del mes de trasplante.

Cuadro 1. Zonas urbanas del con presencia de plantas y poblaciones silvestres de *Leucaena leucocephala* en zonas áridas y semiáridas (desierto Chihuahuense y Sonorense) de México.

Ciudad	Altitud (msnm)	t° media baja	t° media máxima	t° media baja extrema	Abundancia
Muzquiz, Coah.	490	8°C	39°C	2°C	Elevada
Monclova, Coah.	600	8°C	40°C	2°C	Elevada
Chihuahua, Chih.	1 433	1°C	38°C	-4°C	Esporádica
Saltillo, Coah.	1 700	5°C	33°C	0°C	Esporádica
P Bco., R Arizpe	1 650	4°C	33°C	-1°C	Elevada
Coyame, Chih.*	1 220	-4°C	31°C	-12°C	Rara
S Luís Potosí, SLP	1 864	5°C	32°C	1°C	Esporádica
Durango, Dgo.	1 890	2°C	34°C	-3°C	Rara
Matehuala, SLP	1 220	7°C	35°C	2°C	Esporádica
Hermosillo, Son.	200	8°C	43°C	3°C	Esporádica
Zacatecas, Zac.	2 440	1°C	29°C	-4°C	Rara
C. Ciénegas, Coah.**	735	7.8°C	33°C	2°C	Elevada
Sn. Pedro, Coah.	1 040	7°C	37°C	2°C	Elevada
Torreón, Coah.	1 120	8°C	38°C	3°C	Elevada

Weather Spark (2024). *Conagua (2024). **ClimateData

CONCLUSIONES

La presencia natural o inducida de plantas ferales de *Leucaena leucocephala* en sitios con clima desafiante es indicador de un buen potencial de integración modular a las áreas de pastoreo con, al menos 1 000 plantas por ha⁻¹. Se requiere mejorar el éxito del trasplante y la capacitación del productor para utilizar esta especie en la alimentación de rumiantes en zonas áridas.

Cuadro 2. Latitud, máxima altitud y número de sitios donde se localizaron plantas ferales maduras de *Leucaena leucocephala*, lejos de áreas urbanas.

Rango de Latitud Norte	Sitios	Máxima altitud
23°00'00" a 23° 59' 59"	20	2 406
24°00'00" a 24° 59' 59"	3	1 980
25°00'00" a 25° 59' 59"	22	2 370
26°00'00" a 26° 59' 59"	9	800
27°00'00" a 27° 59' 59"	1	1 150
28°00'00" a 28° 59' 59"	0	0
29°00'00" a 29° 59' 59"	1	800

Cuadro 3. Latitud, máxima altitud y número de sitios donde se localizaron plantas ferales maduras de *Leucaena leucocephala*, lejos de áreas urbanas.

Latitud Norte	Sitios	Máxima altitud
29°26'10" N, 106°21'51" N,	El 27, Los Sauces, Chih.	
29°40'18" N, 105°18'52" N,	S. Anita, Coyame, Chih.	
29°27'34" N, 107°36'22" N,	Ojo Laguna, Chih.	
23°28'22" N, 104°24'40" N	Mezquital, Durango	

AGRADECIMIENTOS. A la LGAC Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados por su apoyo para el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Brown, G. 2021. Foreword. *In: Leucaena. The productive and sustainable forage legume*. 2nd. Ed. Mean & Livestock Australia Limited. November. 9p.
- Climate Data. 2024. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/mexico/coahuila-de-zaragoza/cuatrocieneegas-de-carranza-31862/>. Consulta: 1ro de Agosto de 2024.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2024. chrome-extension://efaidnbmninnbpcjpcgclefind mkaj/<https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Estadistica/8247.pdf>. Consulta: 1ro septiembre 2024.
- Felker, P, CT Sorensson, D Ueckert, PW Jacoby, E Singer, and R Ohm. 1998. Growth, cold-hardiness, protein content, and digestibility of 70 *Leucaena* seedlots on three sites in Texas, USA. *Agroforestry Systems* 42(2): 159-179.
- Fernández, R, M de Chávez y T. Virgüez. 1997. Uso de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) en pastoreo restringido para la suplementación de vacas lecheras. *Arch. Latinoam. Prod. Anim* 5 (S1): 129-131.
- Glumac, EL, P Felker, and I Reyes. 1987. A comparison of cold tolerance and biomass production in *Leucaena leucocephala* L., *L. pulverulenta*, and *L. retusa*. *Forest Ecology and Management*. 18(4): 251-271.
- Jayanegara, A, N Togtokhbayar, HPS Makkar, and K Becker. 2009. Tannins determined by various methods as predictors of methane reduction potential of plants in an in vitro rumen fermentation system *Animal Feed Sci. and Tech.* 150: 230-237.
- Ortega RL, JE Castillo H, FA Rivas P. 2009. Conducta ingestiva de bovinos Cebú adultos en leucaena manejada a dos alturas diferentes. *Téc. Pec. México* 47(2): 125-134.
- Quero, CAR, L Miranda J y FJ Hernández G. 2014. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit en México, bases para su utilización en la alimentación de rumiantes. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 32p. ISBN: 978-607-715-214-9.
- Shelton, HM, S Dalzell, N Tomkins, and S Buck. 2021. Preface. *In: Leucaena. The productive and sustainable forage legume*. 2nd. Ed. Mean & Livestock Australia Limited. November. 9p
- Shelton, HM, S Dalzell, N Tomkins, and S Buck. 2021a. *Leucaena* and the grazing environment (Chapter seven). *In: Leucaena. The productive and sustainable forage legume*. 2nd. Ed. Mean & Livestock Australia Limited. November. 9p.
- Shelton, HM, S Dalzell, N Tomkins, and S Buck. 2021b. Establishing *Leucaena* (Chapter one). *In: Leucaena. The productive and sustainable forage legume*. 2nd. Ed. Mean & Livestock Australia Limited. November. 18p
- Shelton, HM, JL Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala* - the Most Widely Used Forage Tree Legume. *Agricultural and Food Sciences*. 14p.
- WeatherSpark.<https://es.weatherspark.com/y/4719/Clima-promedio-en-Melchor-M%C3%BAzquiz-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o> Consultada 1ro septiembre 2024.
- Zárate, PP. 1994. Revisión del género *Leucaena* en México. *Anales Inst. Biol. UNAM. Ser. Botánica* 65(2): 83-162.

**SIEMBRA MECANIZADA Y PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE PASTO
BANDERILLA EN TEMPORAL SEMIÁRIDO
MECHANIZED PRAIRIES ESTABLISHMENT AND SEED PRODUCTION OF
SIDEOATSGRAMA ON SEMIARID CONDITIONS**

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Nancy Cadena Ramírez¹, César Gamboa Ramírez¹ Leonor Miranda Jiménez¹.

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 Carretera Federal México-Texcoco. CP 56230.

*Autor de correspondencia: queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

La siembra de praderas de gramíneas para temporal árido posee bajo porcentaje de éxito y una consolidación (cobertura) lenta, debido a amplia gama de factores, que individualmente o combinados definen este éxito. Entre estos, limpieza del propágulo y siembra en surcos son escasamente utilizados y poseen ventajas para alcanzar mayores tasas de siembra de praderas, resultado de mayor probabilidad de éxito. Se sembraron praderas en tierras agrícolas en dos sitios: Zimapán, Hidalgo y Nochixtlán, Oaxaca. Se utilizó implemento diseñado expreso para siembra en surcos. Se sembraron 8 kg de SPV por hectárea para lograr, al menos 400 000 plantas por hectárea. Los surcos tuvieron separados a 40 cm y la semilla se colocó de forma manual con personas sentadas en el implemento. La semilla cayó de forma sobre el rayado de los ganchos a diferente posición aleatoria (dentro, fuera, al fondo, a la mitad de la profundidad del rayado) y un rodillo de 8” de diámetro lleno de agua, “borró” el rayado del gancho. Se contabilizaron 240 000 y 292 000 plantas ha⁻¹, respectivamente; lo anterior, con presencia de secciones de surco vacías y secciones excelentes, provocado por la topografía del terreno que impidió el apisonado adecuado por secciones. Se ha alcanzado 73 y 60% de la densidad esperada. Se detectaron factores a controlar en siembras futuras.

Palabras clave: Beneficio de semilla de pasto, praderas de alto riesgo de temporal árido.

ABSTRACT

Rain-fed prairies establishment under semiarid conditions has shown very low success percentage and slow consolidation (plant cover) in Mexico, the last due to individual or combined factors influencing plant establishment. Among these factors, seed benefit and furrowed sown has been scarcely used and both possess advantages to increase successful acreage established with higher probability. Prairies were sowing into two cropping areas in Zimapán, Hidalgo and Nochixtlán, Oaxaca. An sowing implement was design specifically for grass sowing in furrows. Eight kg ha⁻¹ of PVS was sown in order to achieve 400 000 plants per hectare. Grass furrows were established every 40cm and seed was manually placed by seated persons on the implement. Seed was manually placed into the cones and felt on the scratch soil at several random distribution (bottom, mid, out, etc. of the the furrow) and soil scratch was eroded using an 8” roller filled with water. Results showed a plantlet emergency of 240 000 and 292 000 per ha⁻¹, respectively. Plantlets were irregularly distributed with furrow sections with excellent density and empty sections due to soil topography avoiding adequate rRolling We achieved 73 and 60% of the expected plant density. We detected factors to control for future sowings.

Key words. Grass seed benefit, high risk prairies establishment for arid lands.

INTRODUCCIÓN

La siembra de praderas de temporal árido es una, entre diversas opciones, de recuperación disruptiva y rápida, cuando exitosa, de la cobertura vegetal. La historia de éxitos en este aspecto ha sido escasamente documentada y queda en relación directa con el gradiente de humedad *i.e.* mayor probabilidad de éxito en áreas a pie de serranías con mayor precipitación y menos exitosas en valles continentales centrales áridos. Se estima que los porcentajes de éxito son, en promedio, muy bajos, estimado entre 7-15% (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Similarmente, los mayores éxitos ocurren al utilizar especies de origen africano: buffel, llorón, garrapata, rhodes y menor éxito con especies nativas como banderilla, navajita y gigante, entre otros. Tradicionalmente, la siembra se realiza con propágulos no beneficiados (ramillas, flósculos, espiguillas), con semilla de traspatio y “al voleo”, en la época de mayor probabilidad de lluvias cubriendo la semilla con rastra de ramas (Quero *et al.*, 2014). La siembra con semilla beneficiada con equipo específico de especie muestra ventajas que pueden incrementar la probabilidad de éxito en el establecimiento de praderas en condiciones de alto riesgo, entre estas: mayor densidad (peso específico) de propágulo, mayor pureza física de propágulo, mayor número de propágulos por kg, mayor presencia de grano por kg, mejor flujo en equipo para siembras mecanizadas, entre los principales (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). El desarrollo de metodologías asertivas para la siembra y establecimiento de praderas en temporal árido puede ser la base para la recuperación de grandes superficies de terreno (Applestein *et al.*, 2018).

El uso de pastos nativos ha sido demostrado como herramienta valiosa para restaurar la funcionalidad ecológica en jales de minas; lo anterior, sobre especies introducidas. *Tripsacum dactyloides* (Thorne y Cardina, 2011) ha mostrado el establecimiento de plántulas por arriba del 50% de SPV sembrada y una menor invasión de especies no nativas. La deshidratación de plántulas ha sido establecida como la principal razón para el bajo reclutamiento a causa de la velocidad de desecación supera a la velocidad de desarrollo de raíces adventicias en pastos (Abbott y Roundy, 2003) en condiciones de zonas áridas. El objetivo fue evaluar la eficiencia de siembra mecanizada de praderas con un implemento específico para la siembra en surcos de semilla de alto peso específico y de fácil flujo en las mangueras del equipo de siembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semilla de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., de seis meses de cosechada se benefició mediante paso por molino y tunel de viento con tamiz de 3/8” de pulgada para eliminar espiguillas vanas y material contaminante de la espiguilla. Similarmente, se desarrolló un implemento-sembradora con rodillo apisonador de 8” de diámetro; el cual, se llenó de agua para proporcionar mayor peso y promover un contacto estrecho entre la matriz de suelo y las espiguillas sembradas. Tanto el implemento sembrador como los rodillos apisonadores se elevaban con los brazos del tractor. La sembradora consistió de conos adaptados para la alimentación de semilla de pasto que alimentaba cuatro mangueras, cada uno de cuatro conos con mangueras amarradas a lo largo de los ganchos de cultivadora. Un total de 16 surcos. Los ganchos de cultivadora no portaron alerones y depositaban la semilla al azar sobre la

huella o surco rallado de escasa profundidad y anchura. Es importante señalar que el tractor sembró en la segunda velocidad de avance lento. La profundidad de siembra queda determinada por el ancho de los alerones de cultivadora y velocidad del tractor. Los alerones se eliminaron, lo que produjo un surco delgado donde la espiguilla cayó aleatoriamente dentro del rayado (a diferente profundidad, nunca mayor a tres cm). La densidad de siembra se determinó muestreando 3m en veinte sitios diferentes seleccionados al azar mediante el lanzamiento a cada uno de los cuatro puntos cardinales, desde el centro del terreno, una pelota de esponja con diferente fuerza, lanzada en secuencia en cada orientación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad del propágulo de siembra se benefició en diversos aspectos, se eliminaron tallos, hojas y espiguillas vanas; estos materiales promueven el “taponamiento” de las mangueras de caída de la semilla; por tanto, se promovió el buen flujo de esta. La densidad específica de las espiguillas se elevó y esto permitió que la semilla fluyera y su propio peso liberara la ruta de la semilla, raramente se detuvo el flujo de semilla que caía al momento de la siembra; por tanto, la distribución de la semilla fue homogénea. Otra ventaja del beneficio de propágulo resultó en que cada ramilla liberó la cantidad de espiguillas contenidas (Fig. 1). En el caso de pasto banderita, cada ramilla posee hasta siete espiguillas; por tanto, se multiplicó el terreno potencial con presencia de semilla germinable. Las pruebas de pureza a espiguilla resultaron en 86% y la germinación alcanzó el 96% de la viabilidad evaluada con prueba de tetrazolio. Esto es, la calidad de la semilla resultó de elevada pureza y elevada calidad biológica. Quero-Carrillo *et al.* (2018) indican diversos factores a considerar en el establecimiento de praderas: 1) planeación adecuada, 2) preparación profesional del terreno, 3) profundidad de siembra, 4) calidad de semilla, 5) historia de manejo del sitio de siembra, 6) contacto estrecho entre el suelo y la semilla e indican similarmente 7) presencia de agentes modificadores. Sin embargo, pueden ocurrir diversos factores no considerados o que no ocurrieron en esta siembra: la oportunidad de aplicar manejos recomendados, contenido de materia orgánica del suelo, textura del suelo, imposición del propietario al desarrollo de la calidad y momento de labores o instrucciones técnicas, entre otras que se van descubriendo. La calidad de semilla se magnificó con el proceso de beneficio aplicado (Fig. 1) y el contacto estrecho de la matriz de suelo: semilla se incrementó al máximo mediante el uso del rodillo apisonador (Fig. 2). En siembras en el Noroeste de Estados Unidos (Applestein *et al.*, 2018) indican que no se requiere adicionar agua sólida y sembrar con rodillo de picos no produjo diferencias en densidad de plantas con la utilización de siembras al voleo; esta última resultó con mayor establecimiento de plantas respecto a la siembra con rodillo de picos. Estos autores recomiendan evaluar tratamientos en sitios representativos por varios años posterior a la siembra y definir los mejores métodos. Respecto a la historia de sitio (punto cinco de los factores listados), los sitios estuvieron en producción de cultivos básicos, por lo menos cinco años; lo que resultó en la abundante presencia de maleza. La restauración o reconversión de tierras agrícolas con pastos nativos fortifica la resistencia del sitio a especies invasoras. Las especies nativas han mostrado mayor eficiencia en el uso de los recursos disponibles sobre las invasoras (Foster *et al.*, 2015). Después de la compra o renta del terreno para exclusión del pastoreo, la resiembra es de elevado costo financiero y temporal; por tanto, los rancheros buscan el máximo establecimiento de plántulas (Frischie y Rowe, 2012). La protección de áreas que han sido agrícolas con vegetación de pastos nativos ha sido documentada como de

rápida protección sembrando pocas especies (dos o tres) de especies nativas con crecimiento agresivo y de éxito en el desarrollo de plántulas. Lo anterior, evita que las tierras de reconversión se infesten de especies invasoras no deseables; sin embargo, los autores indican que se debe promover, posteriormente, el ingreso de especies nativas menos eficientes en el establecimiento, mediante manejo del pastoreo y descanso adecuados para su consolidación (Torök *et al.*, 2010). La maleza constituyó un desafío en ambos sitios, dada su historia de uso agrícola. Uno de los métodos de control de maleza es rastreos programados cada 8-10 días; lo anterior, permite que la humedad de la época de lluvias provoque la germinación de bancos de semilla de maleza y permita el desarrollo de siembras limpias con el cultivo de interés (Quero-Carrillo *et al.*, 2014); sin embargo, en zonas áridas se deben aprovechar los eventos escasos de alta intensidad, dado que únicamente se presentan uno o dos eventos anuales cercanos a 40 mm de precipitación; por tanto, aniquilar la maleza mediante varios pasos de rastra no es posible, dado que se perdería la humedad para el desarrollo inicial de la siembra. La presencia de maleza fue abundante en ambos sitios. El productor de Zimapán no realizó las actividades al momento adecuado y el productor de Nochixtlán aplicó los consejos de forma inmediata. Entre el manejo aplicado fue la aplicación de herbicida utilizada para siembras de leguminosas (frijol y alfalfa); lo anterior, dado que la gramínea requiere de 15 cm para soportar herbicidas específicos para maleza de hoja ancha como 2,4-D ester o amina. Se pasó el rodillo apisonador en Nochixtlán y esto retrasó el crecimiento y abundancia de la maleza de hoja ancha. Un mes después de la siembra se evaluó el número de plantas de pasto. La alineación en surcos permitió identificar fácilmente el pasto sembrado de las especies de gramíneas anuales o perennes presentes en los bancos de semilla de maleza y por tanto, no deseadas. En Zimapán se obtuvo una densidad de 240 000 plantas por ha⁻¹ y en Nochixtlán, Oaxaca, la densidad fue de 292 000 plantas ha⁻¹, lo que corresponde a 60 y 73% de la densidad esperada. Debido a la falta de control de maleza el lote de Zimapán, Hidalgo se dejó perder, dado el costo de la supervisión y a pesar de los apoyos que se le dieron al encargado del rancho a quien le interesaron más otras actividades. Las plantas entraron a estrés hídrico severo y sombreado debido al tamaño de la maleza y al retraso en la aplicación del manejo recomendado. En Nochixtlán, el productor rastreó la mitad de las tres hectáreas sembradas debido a la abundancia de pastos anuales y perennes y al hecho de que no pudo diferenciarlos. La superficie restante fue definiendo el alineamiento de los surcos y se consolidó durante 2023, año en que se cosecharon 114 kg de semilla cruda; la cual, beneficiada nos permitió establecer con 89 kg de semilla beneficiada, 15 hectáreas de producción de semilla certificada en Galeana, Nuevo León durante 2024. La siembra en surcos permite el cultivo con semovientes y/o con maquinaria una vez consolidada la siembra. En 2024 el lote de Nochixtlán se incrementó mediante trasplante de coronas divididas del mismo lote para establecer planta sobre los tramos de surcos con baja presencia de plantas.

CONCLUSIONES

El uso de semilla beneficiada permitió el uso efectivo de siembras con equipo fabricado localmente con alta eficiencia. El seguimiento inmediato de las recomendaciones técnicas por parte del productor es fundamental para el establecimiento de la pradera en zonas semiáridas. Se detectaron fallas en el rodillo de levante el cual se debe hacer de arrastre para que se reduzcan tramos ciegos debido a la topografía del terreno; la cual, provocó que el rodillo no “apisonara” secciones de surcos debido a variaciones en la altura del rodillo de

apisonado. Se debe seguir promoviendo el uso de semilla beneficiada y siembras con rodillo apisonador en tierras laboreadas e incorporar factores que pueden afectar el éxito del establecimiento de praderas; los cuales, no se han detectado a la fecha, dada la diversidad de sitios en atributos bióticos, abióticos, sociológicos y de operación.

AGRADECIMIENTOS

1) A la Convocatoria (2023 y 2024) de Apoyo al Fortalecimiento de Actividades de Conservación, Preservación y Uso Sustentable de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, específicamente para el desarrollo del proyecto “Lotes de Multiplicación y Caracterización del Rendimiento de Semilla en Recursos Genéticos *ex situ* de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.” 2) A la LGAC Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados por su apoyo para el desarrollo de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Abbott, LB, BA Roundy. 2003. Available water influences field germination and recruitment of seed grasses. *J Range Manag.* 56(1): 56-64.
- Applestein, C, JD Bakkler, EG Delvin, and ST Hamman. 2018. Evaluating seeding methods and rates for prairie restoration. *Natural Areas J.* 38(5): 347-355.
- Foster, BL, GR Houseman, DR Hall, and SE Hinman. 2015. Does tallgrass prairie restoration enhance the invasion resistance of post-agricultural lands? *Biological Invasions.* 17(2): 3579-3590.
- Frischie, SL and HI Rowe. 2012. Replicating life cycle of early-maturing species in the timing of restoration seeding improves establishment and community diversity. *Restoration Ecology* 20(2): 188-193.
- Quero-Carrillo, AR, L Miranda-Jiménez, FJ Hernández-Guzmán y FA Rubio A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31p.
- Thorne, M and J Cardina. 2011. Prairie grass establishment on calcareous reclaimed mine soil. *J of Environmental Quality* 40(6). 1824-1834.
- Török, P, B Deák, E. Vida, S Lengyel, B Tóthmérész. 2010. Restoring grassland biodiversity: sowing low-diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation.* 143(3): 806-812.



Figura 1. Inflorescencia de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. mostrando los contaminantes que se eliminaron (pedicelo y pedúnculo floral) y la separación de espiguillas individuales a partir de grupos de espiguillas dentro de ramilla de hasta ocho espiguillas por ramilla (extrema izquierda).



Figura 2. Efecto del rodillo apisonador sobre el terreno de siembra, lo que promueve el contacto estrecho entre la matriz de suelo y la espiguilla sembrada y una mayor y rápida germinación.



Fig.ura 3. Desarrollo vigoroso de plantas con corona con más de 200 macollos por corona en Nochixtlán, Oaxaca.

PRESENTACIONES EN CARTEL

**DINÁMICA DEL SUELO DESNUDO EN UN PASTIZAL CON 22 AÑOS DE
PASTOREO ROTACIONAL
BARE SOIL DYNAMIC IN A RANGELAND WITH 22 YEARS OF ROTATIONAL
GRAZING**

Miguel Márquez-Madrid^{1*}; Ricardo David Valdez-Cepeda^{1,2}; Fidel Blanco-Macías¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte, Cruz del Sur No. 100, Col. Constelación. CP 98085, El Orito, Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas, Paseo Solidaridad s/n, CP 98064 Zacatecas, Zac., México.

* Autor por correspondencia: mmarquezm@chapingo.mx

RESUMEN

Los pastizales proporcionan valiosos bienes y servicios ecosistémicos a la sociedad. El objetivo fue determinar el efecto de 22 años de pastoreo rotacional en la dinámica del suelo desnudo de un pastizal en una región semiseca. En el pastizal se establecieron dos transectos para medir la distancia de suelo desnudo. Las mediciones se realizaron cuando inicio el pastoreo rotacional, luego dos, cuatro, cinco y 22 años después de establecido. En el pastizal donde se realizó la investigación al tiempo (años) de pastoreo rotacional se asociaron diferencias significativas ($p < 0.001$) para la distancia de suelo desnudo. En los primeros cuatro años de pastoreo rotacional el suelo desnudo decreció 54.93 % su distancia con respecto al inicio del pastoreo, pero luego a partir de esa fecha se incrementó hasta representar un 33.01% menos del valor inicial.

Palabras clave. Degradación de pastizales, muestreo de pastizales, ciclo del agua.

ABSTRACT

Rangelands provide valuable goods and ecosystem services to society. The objective was to determine the effect of 22 years of rotational grazing on bare soil dynamics of a rangeland in a semi-arid region. Two transects were established in the rangeland to measure bare soil distance. Measurements were taken at the start of rotational grazing, and then two, four, five, and 22 years later. Significant differences ($p < 0.001$) in bare soil distance were associated with the years of rotational grazing in the rangeland where the research was conducted. In the first four years of rotational grazing, bare soil distance decreased by 54.93% compared to the start of grazing, but from that point onward, it increased to represent 33.01% less than the initial value.

Keywords. Rangelands degradation, rangelands sampling, water cycle.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales proporcionan diversos bienes ecosistémicos como producción ganadera y servicios como hábitat para la vida silvestre, diversidad vegetal y función de las cuencas hidrográficas que benefician a la sociedad (Derner *et al.*, 2022). Sin embargo, el inadecuado manejo de los pastizales en todo el mundo ha dado lugar a una extensa degradación de la

tierra (Stavi *et al.*, 2020). En México los pastizales deteriorados abarcan 3,794,283 ha y representan el 39.61 % de los pastizales naturales (CONABIO, 2021). La degradación de los pastizales es la reducción o pérdida de productividad y la capacidad de producir actividades sostenibles relevantes para el sistema de uso de la tierra (Zerga, 2015). La degradación de los pastizales comienza con la formación de pequeñas áreas desnudas, que se expanden o se unen para formar grandes áreas desnudas a largo plazo (Zerga, 2015).

Para conocer la degradación de los pastizales Schulze *et al.* (2009) sugieren medir el suelo desnudo porque proporciona información de signos vitales de los pastizales que puede ser recopilada de manera rápida, económica y confiable y puede usarse para distinguir sitios de diferentes condiciones ecológicas. Esos investigadores proponen evaluar el suelo desnudo porque es un indicador eficiente para identificar las características básicas de la condición del pastizal que son adecuadas para rastrear los cambios a lo largo del tiempo y alertar a los analistas sobre situaciones que justifican una investigación más profunda. Es importante evaluar el suelo desnudo en los pastizales para conocer la superficie que esta desprovista de vegetación u hojarasca principalmente, porque a mayor suelo desnudo, los ciclos del agua y de los minerales, así como el flujo de energía y la dinámica de los organismos son menos eficientes (Savory, 2005).

Por otra parte, en algunas investigaciones (Xiaoyan *et al.*, 2019) refieren que el pastoreo rotacional puede contribuir a la recuperación y conservación de los pastizales. En ese contexto el objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de 22 años de pastoreo rotacional en la dinámica del suelo desnudo de un pastizal en una región semiseca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el pastizal de un Rancho de la comunidad de El Arenal, localizado al norte de la cabecera municipal de Sombrerete, Zacatecas, México; entre las coordenadas geográficas: 23° 29'07''-103° 27'42'' y 23° 40'13''-103° 27'23'', a una altitud de 2,261 msnm. El clima en la región es semiseco con lluvias en verano (BS,kw), con media anual de precipitación y temperatura de 462 mm y 15 °C, respectivamente (García, 1989). En el estrato herbáceo del pastizal destacan gramíneas del género *Bouteloua*, *Aristida* y *Muhlenbergia*. En los últimos años en los terrenos del pastizal está presente un proceso de matorralización con invasión de huizaches.

El Rancho tiene una superficie de 406 ha de pastizal y hasta antes del año 2000 se utilizaba el pastoreo continuo. Fue hasta el primer semestre del año 2000 cuando el predio se dividió en 11 potreros y se inició con el pastoreo rotacional. En esos potreros el ganado pastorea todo el año, los becerros al destete y las vacas de descarte se venden para ajustar la carga animal, misma que cambia cada año influenciada por la cantidad y distribución de la lluvia. En el periodo de estudio la carga animal varió de 45 a 70 hectáreas/unidad animal/año.

En el pastizal del Rancho que tiene 22 años (2000-2022) con el pastoreo rotacional se establecieron estratégicamente dos transectos. En cada transecto se identificaron al azar puntos de muestreo y en cada punto se midió la distancia del suelo desnudo con el siguiente procedimiento: Una persona caminó sobre la línea del transecto y cada 4 metros de distancia aproximadamente lanzó un dardo típico hacia arriba y hacia atrás por encima de un hombro, asegurándose de que el dardo se elevará lo suficientemente alto como para caer directamente

hacia abajo (ASCHM, 1999). Por consiguiente, el punto de muestreo fue donde cayó la punta del dardo. Registrándose el punto como suelo desnudo cuando la punta del dardo cayó en suelo desprovisto de hojarasca, base de la planta y roca o graba. Luego se midió la distancia entre el punto de muestreo y el tallo más cercano de cualquier gramínea perenne nativa (ASCHM, 1999). Justamente la distancia que existe entre el punto de muestreo y la gramínea más cercana es el indicador para evaluar el suelo desnudo en la presente investigación.

En el pastizal la distancia se midió en otoño de 2000, 2002, 2003, 2004, 2005 y 2022; en ese orden, en la sección de resultados se reportan como cero (0), dos (2), tres (3), cuatro (4), cinco (5) y 22 años de pastoreo rotacional, respectivamente. En los muestreos de 2000, 2002 y 2004 se obtuvo información de 66 puntos de muestreo en cada transecto y en los demás años se registró información de 100 puntos.

El análisis estadístico se realizó usando el programa Minitab 17, mediante el procedimiento estadístico ‘Modelo Lineal General’ y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el pastizal del Rancho donde se realizó la investigación al tiempo (años) de pastoreo rotacional se asociaron diferencias significativas ($p < 0.001$) para la distancia de suelo desnudo (Figura 1).

La distancia media de suelo desnudo en los primero cuatro años de pastoreo rotacional registró una tendencia decreciente, en ese periodo disminuyó 54.93 %, al pasar de 3.75 cm a 1.69 cm. Pero luego del cuarto al quinto año se incrementó el suelo desnudo y esa tendencia continuo hasta el año 22 de iniciado el pastoreo rotacional (Figura 1). No obstante, el valor (2.51 cm) de suelo desnudo que se registró a 22 años de pastoreo rotacional, aún representa una mejora de la superficie del pastizal con respecto a la condición inicial (3.75 cm), pues significa una disminución del 33.01% del suelo desnudo que existía cuando se cambió del pastoreo continuo al rotacional.

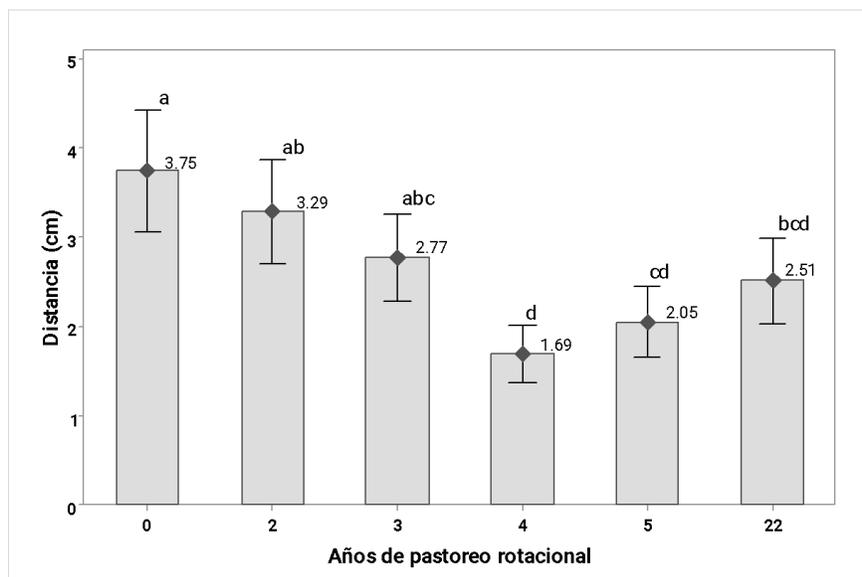


Figura 1. Distancia de suelo desnudo en un pastizal de un Rancho con 22 años de pastoreo rotacional. Medias con letras distintas son diferentes según la prueba de Tukey ($p < 0.01$). Las barras representan la media ± 1 error estándar.

El clima, en particular la cantidad y distribución de la lluvia en el periodo del estudio posiblemente también coadyuvo en el comportamiento del suelo desnudo en el pastizal. En los primeros cuatro años de pastoreo rotacional se identificó un impacto favorable en la cobertura del pastizal al disminuir el suelo desnudo. Es importante que la superficie del pastizal incremente su cobertura y disminuya el suelo desnudo.

Ya que, en pastizales con mayor superficie de suelo desnudo, el ciclo del agua es menos eficiente, porque gran parte del agua de lluvia se pierde por escurrimiento superficial, disminuye la infiltración del agua y se incrementa la evaporación (Savory, 2005). El mismo autor también refiere que el ciclo de los minerales y la dinámica de las comunidades se vuelven menos eficientes conforme se incrementa el suelo desnudo.

CONCLUSIÓN

Al pastoreo rotacional en el pastizal donde se realizó la investigación se asociaron cambios en el suelo desnudo. En los primeros cuatro años de pastoreo rotacional el suelo desnudo decreció 54.93 % su distancia con respecto al inicio del pastoreo, pero luego a partir de esa fecha se incrementó hasta representar un 33.01% menos del valor inicial.

LITERATURA CITADA

- ASCHM (Allan Savory Center for Holistic Management). 1999. Early Warning Biological Monitoring- Rangelands and Grasslands- Albuquerque, New Mexico. E.U. 31p. Center for Holistic Management.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2021. Ecosistemas de México. Pastizales. Consultado en línea 30/08/ 2023. <https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/pastizales>.
- Derner, J. D., Budd, B., Grissom, G., Kachergis, E. J., Augustine, D. J., Wilmer, H., ... & Ritten, J. P. 2022. Adaptive grazing management in semiarid rangelands: An outcome-driven focus. *Rangelands*, 44(1), 111-118.
- García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.
- Savory A. 2005. Manejo holístico. SEMARNAT, INE, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, Fundación para Fomentar el Manejo Holístico de los Recursos. 623pp.
- Schulze, P. C., Wilcox, K. J., Swift, A., & Beckert, J. L. 2009. Fast, easy measurements for assessing vital signs of tall grassland. *Ecological Indicators*, 9(3), 445-454.
- Stavi, I., Siad, S. M., Kyriazopoulos, A. P., & Halbac-Cotoara-Zamfir, R. 2020. Water runoff harvesting systems for restoration of degraded rangelands: A review of challenges and opportunities. *Journal of Environmental Management*, 255, 109823.
- Xiaoyan, G., Zirui, J., Yingying, Y., Dengsheng, W., & JianPing, L. 2019. Research on Dynamic Rotational Grazing Assignment Model based on Grass Resource Leveling. *Procedia Computer Science*, 162, 696-703.
- Zerga, B. 2015. Rangeland degradation and restoration: A global perspective. *Point Journal of Agriculture and Biotechnology Research*, 1(2), 37-54.

CARACTERIZACIÓN MORFO-AGRONÓMICA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PASTOS ENDÉMICOS DEL NORTE DE MÉXICO MORPHO-AGRONOMIC CHARACTERIZATION AND GENETIC DIVERSITY OF NATIVE GRASSES FROM NORTHERN MÉXICO

Pablo Alfredo Domínguez Martínez^{1*}, José Ángel Sigala Rodríguez¹, Rigoberto Rosales-Serna¹ y Rafael Jiménez Ocampo¹

¹INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango - El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170.

*Autor para correspondencia: dominguez.pablo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los pastos banderita (*Bouteloua curtipendula*) y navajita (*B. gracilis*) son especies importantes en la producción pecuaria de Durango. El objetivo fue establecer la diversidad genética en colectas de pasto del norte de México. Se establecieron siete colectas de pasto banderita, seis de navajita y cuatro variedades comerciales. La caracterización se efectuó en 2021 y 2022. Se obtuvieron análisis de componentes principales (ACP) y de clúster. El ACP mostró nivel alto para la explicación de la varianza en las dos especies bajo estudio y alcanzó entre 58% y 59%, con los Componentes Principales 1 y 2. Las variables más importantes fueron diferentes en cada especie de pasto, en navajita sobresalieron la cantidad de ramillas (RIF) y altura de inflorescencia (AI); en banderita sobresalieron altura de planta (AP) y longitud del raquis (LRA). El dendrograma para banderita mostró dos grupos principales con diferenciación de Maturana 3-1 y 689-B. El grupo II, se dividió en dos sub-grupos: IIa) separó la variedad Vaughn, IIb.) con dos colectas del estado de Zacatecas (Zac 21C y 31C.) y IIb.) incluyó a Diana y las colectas 508CH, Zacatecas 1-5 y 592-B. En navajita se diferenció claramente la colecta 38 NAV, seguida de Cecilia, un grupo de colectas de Zacatecas y otro con la variedad Hachita y dos colectas mexicanas (146 y 695). Se diferenció genéticamente el germoplasma de los pastos banderita y navajita, fomentado por el mejoramiento genético. La selección de colectas distantes genéticamente favorecerá avances genéticos en pasto navajita y banderita.

Palabras clave. *Bouteloua* spp., productividad, conservación, sostenibilidad.

ABSTRACT

Sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) and blue grama (*B. gracilis*) grasses are important species for livestock production in Durango. The objective was to establish genetic diversity in grass collections from northern México. Seven collections of sideoats grama, six of blue grama and four commercial varieties were established. The transplant was carried out in Durango, Dgo., and the characterization performed in 2021 and 2022. Principal component analysis (PCA) and cluster analysis were obtained. The PCA showed a high level for the explanation of the variance in the two species under study and reached between 58% and 59%, with Principal Components 1 and 2. The most important variables were different in each grass species, in Navajita the number of branches in the inflorescence (NBI) and inflorescence height (IH); In blue grama, plant height (PH) and rachis length (RL) resulted outstanding. The dendrogram for sideoats grama showed two main groups with

differentiation of Maturana 3-1 and 689-B. Group II was divided into two sub-groups: IIa) separating the Vaughn variety, IIb₁) with two collections from the state of Zacatecas (Zac 21C and 31C) and IIb₂) including Diana and the accessions 508CH, Zacatecas 1-5 and 592-B. In blue grama, collection 38 NAV was clearly differentiated, followed by Cecilia, a group of accessions from Zacatecas and another with the Hachita cultivar and two Mexican accessions (146 and 695). The germplasm of the sideoats grama and blue grama grasses was genetically differentiated, promoted by genetic improvement. The selection of genetically distant collections will favor genetic advances in sideoats grama and blue grama grasses.

Keywords. *Bouteloua* spp., productivity, conservation, sustainability.

INTRODUCCIÓN

La planeación deficiente de la producción animal en Durango propicia la falta de forraje, proveniente de pastizal (mediano abierto y arborescente) durante la época seca del año, debido a la sobreexplotación del ecosistema, pérdida de la diversidad de especies y degradación del suelo (Arrieta y Cortés, 2009). Ante tal situación, es necesario retomar la conservación de la diversidad, repoblación del pastizal y uso sostenible de las especies endémicas de pasto con calidad forrajera, como es el caso de los pastos navajita (*Bouteloua gracilis*) y banderita (*B. curtipendula*). Lo anterior, para abastecer la demanda de alimento que genera el número creciente de animales domésticos de diferentes especies, especialmente en condiciones de pastoreo extensivo.

La recuperación de la superficie ocupada por las plantas endémicas de importancia mayor, por su calidad de forraje, impulsa la selección de alternativas de conservación del pastizal con base en el índice de agostadero y número de unidades animal registradas actualmente en Durango. La evaluación de la diversidad genética en ecotipos, de especies endémicas, favorece la selección de aquellos que muestren adaptabilidad; así como, productividad y calidad forrajera. Además, el fortalecimiento de las poblaciones naturales de diferentes especies de pasto contrarresta el aumento desmedido de la superficie ocupada por especies invasoras, como es el caso de los pastos rosado (*Melinis repens* syn. *Rhynchelytrum repens*) y buffel (*Pennisetum ciliare*). Se considera necesario repoblar la superficie que abarca los nichos ecológicos de idoneidad para los pastos navajita y banderita en Durango.

Se han realizado colectas en diferentes entidades del norte centro de México, para seleccionar ecotipos de los pastos navajita y banderita con valores altos de distancia genética, productividad y calidad forrajera. Dichas colectas, han mostrado adaptación en evaluaciones realizadas en varios sitios de Chihuahua y otras entidades de México. Es necesario establecer la diversidad genética presente en las colectas de los pastos navajita y banderita, mediante la caracterización morfológica sustentada en guías aceptadas internacionalmente, al mismo tiempo que se realiza la comparación con testigos comerciales. En Durango, se cuenta con un lote establecido con 13 colectas (6 de pasto navajita y 7 de pasto banderita) sobresalientes por su adaptación en ambientes diversos y productividad de forraje. Dichas colectas se introdujeron en Durango, con la finalidad de establecer su utilidad en la repoblación de pastizales degradados, en los cuales se perdió la mayor parte de las poblaciones naturales de las especies navajita y banderita. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue

establecer la diversidad genética y variabilidad intra-poblacional de un grupo de colectas de pastos endémicos del norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Germoplasma utilizado. Se utilizaron siete accesiones de pasto banderita y seis de pasto navajita, colectados en Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas. Se incluyeron, como testigos, las variedades nacionales Cecilia y Diana, desarrolladas por personal del INIFAP en el Campo Experimental San Luis (Beltrán *et al.*, 2007). Además, se sembraron las variedades introducidas ‘Hachita’ y ‘Vaughn’, seleccionadas en la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU, USA; USDA 1982 y 2014).

Descripción del Área de Estudio. Se utilizaron terrenos agrícolas pertenecientes a las instalaciones del Campo Experimental Valle del Guadiana (INIFAP), en Durango, Dgo. El suelo predominante es de tipo franco-arcilloso (arenoso), el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4%, pH 7.9 y es pobre en nutrientes. El clima predominante es templado semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y un promedio anual para esta variable de 17.4 °C. La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre.

Establecimiento. El trasplante se realizó entre enero y marzo de 2020 y se aplicó riego de auxilio, hasta que se aseguró el establecimiento de todas las plantas en las parcelas de cada una de las colectas y variedades. Luego de un año de establecimiento, se inició el proceso de caracterización de los materiales incluidos en el estudio.

Caracterización. Luego del rebrote de las plantas en 2021, promovido con un riego de auxilio aplicado en marzo, se inició la caracterización en 2021 y se corroboró en 2022. Para la realización de esta actividad, se utilizaron las guías publicadas para cada una de las especies por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS 2014 y 2015). Los datos obtenidos para los caracteres morfológicos fueron utilizados en el estudio de la diversidad genética presente en cada una de las especies. Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) y se elaboraron dendrogramas derivados del análisis de clúster basado en el método de ligamiento promedio de la media aritmética no ponderada UPMGA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), en ambos casos se utilizó el programa de cómputo R (Ver. 2023.09.1+494).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales mostró un nivel alto de la explicación de la varianza en las dos especies de pasto, por lo que se alcanzó 58% a 59%, con el CP1 y CP2 (Figura 1) y se requirieron ocho componentes para alcanzar el 100%. Las variables que presentaron niveles altos de importancia en la explicación de la varianza contenida, en los CP1 y CP2, fueron diferentes en cada especie; así, en el pasto navajita sobresalió la cantidad de ramillas de la inflorescencia (RIF) y longitud de la rama basal (LRB). Otras variables importantes fueron altura de la inflorescencia (AI), longitud de la vaina en la hoja central (LVHC), longitud de la hoja central (LHC) y anchura de la hoja bandera (AHB). Dichas variables pueden utilizarse en la diferenciación inicial de las colectas de pasto navajita.

Las variables que presentaron niveles altos de importancia en la explicación de la varianza en pasto banderita, contenida en el CP1, fueron altura de la planta (AP), longitud del raquis (LRA), acanalado de las nervaduras laterales (ANL) y anchura de la hoja bandera (AHB). En el CP2 sobresalió el ancho de la lámina (AL), longitud de la hoja bandera (LHB), longitud de la hoja central (LHC), anchura de la hoja central (AHC), anchura de la hoja bandera (AHB) y ubicación (UAC) e intensidad (IA) de las antocianinas en las hojas. Dichas variables pueden utilizarse en la diferenciación de las colectas de pasto banderita en México.

El dendrograma para el pasto banderita mostró dos ramificaciones (clados) principales (Figura 2) con una diferenciación importante de las colectas 3-1 Maturana y 689-B (I), proveniente de Chihuahua. El grupo II, se subdividió en dos sub-grupos y en uno de ellos (IIa), se separó la variedad Vaughn. El otro (IIb), agrupó tres colectas del estado de Zacatecas, que deben estar emparentadas, especialmente Zac 21C y 31C (IIb.). El otro subgrupo (IIb.) incluyó la variedad Diana, la cual mostró cierto nivel de diferenciación con respecto a las colectas 508CH y Zacatecas 1-5 y 592-B dos colectas del norte-centro de México, las cuales estuvieron emparentadas entre sí. Pudo observarse similitud genética en el germoplasma de pasto banderita proveniente del desierto Chihuahuense, que se extiende desde el centro de México hasta el Suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. Se observó tendencia de que el mejoramiento genético, que implica la selección de individuos y poblaciones sobresalientes, fomenta la diferenciación interpoblacional.

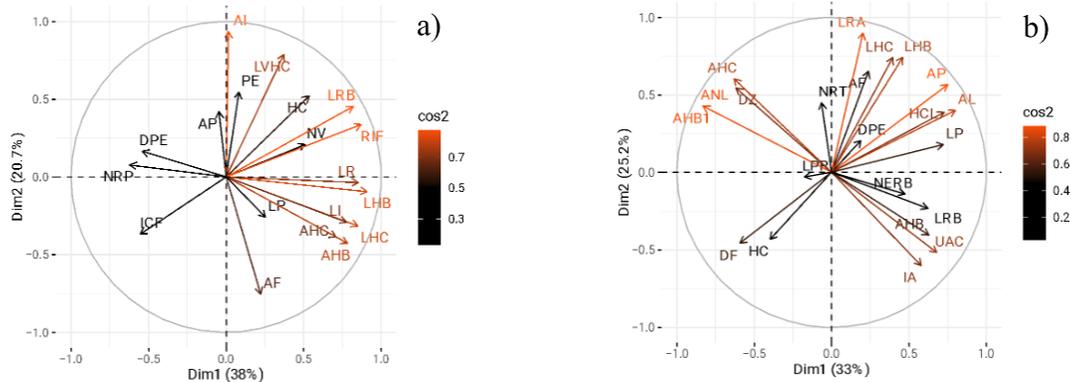


Figura 1. Coseno de las variables utilizadas en el análisis de componentes principales 1 y 2 realizado en colectas de pasto navajita (a) y banderita (b) de diferentes entidades del Altiplano Semiárido de México. 2022.

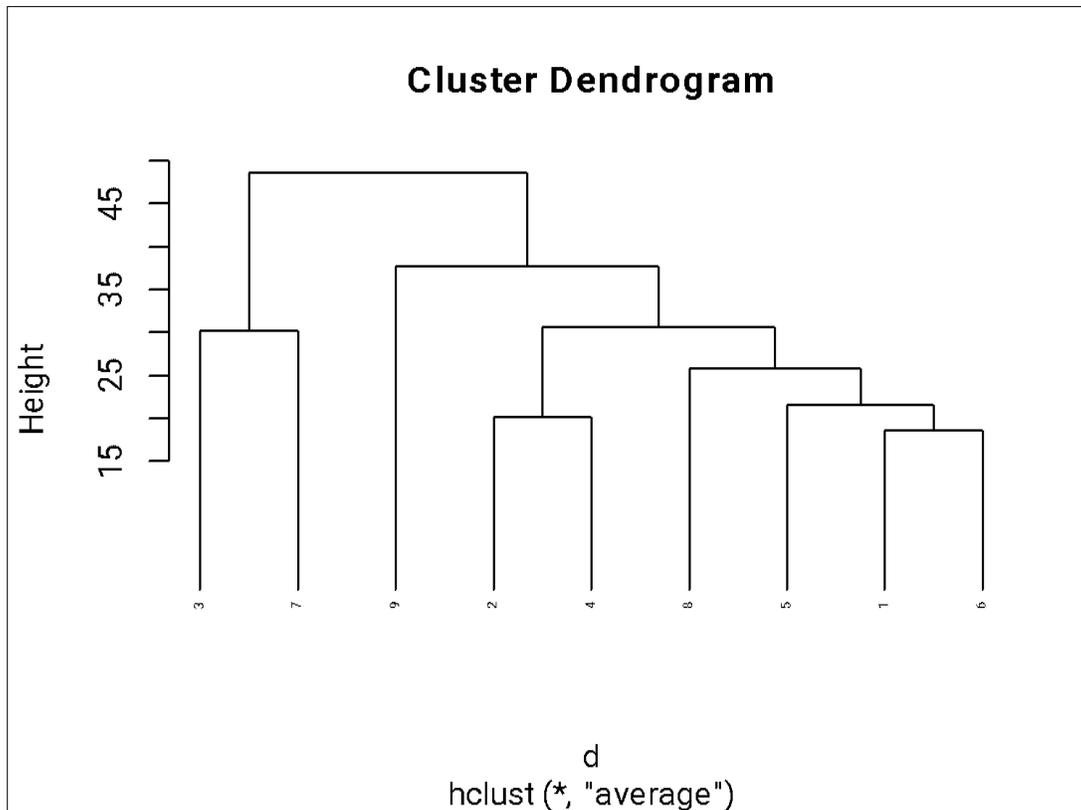


Figura 2. Dendrograma de la diversidad genética de colectas de pasto banderita colectadas en diferentes entidades del Altiplano Semiárido de México. 2022.

El dendrograma obtenido para el pasto navajita mostró tres ramificaciones (clados) principales (Figura 3) con una diferenciación importante de la colecta NAV 38 (I), proveniente de Parral, Chih., con un nivel inferior de separación para la variedad Cecilia (II). El grupo III, se subdividió en dos subgrupos y uno de ellos, incluyó tres colectas del estado de Zacatecas, que deben estar emparentadas, especialmente Zac 9-5, Zac 17C y Zac 20C. El otro subgrupo incluyó dos colectas del norte-centro de México (146 y 695), que estuvieron emparentadas con la variedad ‘Hachita’, proveniente de Nuevo México. Pudo observarse similitud genética en el germoplasma de pasto navajita proveniente del desierto Chihuahuense, que se extiende desde el centro de México hasta el Suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica. Se observó tendencia de que el mejoramiento genético, que implica la selección de individuos y poblaciones sobresalientes, fomenta la diferenciación interpoblacional.

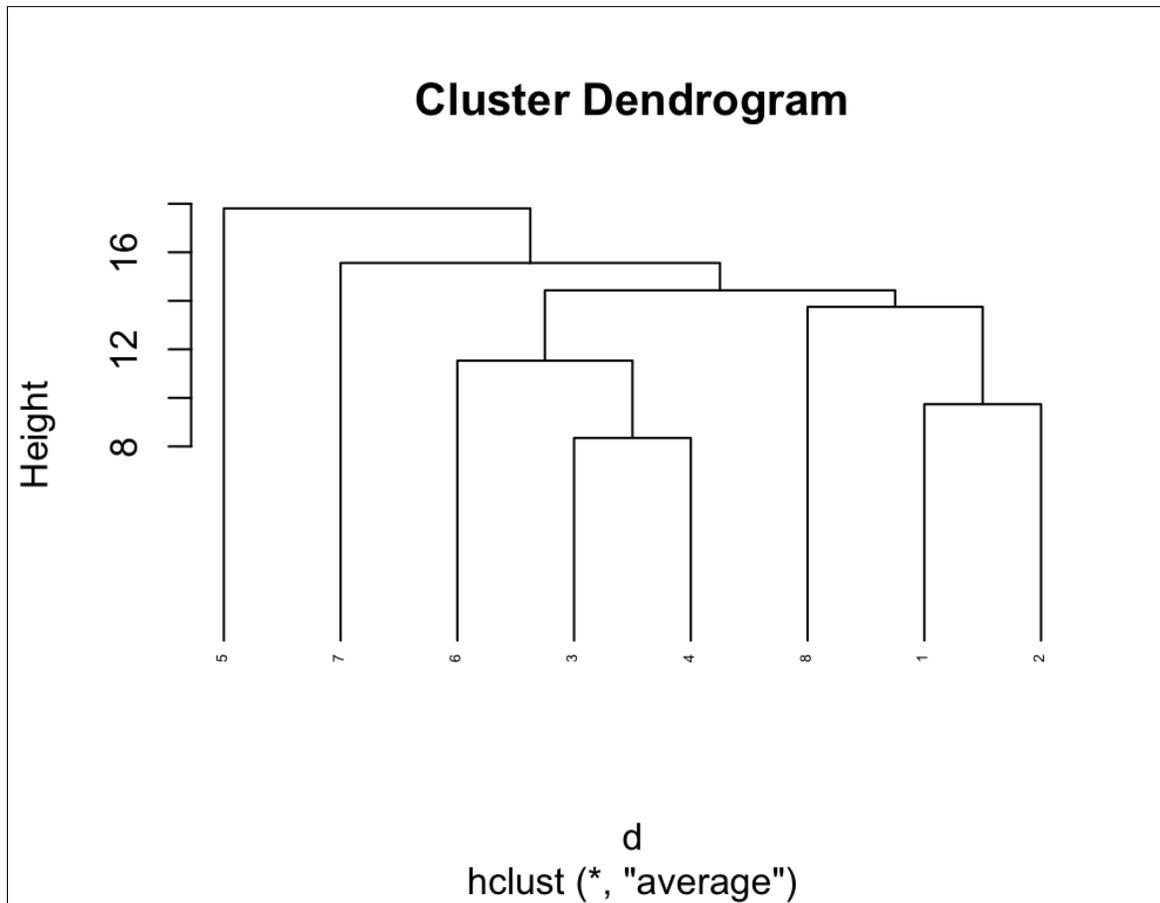


Figura 3. Dendrograma de la diversidad genética de colectas de pasto navajita colectadas en diferentes entidades del Altiplano Semiárido del Norte de México. 2022.

CONCLUSIONES

Los caracteres morfo-agronómicos consignados en las guías publicadas para la distinción de las especies de pasto navajita y banderita permitieron el establecimiento de la diversidad genética presente en estas especies de pasto. El establecimiento de la cercanía genética entre colectas favorecerá la selección de las que estén más distantes genéticamente para lograr avances en el mejoramiento genético para los caracteres de interés.

LITERATURA CITADA

- Arrieta H., Y. y A. Cortés. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28: 49-68. México.
- Beltrán L., S., C. Loredo O., T. Núñez Q., L. A. González E., C. A. García D., J. A. Hernández A., J. Urritia M., y H. G. Gámez V. 2007. Navajita Cecilia y banderilla Diana pastos nativos sobresalientes para el Altiplano de San Luis Potosí (establecimiento y producción de semilla). Folleto Técnico No. 33. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis Potosí. San Luis Potosí, Méx. 38 p.

- USDA (United States Department of Agriculture). 1982. 'Hachita' blue grama *Bouteloua gracilis* Release brochure. USDA-Natural Resources Conservation Service, Los Lunas Plant Materials Center, Los Lunas, N. M. Edited: March 2021. 2 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2014. 'Vaughn' sideoats grama *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Release brochure. USDA-Natural Resources Conservation Service, Los Lunas Plant Materials Center, Los Lunas, N. M. Edited: April 2021. 2 p.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2014. Pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]. Guía Técnica para la descripción varietal (2014). Tlanlepanla, Edo. de México. México. 23 p.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2015. Pasto Navajita (*Bouteloua gracilis* Willd. ex Kunth). Guía Técnica para la descripción varietal (2015). Tlanlepanla, Edo. de México. México. 19 p.

PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD FORRAJERA DE PASTOS ENDÉMICOS DEL NORTE DE MÉXICO
PRODUCTIVITY AND FORAGE QUALITY OF ENDEMIC GRASSES FROM NORTHERN MÉXICO

Pablo Alfredo Domínguez-Martínez^{1*}, José Ángel Sigala-Rodríguez¹, Rafael Jiménez-Ocampo¹, Rigoberto Rosales-Serna¹, Pedro Jurado Guerra² y Cynthia Adriana Nava Berumen³

¹INIFAP – Campo Experimental Valle del Guadiana. Carretera Durango – El Mezquital km 4.5. Durango, Dgo., México. C. P. 34170. ²INIFAP – Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga, Cd. Aldama Chihuahua, C. P. 32910. ³Instituto de Silvicultura e Industria de la Madera (ISIMA), Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), Boulevard del Guadiana Núm. 501, Colonia Torre de Institutos, Durango 34120, México.

*Autor de correspondencias: dominguez.pablo@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los pastos banderita (*Bouteloua curtipendula*) y navajita (*B. gracilis*) son importantes para la producción de forraje. El objetivo fue evaluar la productividad y calidad de forraje en pasto banderita y navajita del norte de México. Se evaluó producción y calidad de forraje seco en siete colectas de pasto banderita, seis de navajita y cuatro variedades testigo. Las muestras de forraje seco se tomaron mediante el corte de tallos en plantas individuales, con seis repeticiones por colecta. Se realizó el análisis químico proximal que incluyó el contenido de cenizas, grasa, fibra, proteína y extracto libre de nitrógeno (ELN). Se obtuvieron diferencias ($p \leq 0.01$) entre colectas para el rendimiento de forraje seco. Los valores más altos se registraron en pasto banderita, donde sobresalió Maturana 3-1 (554.5 g/planta). En navajita, sobresalieron Cecilia (280.2 g/planta) y Zac 20C (277.9 g/planta). Se observaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.01$) para los compuestos nutricionales, con nivel alto de proteína en pasto Hachita (5.4%). El contenido de ceniza fluctuó entre 8.6% (689-B) y 13.6% (695), fibra soluble Zac 20-C (27.2%) y Zac 17-C (36.9%) y grasa entre 0.3% (Cecilia) y 1.4% (Zac 31-C). El ELN fue la porción más alta y fluctuó entre 48.0% (Zac 31-C) y 55.9% (Zac 20-C). Se observó variabilidad genética para el rendimiento y composición nutricional del gemoplasma de pasto evaluado. La variabilidad intra-poblacional puede aprovecharse en el mejoramiento genético para incrementar el rendimiento y calidad de forraje de pasto navajita y banderita producido en México.

Palabras clave. *Bouteloua* spp., pastizal, productividad, calidad.

ABSTRACT

Sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) and blue grama (*B. gracilis*) grasses are important to produce high-quality forage in Durango. The objective was to evaluate the productivity and quality of forage in sideoats grama and blue grama grasses from northern Mexico. The production and quality of dry forage was evaluated in seven collections of blue grama grass, six of sideoats grama and four cultivars as controls. Dry forage samples were taken by cutting stems on individual plants, with six replications per collection. Proximate chemical analysis was performed, including the content of protein, ash, fat, fiber, and nitrogen-free extract (NFE). Differences ($p \leq 0.01$) were obtained between collections for dry forage yield. The

highest values were recorded in blue grama grass, where Maturana 3-1 stood out (554.5 g/plant). In sideoats grama, Cecilia (280.2 g/plant) and Zac 20C (277.9 g/plant) stood out. Statistical differences ($p \leq 0.01$) were observed for nutritional compounds, with a high level of protein in Hachita grass (5.4%). The ash content fluctuated between 8.6% (689-B) and 13.6% (695), soluble fiber Zac 20-C (27.2%) and Zac 17-C (36.9%), fat between 0.3% (Cecilia) and 1.4% (Zac 31-C) and NFE, was the highest portion of the chemical content of the grasses fluctuated between 48.0% (Zac 31-C) and 55.9% (Zac 20-C). Genetic variability was observed for the performance and nutritional composition of the evaluated grass germplasm. Intra-population variability could be used in genetic improvement to increase the yield and quality of sideoats grama and blue grama forage produced in Mexico.

Key Words: *Bouteloua* spp., grassland, productivity, quality.

INTRODUCCIÓN

En Durango, se observa déficit constante de forraje de calidad durante la época seca del año debido a la falta de planeación en la producción pecuaria, sobreexplotación del pastizal, degradación del suelo y pérdida de la diversidad de especies (Arrieta y Cortés, 2009). Ante tal situación, se consideró necesario retomar las acciones de conservación y uso sostenible de las especies endémicas, como es el caso de los pastos navajita y banderita. Se busca la identificación de variedades y ecotipos con amplia adaptación y producción de forraje de calidad. Lo anterior, permitirá abastecer la demanda alimenticia generada por la crianza de varias especies de ganado doméstico, especialmente en condiciones de pastoreo extensivo en pastizal mediano abierto.

La selección de ecotipos de los pastos navajita y banderita con niveles altos de adaptabilidad, calidad forrajera y contenido proteico reducirá los costos de alimentación, debido que la proteína es el insumo más costoso en el mantenimiento y finalización del ganado. Se ha observado variación en el contenido de proteína y otros compuestos presentes en el forraje de los pastos endémicos de México. Con base en lo anterior, se han realizado colectas en diferentes entidades del norte centro de México, para seleccionar ecotipos de pasto navajita y banderita con productividad y calidad forrajera altas. Dichas colectas han mostrado adaptación en evaluaciones previas, que fueron realizadas en varios sitios de Chihuahua y otras entidades de México. En dichos experimentos se evaluó la diversidad genética y producción de forraje mediante la caracterización de múltiples colectas en comparación con testigos comerciales para las especies navajita y banderita.

Luego de las evaluaciones de productividad y calidad forrajera se seleccionaron 13 colectas (6 navajita y 7 de banderita) sobresalientes por su adaptación en ambientes diversos. Dichas colectas se introdujeron en Durango, con la finalidad de establecer su utilidad en la repoblación de pastizales degradados, en los cuales se perdió la mayor parte de las poblaciones naturales de la especie navajita y banderita. La parte inicial de los estudios consistió en la determinación del rendimiento de forraje durante la estación de lluvias y la evaluación de la calidad del forraje. Éste atributo se determina inicialmente con base en el análisis químico proximal (bromatológico), que incluye las porciones de proteína, cenizas, grasa, fibra y extracto libre de nitrógeno. Posteriormente, se determina el contenido de fibra

en detergente neutro (FDN) y fibra en detergente ácido (FDA), degradabilidad *in vitro*, degradabilidad *in situ* y pruebas de alimentación.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue establecer la productividad y composición nutricional del forraje en un grupo de colectas de pastos endémicos del norte de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Germoplasma utilizado. Se utilizaron siete accesiones de pasto banderita y seis de pasto navajita, colectados en Chihuahua, Coahuila, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas (Cuadro 1). Se incluyeron, como testigos, las variedades nacionales Cecilia y Diana, desarrolladas por personal del INIFAP en el Campo Experimental San Luis (Beltran *et al.*, 2007); así como, las variedades introducidas ‘Hachita’ y ‘Vaughn’, seleccionadas en la Universidad Estatal de Nuevo México (NMSU, USA; USDA 1982 y 2014).

Descripción del Área de Estudio. Se utilizaron terrenos agrícolas del Campo Experimental Valle del Guadiana (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias), situado en las coordenadas 23° 59’ 21” N, 104° 37’ 33” O y una altitud de 1,877 m. El suelo predominante es de tipo franco-arcilloso, el cual tiene capacidad intermedia para la retención de humedad, profundidad media, pendiente de 0 a 4 %, pH 7.9 y es pobre en nutrientes. El clima predominante es templado semiárido [BS₁ kw (w) (e)], con régimen de lluvias en verano, variación fuerte de temperatura y un promedio anual para esta variable de 17.4 °C. La lluvia acumulada durante el año alcanza un promedio de 476 mm, con valores altos entre junio y septiembre.

Establecimiento. El trasplante se realizó entre enero y marzo de 2020, en un suelo preparado con barbecho y paso de rastra. Luego del trasplante se aplicó riego de auxilio, para asegurar el establecimiento de todas las plantas en las parcelas de cada una de las colectas y variedades.

Rendimiento de forraje. En 2022, se evaluó la producción de biomasa al final de la estación de crecimiento. Para ello, en la parcela de cada colecta, se cortaron todos los tallos de seis plantas individuales (repeticiones), con competencia completa, desde una altura de 15 cm sobre la superficie del suelo y hasta el ápice de los tallos. La biomasa de cada planta se colocó en bolsas de papel horadadas e identificadas claramente. Las bolsas con el forraje fueron introducidas a la estufa de secado (60 °C), para registrar el peso seco cuando se observó valor constante entre mediciones sucesivas, en cada una de las muestras de forraje para cada colecta y variedad.

Composición química. Se realizó el análisis químico proximal para determinar el contenido de cenizas, grasa cruda, fibra cruda, proteína cruda y extracto libre de nitrógeno. La cantidad de cenizas se cuantificó mediante la incineración de una submuestra a 550 °C. El contenido de grasa se midió por el método de extracción continua en el aparato Soxhlet con éter de petróleo (AOAC, 1990). La fibra cruda fue determinada después de digerir las submuestras, libres de grasa, en soluciones de ácido sulfúrico concentrado (97.2%) e hidróxido de sodio (40%) y luego de la calcinación de los residuos (AOAC, 1995). El contenido de proteína fue determinado mediante el método microKjeldahl, multiplicando el valor de nitrógeno total por el factor de 6.25 (AOAC, 1995). El extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) se determinó

mediante la sustracción, con respecto al 100%, de las otras fracciones expresadas con base seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de forraje. Se obtuvieron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0.01$), entre colectas de ambas especies de pasto, para el rendimiento de forraje seco. En el pasto navajita, los valores significativamente altos se registraron principalmente en la variedad Cecilia (280.2 g/planta) y la colecta Zac 20C (277.9 g/planta). Se observaron algunas colectas con valores estadísticamente iguales a una variedad desarrollada en México y superiores a la variedad introducida (Hachita), adaptada en otros ambientes de cultivo. En el caso del pasto banderita sobresalieron por su rendimiento Maturana 3-1 (554.5 g/planta) y la colectas 689-B (542.1 g/planta) y 12592-B (542.1 g/planta). Se identificaron colectas de pasto navajita y banderita, que igualaron y superaron la productividad de forraje obtenidos con las variedades comerciales de cada una de las especies bajo estudio. Además, se observó variabilidad intra-poblacional, lo que puede aprovecharse en el proceso de mejoramiento genético, para incrementar el rendimiento y calidad de forraje en las variedades de pasto generadas en México.

Cuadro 1. Rendimiento de forraje en colectas y variedades de pasto navajita y banderita. 2022.

Colecta/Variedad	Navajita		Banderita	
	Rendimiento g/planta	Colecta/Variedad	Rendimiento g/planta	Colecta/Variedad
Zac 9-5	208.8±79 ^a	Zac 21C	218.7±93 ^a	
146	246.3±69 ^a	Maturana 3-1	554.5±185 ^a	
Zac17 C	203.8±84 ^a	Diana	327.8±68 ^a	
Cecilia	280.2±52 ^a	Zac 31C	276.7±129 ^a	
Hachita	260.5±98 ^a	12592-B	542.1±165 ^b	
Nav 38	175.7±81 ^b	Zac 1-5	451.9±124 ^a	
695	133.4±28 ^a	CH 508	455.2±56 ^c	
Zac20C	277.9±89 ^a	689-B	542.1±269 ^b	
		Vaughn	251.3±117 ^a	
Promedio	223.3		402.3	
Coefficiente de Variación (%)	22.5		22.5	

^{a-b}Literales diferentes indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey; $p \leq 0.05$) entre colectas.

Análisis Químico Proximal. Se observaron diferencias estadísticas para todos los compuestos presentes en el forraje de las especies y variedades bajo estudio (Cuadro 2). El nivel más alto de proteína lo obtuvo el pasto navajita Hachita (5.4%), la colecta de pasto navajita Zac 9-5 (5.3%) y Banderita Vaughn (5.2%). El nivel más bajo lo obtuvo la colecta Zac 1-5 (3.3%), seguida de banderita Maturana 3-1 (3.4%). Los valores del contenido de proteína fueron bajos, por lo que resultaron ligeramente superiores a los registrados en rastrojo de maíz (4.05%; Katoch et al., 2017), lo que se relacionó con el momento de la obtención de las muestras. En ese momento, las plantas habían alcanzado la madurez y los

tallos se habían lignificado, lo que afectó significativamente su contenido nutricional y digestibilidad de sus componentes estructurales.

El contenido de cenizas fue más alto en la colecta de pasto navajita 695 (13.6%), banderita Vaughn (13.3%) y navajita Hachita (1.7%). Se registraron niveles altos de cenizas, lo cual se ha relacionado con el contenido de minerales, aunque es recomendable determinar la proporción de cada uno de ellos. Se ha determinado en algunos estudios que existe predominancia de silicio, derivado de la abundancia de este elemento en los suelos de Durango y la capacidad de las plantas para almacenarlo en los tejidos como mecanismo de defensa para factores que causan estrés biótico y abiótico (Sharma *et al.*, 2023). El contenido de fibra soluble fue mayor en las colectas Navajita Zac 17-C (36.9%), Banderita Zac 31-C (36.5%), Navajita Zac 9-5 (33.8%) y Navajita Cecilia (33.0%). La proporción de grasa fue baja, con valores que fluctuaron entre 0.3% (Navajita Cecilia) y 1.4% (Banderita Zac 31-C). El Extracto Libre de Nitrógeno, fue la porción más alta del contenido químico de los pastos y sobresalieron un grupo amplio de variedades y colectas de ambas especies, con valores más altos en Banderita Zac 21-C y Banderita Zac 1-5 (51.4%) hasta Navajita Zac 20-C (55.9%). Se observó, variabilidad genética para la composición nutricional de las diferentes especies, variedades y colectas de pastos. Lo anterior, es importante al momento de hacer selección para los caracteres de interés en el mejoramiento genético de cada especie de pasto.

Cuadro 2. Resultados del análisis bromatológico de diferentes especies de pastos

Colecta/Variedad	Proteína (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	Grasa (%)	ELN (%)
Navajita 695	4.9 ^{abc}	13.6 ^a	31.1 ^{ced}	0.8 ^{bcde}	49.6 ^{bc}
Banderita Vaughn	5.2 ^{ab}	13.3 ^{ab}	28.9 ^{de}	0.5 ^{ef}	52.3 ^{abc}
Navajita Hachita	5.4 ^a	12.7 ^{abc}	30.3 ^{cde}	0.8 ^{bcd}	50.9 ^{bc}
Banderita Zac 21-C	3.6 ^{defg}	11.9 ^{bcd}	32.4 ^{cd}	0.7 ^{bcde}	51.4 ^{abc}
Banderita Diana	3.8 ^{defg}	11.5 ^{cde}	30.6 ^{cde}	0.8 ^{bcde}	53.4 ^{ab}
Navajita Zac 20-C	4.9 ^{abc}	11.3 ^{cde}	27.2 ^e	0.7 ^{cde}	55.9 ^a
Banderita 592-B	4.5 ^{abcde}	11.0 ^{cdef}	30.7 ^{cde}	1.0 ^b	52.8 ^{ab}
Banderita 508-CH	3.5 ^{efg}	10.9 ^{def}	32.3 ^{cd}	1.1 ^{ab}	52.3 ^{abc}
Navajita Cecilia	5.0 ^{abc}	10.7 ^{def}	33.0 ^{abc}	0.3 ^f	51.1 ^{bc}
Navajita Zac 9-5	5.3 ^{ab}	10.7 ^{def}	33.8 ^{abc}	0.5 ^{ef}	49.7 ^{bc}
Banderita Zac 31-C	3.5 ^{efg}	10.7 ^{def}	36.5 ^{ab}	1.4 ^a	48.0 ^c
Navajita Zac 95	4.1 ^{cdefg}	10.5 ^{def}	30.8 ^{cde}	1.0 ^{bc}	53.6 ^{ab}
Banderita Zac 1-5	3.3 ^g	10.4 ^{def}	34.2 ^{abc}	1.0 ^{de}	51.4 ^{abc}
Navajita Zac 17-C	4.5 ^{abcd}	9.9 ^{efg}	36.9 ^a	0.6 ^{def}	48.2 ^c
Banderita Maturana 3-1	3.4 ^{fg}	9.4 ^{fg}	30.9 ^{cde}	0.8 ^{bcde}	55.4 ^a
Banderita 689-B	4.4 ^{bcdef}	8.6 ^g	32.7 ^{bcd}	1.0 ^{bc}	53.3 ^{ab}
Promedio	4.3	11.1	32.0	0.8	51.6
Coefficiente de Variación (%)	5.2	7.7	4.3	14.9	3.0

^{a-b}Literales diferentes por columna indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey; $p \leq 0.05$) entre colectas.

CONCLUSIONES

Las variaciones productivas y nutrimentales observadas en las diferentes especies, colectas y variedades de pasto sustentan la posibilidad para la realización de mejoramiento genético de los pastos navajita y banderita, provenientes del norte de México. Se observó tendencia de un nivel mayor de productividad de forraje en la especie banderita, en comparación con navajita; mientras que, en el caso de la composición nutricional se observó variación en ambas especies de pasto. Lo anterior, puede utilizarse en la selección individuos y colectas sobresalientes por su rendimiento y calidad forrajera.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1995. Official methods of analysis. 12th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA. 1930 p.
- Arrieta H., Y. y A. Cortés. 2009. Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica* 28: 49-68. México.
- Beltrán L., S., C. Loredo O., T. Núñez Q., L. A. González E., C. A. García D., J. A. Hernández A., J. Urritia M., y H. G. Gámez V. 2007. Navajita Cecilia y banderilla Diana pastos nativos sobresalientes para el Altiplano de San Luis Potosí (establecimiento y producción de semilla). Folleto Técnico No. 33. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis Potosí. San Luis Potosí, Méx. 38 p.
- Katoch, R., Apoorva, A. Tripathi, and S. Sood. 2017. Improving nutritive value and digestibility of maize stover-A review. *Forage Research* 43(3): 174-180.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1982. 'Hachita' blue grama *Bouteloua gracilis* Release brochure. USDA-Natural Resources Conservation Service, Los Lunas Plant Materials Center, Los Lunas, N. M. Edited: March 2021. 2 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2014. 'Vaughn' sideoats grama *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Release brochure. USDA-Natural Resources Conservation Service, Los Lunas Plant Materials Center, Los Lunas, N. M. Edited: April 2021. 2 p.
- Sharma, S., M. Mushtaq, S. Sudhakaran, V. Thakral, G. Raturi, R. Bansal, V. Kumar, S. Vats, S. M. Shivaraj, and R. Deshmukh. 2023. Silicon uptake, transport, and accumulation in plants. In: Pandey, S., D. K. Tripathi, V. P. Singh, S. Sharma, and D. K. Chauhan (eds.). *Beneficial chemical elements in plants: Recent developments and future prospects*. John Wiley & Sons, Ltd. pp. 205-226.

EVALUACIÓN DE PARÁMETROS NUTRIMENTALES DE *Dalea bicolor* DESARROLLADA EN AMBIENTES CON SOBREEXPOSICIÓN DE CO₂ EVALUATION OF NUTRITIONAL PARAMETERS OF *Dalea bicolor* DEVELOPED IN ENVIRONMENTS WITH OVEREXPOSURE TO CO₂

Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas^{1*}, Federico Villarreal-Guerrero², Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Daniel García-Cervantes¹, Edith Ramírez-Segura³, Alberto Muro-Reyes¹, Alejandro Espinoza-Canales¹

1. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas.
2. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua.
3. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF). Ojuelos, Jalisco, México

*Autor de correspondencia: cuauhtemocms@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 *D. bicolor*. Se tomaron muestras vegetativas de cada planta en dos épocas diferentes del año a las que se les determinó el perfil químico realizando los métodos del AOAC. La sobreexposición de CO₂ en 3 concentraciones causo diferencia en el contenido de proteína de *D. bicolor*, pero únicamente entre fechas de muestreo. En ambos casos no muestra tendencia hacia mayor o menor concentración de CO₂.

Palabras clave: CO₂, proteína, invernadero, ambiente.

ABSTRACT

CO₂ has attracted great attention because it is considered the main source of what is known as the greenhouse effect (GHG), having greater importance due to its concentration with respect to other gases. For the year 2150, five different climate scenarios are predicted, the moderately adverse one 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 will be installed. Each one represents 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 shrub plants are specified. Forage *D. bicolor* vegetative samples were taken from each plant at two different times of the year and the chemical profile was processed using the AOAC methods. Overexposure of CO₂ at 3 concentrations causes a difference in the protein and NDF content of the plants of *D. bicolor*, but only between

sampling dates. In both cases it does not show a trend towards higher or lower CO₂ concentration.

Keywords: CO₂, protein, 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 causa 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. 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 *D. bicolor* (engordacabra), que es una especie considerada forrajera, y que el ganado suele ramonear. Es una alternativa de producción de forraje para áreas con problemas de suelos y aguas con altos contenidos de salinidad y cuenta con una composición nutricional similar al de la alfalfa (Martínez-Burciaga *et al.*, 2011). Por sus raíces profundas, las arbustivas permanecen verdes y son fuentes de forraje para las estaciones seca y periodos de sequía, cuando no hay crecimiento de hierbas o pastos. Existe limitada información publicada acerca del perfil nutricional de forrajes leguminosos, incluyendo arbustivas, y una gran necesidad de realizarlos (Castro-Montoya y Dickhoefer, 2020; Tzec-Gamboa *et al.*, 2023). El forraje de *D. bicolor* provee proteína para el ganado en pastoreo, que se calcula entre 70 y 100 g kg⁻¹ de materia seca, y energía neta para mantenimiento calculada entre 0.56 y 0.84 Mcal kg⁻¹ de materia seca. La calidad nutricional de esta arbustiva es aceptable, con mayores concentraciones de proteína cruda en otoño, y cantidades suficientes de proteína y energía en verano, por lo que es una alternativa nutricional para la época de estiaje en las regiones semiáridas de México (García-

Cervatres, *et al.*, 2023). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es evaluar la composición química de la arbustiva *D. bicolor* (engordacabra) 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, 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 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*RFCO₂, 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).

Material vegetativo a evaluar. Semillas de *D. bicolor* 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 4 plantas de *D. bicolor* colocadas en macetas individuales. 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 en dos fechas (mayo y agosto de 2022) y se pesaron en fresco, se deshidrataron a 65°C durante 48h. Posteriormente se molieron en un molino con una criba

de 1mm. A las muestras se les determinó la cantidad de cenizas (C) incinerándolas a 600 °C en una mufla durante 6 h. 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. La determinación de la degradabilidad *in vitro* de la materia seca se realizó mediante el uso del incubador ANKOM Daisy^{D200} (Ankom Technology).

Análisis estadísticos. Los datos recabados fueron procesados y analizados en una prueba de análisis de varianza (ANOVA). En el modelo se utilizó como efecto mayor el tiempo y el ambiente, utilizando el PROC GLM del paquete estadístico SAS. Las diferencias entre medias se evidenciaron usando Tukey (P>0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se sabe que, si hay un aumento en la disponibilidad de CO₂ atmosférico, puede provocar un cambio en la actividad fotosintética, provocando un efecto de fertilización, ya que la fotosíntesis aumenta con el aumento del suministro de CO₂. Pero toda esta dinámica depende de muchas otras variables como agua, luz y nutrientes para que ocurra con total eficiencia (Donohue *et al.*, 2013; Dorneles, *et al.*, 2019). Braga *et al.*, (2021) explican que las plantas C3 suelen presentar respuestas más evidentes en su crecimiento cuando hay un aumento de CO₂ en el ambiente. En el cuadro 1 se observa el análisis químico proximal de plantas de *D. bicolor* recolectadas en el mes de mayo y agosto de 2022. No se encontraron diferencias significativas entre ambientes para concentración de **cenizas**, y los valores fueron similares a lo reportado por García-Cervantes *et al.*, (2023), que, en condiciones normales, reportaron concentraciones de ceniza de 10.85% en otoño y 7.78% durante el verano. Para la **Proteína**, el A3 de mes de mayo (7.34%) es significativamente diferente de A2 del mes de agosto (9.95%), mostrando que existe mayor cantidad de proteína cuanto más CO₂ existe en el ambiente. Hallazgos inferiores a los 20.13% y 15% de proteína reportados en condiciones de CO₂ ambiental por Vásquez (2012) y Martines-Burciaga *et al.* (2011). Pero similares a lo reportado por García-Cervantes *et al.* (2023), quien obtuvo 9.69% en otoño y 13.51% durante el verano. En el caso de **DivMS** no existió diferencia significativa entre ambientes. Campbell *et al.*, (2000) menciona que el CO₂ elevado también incrementa el contenido en fibras, disminuyendo su digestibilidad *in vitro* para el ganado y, por tanto, su calidad. Sin embargo, son valores similares a los 65% en condiciones ambientales reportados por Gutiérrez- Luna *et al.*, (2012).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados por ambientes y fecha de muestreo para el análisis químico proximal de plantas de *D. bicolor* desarrolladas en diferentes escenarios de cambio climático.

Ambiente	Mayo de 2022			Agosto de 2022		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
C	6.36	5.41	5.98	7.64	8.69	9.08
P	9.27 ^{ab}	8.18 ^{ab}	7.34 ^b	9.37 ^{ab}	9.95 ^a	10.22 ^a
DivMS	58.07	67.79	67.74	57.39	64.21	60.85

abc, medias dentro de líneas con diferente superíndice difieren usando la prueba de poder de Tukey (<0.05). 380 ppm (A1), 800 ppm (A2), 1200 ppm (A3), ceniza (C), proteína cruda (PC), degradabilidad *in vitro* de la materia seca (DivMS).

CONCLUSIONES

La sobreexposición de CO₂ en 3 concentraciones causa diferencia en el contenido de proteína de plantas de *D. bicolor*, pero únicamente entre fechas de muestreo. Sin embargo, no muestra tendencia hacia mayor o menor concentración de CO₂. La degradabilidad *in vitro* de la materia seca no muestra diferencias significativas.

LITERATURA CITADA

- Braga, F. M., Ferreira, E. A., Cabral, C. M., de Freitas, I. C., Maciel, J. C., Freitas, M. S. S., ... y Sampaio, R. A. (2021). Revisão: Crescimento de plantas C3 e C4 em resposta a diferentes concentrações de CO₂. Research, Society and Development.
- Buckeridge, M. S., L. Mortari y M. Machado 2007. Respostas fisiológicas de plantas às mudanças climáticas: alterações no balanço de carbono nas plantas podem afetar o ecossistema?, pp.: 1-13. En: Gizelda, M. R., R.R.B. Negrelle y L. P. C. Morellato. Fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo.
- Castro-Montoya J. M. and U. Dickhoefer (2020) The nutritional value of tropical legume forages fed to ruminants as affected by their growth habit and fed form: a systematic review. Animal Feed Science and Technology 269:114641, <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114641>
- Donohue, RJ, Roderick ML, Mcvicar, TR y Farquar, GD (2013). Impacto de la fertilización con CO₂ en la cobertura foliar máxima en los ambientes cálidos y áridos del mundo. Cartas de investigación geofísica, 40, 3031–3035.
- Dorneles, KR, Podemos, DA, Rebhahn, I., Deuner, S., Pazdiora, PC, Avila, LA y Dallagnol, LJ (2019). Respuestas morfofisiológicas y rendimiento de grano de trigo mediados por el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico. Revista Brasileña de Ciencias Agrícolas, 14(1), 1981-0997
- García-Cervantes, D., Gutiérrez-Bañuelos, H., Reveles-Torres, L. R., Muro-Reyes, A., Gutiérrez-Piña, F. J., Echavarría Chairez, F. G., ... & Sánchez Gutiérrez, R. A. (2023). Perfil bromatológico y nutricional de *Dalea bicolor* (Willdenow) en regiones semiáridas de Zacatecas, México. Revista fitotecnia mexicana, 46(3), 321-325.
- Gutiérrez-Luna R, Rodríguez-Tenorio D, Martínez-Trejo G, Aguirre-Calderón C, Sánchez-Gutiérrez RA. 2012. Bancos de proteína para rumiantes en el semiárido mexicano. Folleto Técnico Número 47. México, DF: Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC- INIFAP.
- 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>
- Martínez-Burciaga, O. U., H. de la Fuente-Saucedo y G. Medina-García. 2011. Ordenamiento del uso del suelo para la producción de especies no maderables de uso múltiple en el estado de Nuevo León. Folleto Técnico No 45. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México.
- Meibaum, B., Riede, S., Schröder, B., Manderscheid, R., Weigel, H. J., y Breves, G. (2012). Elevated CO₂ and drought stress effects on the chemical composition of maize plants, their ruminal fermentation and microbial diversity *in vitro*. Archives of animal nutrition, 66(6), 473-489.
- Maxwell, K. y G. N. Johnson. 2000. Chlorophyll fluorescence. A practical guide. J. Exp. Bot. 51(345):659-668.
- Tzec-Gamboa M., O. O. Álvarez-Rivera, L. Ramírez y Avilés, J. Ku-Vera and F. J. Solorio-Sánchez (2023) Productivity and nutritional quality of nitrogen-fixing and non-fixing shrub species for ruminant production. Agronomy
- 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
- 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.

CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL Y DEGRADACIÓN RUMINAL DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS FORRAJERAS TROPICALES NUTRITIONAL CHARACTERIZATION AND RUMINAL DEGRADATION OF TROPICAL FORAGE LEGUMES AND SHRUBS

Cándido Enrique Guerra Medina^{1*}, José de Jesús Maldonado Méndez¹, Luis Antonio Gálvez Marroquín², Oziel Dante Montañez Valdez³, Pablo Amín Ruiz Cruz¹

¹INIFAP-Campo Experimental Rosario Izapa, Km. 18 carretera Tapachula - Cacahoatán, Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas C.P. 30870. ²INIFAP-Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, Melchor Ocampo No.7, Sto. Domingo Barrio Bajo, Villa de Etla, Oaxaca C.P. 68200. ³Grupo de Investigación en Nutrición Animal, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, Ciudad Guzmán, Jalisco.

*Autor por correspondencia: eguerranutricion@gmail.com

RESUMEN

La finalidad del estudio fue evaluar las características de composición química y degradación ruminal de *Canavalia ensiformis*, *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*. Se evaluó la composición química, las fracciones de Fibra Detergente Ácido (FDA) y Fibra Detergente Neutro (FDN), además la digestibilidad *in situ* de la materia seca, las fracciones y velocidad de degradación. El contenido de proteína fue de 22.46, 22.02 y 28.42% de manera respectiva; FDN fue de 50.37, 57.61 y 48.50% respectivamente y la digestibilidad *in situ* a 48 h de incubación de 74.23, 73.22 y 81.90% de manera respectiva para los forrajes evaluados. Se destaca la fracción soluble de *G. sepium* que fue de 42.64 y la indegradable de 12.03%. Los forrajes evaluados presentan características nutricionales que pueden ser aprovechadas en programas de alimentación de bovinos en pastoreo en las regiones tropicales.

Palabras clave: alimentación, bovinos, trópico, valor nutritivo.

ABSTRACT

The purpose of the study was to evaluate the characteristics of chemical composition and rumen degradation of *Canavalia ensiformis*, *Guazuma ulmifolia* and *Gliricidia sepium*. The chemical composition, the fractions of Acid Detergent Fiber (ADF) and Neutral Detergent Fiber (NDF), were evaluated, as well as the *in situ* digestibility of the dry matter, the fractions and degradation rate. The protein content was 22.46, 22.02 and 28.42% respectively; NDF was 50.37, 57.61 and 48.50% respectively and the *in situ* digestibility at 48 h of incubation was 74.23, 73.22 and 81.90% respectively for the evaluated forages. The soluble fraction of *G. sepium* stands out, which was 42.64 and the undegradable fraction was 12.03%. The forages evaluated have nutritional characteristics that can be used in feeding programs for grazing cattle in tropical regions.

Key words: feeding, cattle, tropics, nutritional value.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de los bovinos en las regiones tropicales se basa en pastos que se caracterizan por el alto contenido de carbohidratos estructurales, bajo contenido de carbohidratos solubles y proteína menor de 8%, en estos sistemas el desempeño productivo está en función de la dieta que consumen (Barros *et al.*, 2017). El uso de especies forrajeras arbustivas y

leguminosas representa una alternativa en la alimentación de bovinos, para aumentar el aporte de proteína de la dieta, la producción de biomasa, el consumo de materia seca, el contenido de proteína y la digestibilidad, al mismo tiempo que disminuye la producción de CH₄ y aumenta la energía metabolizable; sin embargo, a pesar del potencial productivo de estas especies forrajeras, su uso sigue siendo limitado (Valenciaga *et al.*, 2018). Su contenido de proteína es de 16 a 28% comparado con los pastos que contienen de 6 a 8%; algunas contienen metabolitos secundarios que actúan como modificadores metabólicos en el proceso de fermentación ruminal y pueden reducir la metanogénesis (Ortiz *et al.*, 2014). Es pertinente diversificar los sistemas de pastoreo y dar prioridad al uso de especies nativas con potencial forrajero en el que se incluyen arbóreas, arbustivas, leguminosas y pastos (Apráez *et al.*, 2012). La finalidad de este estudio es caracterizar la composición química y degradación ruminal de arbustivas y leguminosas tropicales con potencial forrajero para la alimentación de bovinos en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una parcela ubicada en el Ejido Hidalgo, municipio de Tapachula, Chiapas, México, con coordenadas geográficas: 14.8867 LN -92.3463 LO, a 30 m de altitud, el clima es cálido húmedo con lluvias en verano, con temperatura promedio anual de 27.1 °C y precipitación pluvial de 2,969 mm anuales. En una parcela de 10,000 m² se estableció la plantación de *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* en arreglo de 1.5 m entre matas y 1.5 m entre hileras a doble hilera con una densidad de 1,600 plantas ha⁻¹, dejando un callejón de 10 m entre las dobles hileras donde se estableció pasto *Panicum maximum*. Se establecieron matas de tres meses de edad con altura aproximada de 0.5 m; a los cuatro meses del establecimiento en campo se dio corte de uniformidad a 1.1 m de altura, procurando dejar ramas de 0.30 m. Después se inició la toma de muestras a 45 días de rebrote, para ello al azar se determinaron 10 plantas y se cosechó el follaje, se cortó con tijera en tamaño de 3 a 5 cm y se depositó en bolsas de plástico identificadas para su transporte al laboratorio de forrajes del Campo Experimental Rosario Izapa. De cada muestra por especie se tomó una submuestra de 250 g, se depositó en bolsas de papel, se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h, se molieron en molino con criba de 2 mm y se colocaron en bolsas de plástico etiquetadas para su análisis correspondiente.

Composición química. El análisis químico proximal de las muestras se realizó en el laboratorio de Nutrición Animal del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Ciudad Guzmán Jalisco. Se determinó materia seca total, la proteína cruda se obtuvo como % N x 6.25 según Kjeldahl, extracto etéreo por el método Soxhlet, fibra cruda por el método de Weende y cenizas mediante las técnicas descritas por la AOAC (2012). Las fracciones de fibra en detergente neutro y fibra en detergente ácido (FDN y FDA) se analizaron con base en la metodología descrita por Van-Soest *et al.* (1991).

Digestibilidad *in situ*. Esta prueba se realizó en dos vaquillas, con alimentación a libre pastoreo en praderas de pasto *Digitaria swazilandensis* y sal mineral a libre acceso, con fístula ruminal. Para la determinación de la degradabilidad se utilizó la metodología propuesta por Ørskov (2000), con siete tiempos de incubación. Se depositaron aproximadamente 5 g de

muestra seca en bolsas de nylon (ANKOM Co, Faiport, NY, USA) de dimensión interna: 10 x 15 cm con tamaño de poro de

53 μm y se incubaron en el rumen por 0, 6, 12, 24, 48 y 72 h utilizando tres repeticiones por cada tiempo. Las bolsas se introdujeron en el rumen de forma invertida, es decir, las bolsas se sacaron al mismo tiempo y se lavaron simultáneamente de acuerdo con las recomendaciones hechas por Nocek (1987).

La cinética ruminal se analizó con el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979), $P = a + b(1 - c \cdot e^{-kt})$, donde P describe la proporción (%) de material que desaparece de la bolsa al tiempo t, a es solubilidad ruminal o fracción que desaparece de la bolsa (%) a las 0 h; b es la fracción insoluble, pero potencialmente digestible (%); c es la velocidad de desaparición de la fracción b y t es el tiempo de incubación. La degradabilidad efectiva se estimó considerando tasas de pasaje ruminal de 2, 5 y 8% h^{-1} que representa un consumo bajo, mediano y elevado, respectivamente (ARC, 1984), la cinética ruminal se determinó con PROC NLIN (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de los forrajes puede influirse por factores ambientales, la especie, edad de corte y el contenido de nutrientes del suelo, especialmente el contenido de nitrógeno (Leng, 1990). El Cuadro 1 muestra los resultados de composición química de los forrajes evaluados, en relación con el contenido de proteína cruda, *C. ensiformis* y *G. ulmifolia* tuvieron 22.46 y 22.02% de manera respectiva; mientras que el de *G. sepium* fue de 28.42%. Una característica importante de las leguminosas forrajeras es el alto contenido de proteína como *C. ensiformis*, esto representa una ventaja para utilizarse como alimento de bajo costo en la ganadería de las regiones tropicales (Tobía *et al.*, 2004).

Las arbustivas forrajeras como *G. ulmifolia* tienen gran capacidad de rebrote después de la defoliación, producen follaje con un contenido de proteína superior a 20%, y además tanto la hoja como el fruto son palatables y comestibles para el ganado; sin embargo, existe escasa información publicada sobre su manejo agronómico adecuado para ser cultivado como arbustiva forrajera (Manriquez *et al.*, 2011). En un estudio se reporta que el contenido de proteína cruda va de 10.3% a 14.7%, pero pueden ser mayores dependiendo de la edad rebrote (Pineda *et al.*, 2017), como en el presente estudio, que el contenido de proteína del follaje cosechado a 45 días fue de 22.02%.

En el caso de *G. sepium*, el contenido de proteína del follaje fue notablemente superior que *G. ulmifolia* y *C. ensiformis*, y también a lo reportado por Muinga *et al.* (2007) de 23.15%.

Otra característica importante de las leguminosas y arbustivas forrajeras tropicales es su menor contenido de carbohidratos estructurales (FDN) en comparación con los pastos. En este estudio fue de 57.61, 50.37 y 48.50 para *G. ulmifolia*, *C. ensiformis* y *G. sepium* de manera respectiva; por citar el contenido de FDN en pastos tropicales, en Maralfalfa a 42 días de corte fue de 62.9% (Maldonado *et al.*, 2024); en otro estudio donde se evaluaron 15 pastos tropicales, se encontró que el contenido de proteína cruda promedio fue 8.0% y el contenido de FDN de 70.2% (Juárez y Pell (1999)). Estos resultados indican que las arbustivas y leguminosas tropicales evaluadas en cuanto a su composición química, tienen potencial para la alimentación de bovinos en pastoreo.

Cuadro 1. Composición química de leguminosas y arbustivas forrajeras tropicales (g por 100 g).

Nutriente	<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
Humedad	9.37	10.27	10.54
Proteína cruda	22.46	22.02	28.42
Grasa cruda	1.83	1.02	1.34
Fibra cruda	27.34	25.09	25.17
Ceniza	10.03	9.25	12.94
Fibra detergente ácido (FDA)	42.24	34.89	36.75
Fibra detergente neutro (FDN)	50.37	57.61	48.50

El contenido de proteína y carbohidratos estructurales, son dos factores determinantes en la digestibilidad de los forrajes. El Cuadro 2 muestra el coeficiente de digestibilidad *in situ* observado en los forrajes evaluados a diferentes tiempos de incubación; a las 24 horas en los tres forrajes el coeficiente de digestibilidad fue superior de 58% y a las 48 horas superior de 73%, estos resultados muestran que el alto contenido de proteína y menor de carbohidratos estructurales tiene efecto positivo en la digestibilidad; por el contrario, cuando el contenido de proteína de la dieta es menor al requerimiento para mantenimiento, la disponibilidad de N en el rumen disminuye y se limita la actividad microbiana, si esto se asocia a mayor contenido de carbohidratos estructurales y disminuye la tasa de digestión (Hanigan *et al.*, 2021).

Cuadro 2. Coeficiente de digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) de leguminosas y arbustivas forrajeras tropicales (%).

Hora de Incubación	<i>Canavalia ensiformis</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Gliricidia sepium</i>
72	82.65	78.27	91.24
48	74.23	73.22	81.90
24	66.84	58.55	76.27
12	48.97	36.77	64.03
6	45.50	29.13	63.00
0	29.91	9.12	39.78

El Cuadro 3 muestra las fracciones de la materia seca y la velocidad de degradación de los forrajes evaluados, en todos la fracción soluble es mayor de 30%, pero *G. sepium* presenta una alta proporción soluble (42.54%) y baja proporción indegradable, lo que indica que es un forraje con alto potencial de degradación ruminal y la velocidad de degradación tiene valores mayores de 0.06 en *G. ulmifolia* y *G. sepium*. Los resultados obtenidos de *C. ensiformis* y *G. sepium* son similares a lo reportado en Morera, para la fracción a se observó 35.7% y la Kd 0.062; mientras que la fracción b fue de 64.0% (Lara y Lara, 1998).

Cuadro 3. Fracciones de la materia seca y velocidad de degradación de los forrajes evaluados (%).

Fracción	<i>C. ensiformis</i>	<i>G. ulmifolia</i>	<i>G. sepium</i>
Soluble (a)	30.85	34.21	42.64
Degradable (b)	52.93	43.72	45.33
Indegradable	16.22	22.07	12.03
Velocidad de degradación (Kd)	0.0422	0.0660	0.0615

CONCLUSIONES

La composición química observada en las especies evaluadas, muestran que el contenido de proteína es superior de 22% y el contenido de FDN menor de 60%, estas características químicas resultan en mayor digestibilidad de la materia seca que fue superior de 70% a las 48 horas de incubación. Los resultados muestran que *C. ensiformis*, *G. ulmifolia* y *G. sepium* presentan características nutricionales que pueden ser aprovechadas en programas de alimentación de bovinos en pastoreo en las regiones tropicales, es necesario analizar las variaciones de acuerdo con la edad de rebrote para establecer programas de manejo en sistemas de pastoreo intensivo.

LITERATURA CITADA

- AOAC. (2012). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical. Official Methods of Analysis (19th Edition). Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, Mary Land, USA. Chapter 4: 1-44
- Apráez, J., J.M. Delgado, y J.P. Narváez. 2012. Composición nutricional, degradación in vitro y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. Livest. Res. Rural Dev. 24(3). <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm>
- ARC. 1984. Agricultural Research Council. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. Commonwealth Agricultural Bureau, London, UK. 351 p.
- Barros, R. M.; R. Oroña; A. E. Mera; R. J. Artieda; Q. S. Curay; E. Avilés & C. C. Guishca. 2017. Degradación ruminal de dietas a base de biomasa pos-cosecha de *Amaranthus cruentus*: Efecto sobre los protozoos del rumen y producción de gas in vitro. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 28(4): 812–821. <http://doi.org/10.15381/rivep.v28i4.13931>
- Hanigan, M. D.; V. C. Souza; R. Martineau; V. L. Daley and P. Kononoff. 2021. Predicting ruminally undegraded and microbial protein flows from the rumen. Journal of dairy science, 104: 8685-8707.
- Juárez, F. I.; A. Pell. 1999. Evaluation of tropical grasses for milk production by dual-purpose cows in tropical México. Journal of Dairy Science; 82:2136-2145.
- Leng, R.A. 1990. Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutr Res Rev; 3:277–303.
- Maldonado, M. J. J.; M. L. A. Gálvez; M. C. E. Guerra; G. R. Basurto; E. J. C. Escobar; T. Monterrosa. 2024. Yield and nutritional value of *Cenchrus purpureus* VC Maralfalfa grass. Agro Productividad. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i7.2670>
- Manriquez, M. & L. Yalid. 2011. Características agronómicas y forrajeras de *Guazuma ulmifolia* Lam. Trop. subtrop. Agroecosyst. 453-463.
- McDonald, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. The Journal of Agricultural Science 96(1): 251-252. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0021859600032081>
- Muinga, R.W.; J. G. Mureithi; H. Juma and H.M. Saha. 2007. the effect of supplementing Napier grass or maize stover basal diet with either gliricidia, clitoria or mucuna on manure quantity and quality in jersey cows. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 7 (2007): 157 – 163.
- Nocek, J. E.; A. L. Grant. 1987. Characterization of in situ nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentages. J Anim Sci; 64:552-564.
- Ørskov, E. R. 2000. The in situ technique for the estimation of forage degradability in ruminants. In: Givens D. I.; E. Owen; R. F. E. Axford; H. A. Omed (eds.) Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CAB International. 175-198.
- Ortiz, D., R. Noguera, y S. Posada. 2014. Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes. Livest. Res. Rural Dev. 26: art. 11 <http://www.lrrd.org/lrrd26/11/orti26211.html>.

- Pineda, C. F., & G. L. Corona. 2017. Características Nutrimientales de Gramíneas, Leguminosas y algunas Arbóreas Forrajeras del Trópico Mexicano: Fracciones de Proteína (A, B1, B2, B3 y C), Carbohidratos y Digestibilidad *in vitro*. Mexico: DGAPA, UNAM. PAPIIT IN215310.
- Tobía, C; A. Rojas; E. Villalobos; H. Soto & L. Uribe. 2004. Sustitución parcial el alimento balanceado por ensilaje de soya y su efecto en la producción y calidad de la leche de vaca, en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(2): 27–35.
- SAS. 1999. User, s Guide: Statistics, version 8.0. Ed. SAS Institute, Inc., Cary N.C.
- Valenciaga, D; J. R. López; J. Galindo. T. Ruíz & F. Monteagudo. 2018. Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de *Tithonia diversifolia* recolectados en la región oriental de Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 30(11), Artículo 186. <http://www.lrrd.org/lrrd30/11/daiky30186.html>
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral

EFFECTO DEL PASTOREO EN LA COBERTURA VEGETAL Y DINÁMICA DE PLANTAS DE VALOR FORRAJERO GRAZING EFFECT ON VEGETATION COVER, AND THE DYNAMIC OF KEY FORAGE PLANTS

Lilith Contreras-Olivar¹, Juan Antonio Encina-Domínguez², J. Javier Ochoa-Espinoza^{2*}.

¹Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila, México.

²Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo 25315, México.

*Autor por correspondencia: jjchoae@yahoo.com

RESUMEN

Los zacatales son base para la ganadería extensiva, ya que son la fuente más económica y disponible de forraje para consumo del ganado doméstico. Este estudio se realizó en un zacatal semidesértico del ejido Jagüey de Ferniza en el sureste de Coahuila, México. El objetivo fue conocer la respuesta de las especies de plantas en relación a su valor forrajero, cobertura vegetal y composición botánica, ante un escenario de exclusión y pastoreo continuo, con una carga animal no determinada, evaluadas durante un periodo de cinco años. Se establecieron permanentemente ocho pares de parcelas de 252 m² y dos subparcelas al interior de 100 m². En el verano y durante la época de lluvias se evaluó la vegetación en las subparcelas para determinar cobertura vegetal de especies en base al valor forrajero con método cualitativo de carácter estimatorio propuesto por Daubenmire. Se colectaron muestras botánicas para su identificación, clasificación de valor forrajero y elaboración de un listado florístico. Se registraron un total de 20 especies de gramíneas perennes seleccionadas en base a criterios de valor forrajero. Las especies de zacates con mayor cobertura vegetal fueron *Bouteloua gracilis* (82%) y *Erioneuron avenaceum* (81%) presentes en las áreas de exclusión. El área de exclusión presentó el mayor índice de cobertura de especies. Se documentó que la dinámica de plantas ante un pastoreo no gestionado y un subpastoreo para las áreas de exclusión propicia la abundancia a especies menos nutritivas para el animal.

Palabras clave: cobertura de especies, valor forrajero, zacatal.

ABSTRACT

Grasslands are the foundation for extensive livestock farming, as they provide the most economical and readily available source of forage for domestic animals. This study was conducted in a semi-desert grassland in the ejido Jagüey de Ferniza, southeastern Coahuila, Mexico. Our objective was to assess the response of plant species in terms of their forage value, vegetation cover, and botanical composition in relation to scenarios of exclusion and continuous grazing, with an undetermined stocking rate, over a period of five years. We established eight pairs of permanent plots, each measuring 252 m², and two subplots of 100 m² each. During the summer and rainy seasons, we assessed the most important plants based on forage value to determine cover using the qualitative estimation method proposed by Daubenmire. Botanical samples were also collected for subsequent identification,

classification of forage value, and to build a floristic list. We recorded a total of 28 perennial grasses classified with varying degrees of forage value. The grass species with the highest vegetation cover were *Bouteloua gracilis* (82%) and *Erioneuron avenaceum* (81%), both of which were present in the exclusion areas. The exclusion areas exhibited the highest index of species cover. It was documented that plant dynamics under unmanaged grazing and undergrazing in exclusion areas promote the abundance of less nutritious species for livestock.

Keywords: Grassland, species richness, forage value

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas son plantas importantes en el norte de México debido a que son los componentes estructurales del estrato herbáceo en las comunidades vegetales (Tapia, 1982). Esta vegetación proporciona varios productos y servicios ambientales, uno de esos es la utilización como fuente de alimento para la ganadería extensiva (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). El uso frecuente de los animales y un inadecuado manejo del terreno ha provocado el sobrepastoreo y la erosión del suelo, la desertificación y la propagación de especies exóticas e invasoras (Gusha y Mugabe, 2023, Arévalo *et al.*, 2021). De tal modo que se ha generado un ganado desnutrido por la disminución de la calidad forrajera, la digestibilidad y el nivel de consumo por parte del animal a causa de un mal manejo ganadero, impidiendo el buen desarrollo y la reproducción de las plantas más nutritivas y apetecidas por el ganado. Se reconoce que el efecto del pastoreo causa una variación notable y significativa en la composición de especies vegetales (Casado *et al.*, 2004, Tarhouni *et al.*, 2017). Está documentado que en los sistemas áridos y semiáridos se produce un reemplazo de las especies con valor forrajero por arbustos (Bisigato, 2000) y gramíneas de menor calidad para el ganado (Distel *et al.*, 2000). Además, otra modificación estructural de la comunidad vegetal es la disminución de la cobertura de los zacates forrajeros (Jasic y Fuentes, 1991) cuyo resultado depende de la intensidad y frecuencia del pastoreo (Milchunas *et al.*, 1988). Por consiguiente, se han realizado estudios sobre la detección de cambios en la vegetación a través de la evaluación de la cobertura vegetal, determinando la respuesta de las especies de plantas en relación a su valor forrajero expuestas al pastoreo continuo por ganado doméstico, tendiendo como referencia área de exclusión, dentro de un periodo de cinco años en un zacatal semidesértico en el sureste de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información sobre la localización del área de estudio fue tomada de INEGI (1983) y Gobierno de Coahuila (1998), de acuerdo con esto, el ejido Jagüey de Ferniza, Municipio de Saltillo, Coahuila se ubica en el área natural protegida con categoría Reserva Natural Estatal de la Sierra de Zapalinamé en el sureste del estado de Coahuila, zona de transición entre el desierto Chihuahuense y la Sierra Madre Oriental con coordenadas de referencia: 25°13'57.48'' - 25°14' 57.25'' de latitud Norte y 100°56' 44.62'' - 101°01'5.17'' de longitud Oeste. Las parcelas de exclusión se localizan en un rango de altitud de 2102 a 2268 m. Presenta clima seco, con fórmula BS K x' (e) (Gobierno de Coahuila, 1998), las rocas que afloran son sedimentarias marinas del Jurásico y Cretácico, las calizas son las dominantes con una vegetación correspondiente a un zacatal natural denominado por especies del género

Bouteloua, como *Bouteloua dactyloides*, *B. gracilis*, *B. uniflora*, *B. curtipendula* y con menor proporción *Aristida havardii*, *A. pansa* y *Muhlenbergia pheloides* (Encina-Domínguez, 2017).

En marzo del 2017 se establecieron de forma sistemática y permanente ocho pares de parcelas separadas 1000 metros lineales entre cada una, cada par consistió en un área dónde se excluyó el pastoreo a través de un cerco, emparejada al oeste de la exclusión se estableció un área control abierta al pastoreo delimitada con varilla metálica en las esquinas, en ambos casos las dimensiones de cada parcela fueron de 14 x 18 m (252 m²). Al interior de cada parcela se establecieron sub-parcelas de 10 x 10 m (100 m²), el área diferencial entre la parcela y la subparcela (170 m²) cubrió una función de amortiguamiento para nulificar el posible impacto de pastoreo en las orillas. Se realizó un muestreo con técnica cualitativa de carácter estimatorio, en el que se establecieron escalas propuesta con el método de Daubenmire (Daubenmire, 1959) el cual consistió en una técnica que implica designar visualmente la cobertura vegetal mediante cuadrantes con medidas de un metro cuadrado. Las adecuaciones a la escala fueron las siguientes: 1= trazas; 2= >1 %; 3= 1-2 %; 4= 2-5 %; 5= 5-10 %; 6= 10-25 %; 7= 25-50 %; 8= 50-75 %; y 9= >75 %.

El experimento se estableció con un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial de 2x3, con cinco repeticiones por tratamiento equivalente a los cinco años evaluados. Los datos colectados en campo se ordenaron en hojas Excel, las que posteriormente fueron analizadas en programa estadístico SAS (Stadistic analisys system), con lo que se obtuvo un análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cobertura vegetal. Existe diferencia significativa ($P < 0.001$) entre las especies evaluadas de los ocho pares de parcelas, siendo *Bouteloua gracilis* el que presentó más diferencias al resto, con una cobertura vegetal promedio de 82.98%, siendo el 84.30% para la parcela de control y 81.65% en las exclusiones (Figura 1).

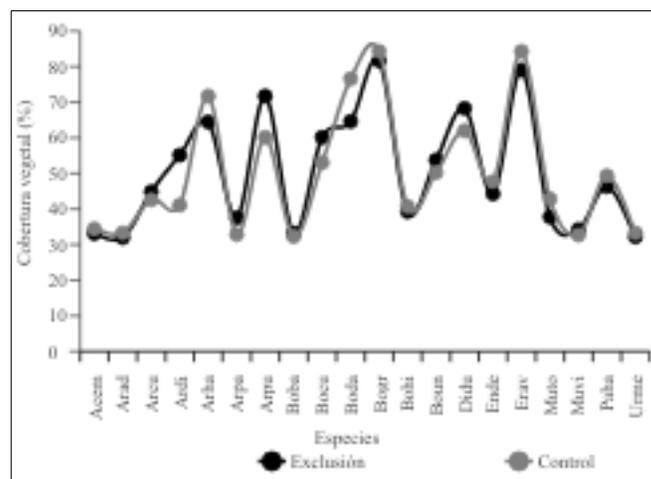


Figura 1. Cobertura vegetal de exclusión y control por cada una de las gramíneas.

Acem= Achnatherum eminens, Arad= Aristida adscensionis, Arcu= Aristida curvifolia, Ardi= Aristida divaricata, Arha= Aristida havardii, Arpa= Aristida pansa, Arpu= Aristida purpurea, Boba= Bothriochloa barbinodis, Bocu= Bouteloua curtipendula, Boda= Bouteloua dactyloides, Bogr= Bouteloua gracilis, Bohi= Bouteloua hirsuta, Boun= Bouteloua uniflora, Didu= Disakisperma dubium, Ende= Enneapogon desvauxii, Erav= Erioneuron avenaceum, Muto= Muhlenbergia torreyi, Muvi= Muhlenbergia villiflora, Urme= Urochloa meziana.

La cobertura vegetal registrada por las gramíneas, registró diferencias entre especies prestando porcentajes más altos en las áreas de exclusión, siendo el zacate navajita azul (*B. gracilis*) el que presentó el porcentaje más altos, lo que se infiere fue debido a la recuperación de la cobertura vegetal, lo que coincide con lo reportado por Milchunas *et al.* (1992) mencionan que los valores de cobertura vegetal de especies son más altos en áreas excluidas al pastoreo; mientras que el pastoreo intenso puede reducirla (Biondini *et al.*, 1998), como en el presente estudio, en el cual las áreas pastoreadas presentaron menor cobertura vegetal debido a que el ganado genera cambios estructurales con el uso moderado, resultados similares a Milchunas y Lauenroth, (1992) reportaron que los grandes herbívoros representan un factor clave en la modificación de la estructura de las comunidades de zacates naturales, modificando su cobertura vegetal.

Valor forrajero. Los datos de cobertura vegetal obtenidos en las parcelas de control y exclusión fueron clasificados en base a las especies que poseen algún valor forrajero; al realizar la clasificación se encontraron especies con valor forrajero bajo (F_1), bueno (F_3) y excelente (F_4), dando como resultado, que las especies más deseables para el ganado con categoría F_3 y F_4 presentaron una disminución, esto se debe a que solo cinco zacates F_3 presentaron una cobertura del 10.4% (Figura 3) seguido de las F_4 , con un valor registrado del 8.3% equivalente a cuatro zacates (Figura 2) entendiendo que el aprovechamiento del animal por plantas más nutritivas es escaso. Por otro lado, el número de especies registradas con mayor abundancia dentro de las parcelas fueron las F_1 (35.7%, 10 especies), cubriendo gran parte de la parcela, por lo cual, el ganado domestico consume plantas de bajo nivel nutricional con poca más abundancia en las parcelas de control que las de exclusión provocado por el pastoreo mal planificado. Lo cual, indica que las especies más preferidas por el animal (F_4 y F_3) se presentaron de manera limitada cuando hay un pastoreo no gestionado y un subpastoreo como en las áreas de exclusión, obteniendo especies menos preferidas (F_1) las cuales, fueron las que obtuvieron más abundancia en las parcelas. Por lo tanto, el aprovechamiento por animales domésticos es potencialmente escaso, ocasionando que los animales no puedan satisfacer sus requerimientos productivos y reproductivos. El resto de las especies de zacates no presentaron algún valor nutritivo de interés.

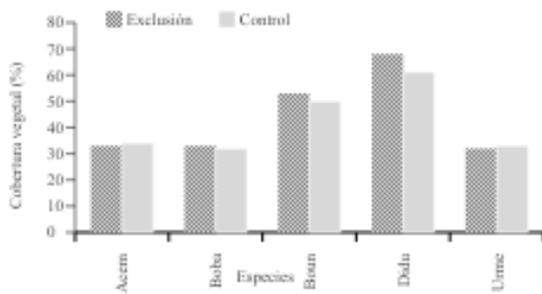


Figura 3. Cobertura vegetal clasificadas de acuerdo a su valor forrajero bueno (F₃).
Acem= *Achnatherum eminens*, Boba= *Bothriochloa barbinodis*, Boun= *Bouteloua uniflora*, Didu= *Disakisperma dubium*, Urme= *Urochloa meziana*.

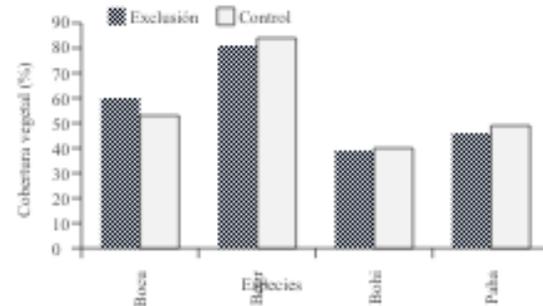


Figura 2. Cobertura vegetal clasificadas de acuerdo a su valor forrajero Excelente (F₁).
Bocu= *Bouteloua curtipendula*, Bogr= *Bouteloua gracilis*, Bohi= *Bouteloua hirsuta*, Paha= *Panicum hallii*.

Gran parte de estos cambios en la estructura y composición vegetal modifican a los zacatales, ya que poseen alta riqueza de especies en las regiones montañosas y en las zonas áridas y semiáridas de México y de acuerdo con Herrera-Arrieta *et al.* (2004) se han utilizado para el pastoreo intensivo de ganado bovino por su alto valor nutricional y preferencia del animal, lo que ha ocasionado una disminución en la riqueza del zacatal; en este estudio, las especies de valor forrajero pobre fueron las que más dominaron con el 35.7% de cobertura, lo que es una tendencia soportada por varios estudios (Hickman y Hartnett 2002), a razón de que el pastoreo selectivo impide el desarrollo de especies forrajeras, eliminando aquellas especies con buena calidad forrajera y favoreciendo la expansión de otras (Richardson *et al.*, 2000) propiciando y aumentando la invasión de plantas indeseables, como arbustos espinosos y resistentes al pastoreo y hierbas anuales de tipo ruderal que son dispersadas por el ganado. Si continua la presión del sobrepastoreo en el zacatal estudiado, este podría además ser reemplazado en el mediano y largo plazo por arbustos espinosos, de acuerdo Briske y Heitschmidt (1991), el pastoreo por sí sólo y la intensidad del pastoreo, en particular, afectan la productividad y el valor nutritivo del pasto.

CONCLUSIONES

No existe diferencia significativa entre exclusión y control sobre la cobertura vegetal, por lo tanto, el apacentamiento favorece la recuperación del zacatal en términos de cobertura; en condiciones naturales se observan diferencias visuales importantes en la cobertura, que no fueron detectadas en el análisis estadístico debido al uso de rangos para su descripción, por otro lado, esta medida estandarizada (los rangos) permite dar consistencia en la evaluación a largo plazo. Los efectos del apacentamiento no modifican la cobertura de las áreas de exclusión y control, pero si la dinámica de especies desde el punto de composición de especies y valor forrajero, debido a que las especies de valor forrajero pobre (F₁) fueron las que más dominaron la parcela tanto en área de exclusión como de control.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, J.R.; Encina-Domínguez, J.A.; Mellado, M.; García-Martínez, J.E.; Cruz-Anaya, A. 2021. Impacto de 25 años de pastoreo en la estructura forestal de *Pinus cembroides* en el noroeste de México. *Acta Oecologica*. 111, 103743
- Biondini, M. E., B. D. Patton, y P. E. Nyren. 1998. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixedgrass prairie. *Ecological Applications* 8:469–479.
- Bisigato, A.J. 2000. Dinámica de la vegetación en áreas pastoreadas del extremo austral de la Provincia Fitogeográfica del Monte. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias, UBA, 163 p.
- Briske, D. D., y R. K. Heitschmidt. 1991. An ecological perspective. in *Grazing Management: An Ecological Perspective*. R. K. Heitschmidt and J. W. Stuth, ed. Timber Press, Portland, OR. pp, 11–26
- Casado, M.A.; Castro, I.; Ramírez- Sanz, L.; Costatenorio, M.; De Miguel, J.M.; Pineda, F.D. 2004. Riqueza de plantas herbáceas y cobertura vegetal en pastizales y matorrales mediterráneos. *Plant Ecology*. 170,83-91.
- Daubenmire, R.F. 1959. Canopy coverage method of vegetation analysis. *Northwest Science*, 33:43-64.
- Distel, R.A., N.G. Didone y A.S. Moretto. 2000. Variaciones estacionales del contenido de proteína, fibra y lignina en *Stipa clarazii*, *Stipa brachichaeta*, y *Stipa gyneriodes*. *Revista Argentina de producción animal*, 20: 142-143.
- Encina-Domínguez, J.A. 2017. Riqueza florística y comunidades vegetales de la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, México. Tesis doctoral Facultad de ciencias forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 145 p.
- Gobierno de Coahuila. 1998. Programa de manejo de la zona sujeta a conservación ecológica “Sierra de Zapalinamé”. Secretaría de Desarrollo Social, Gobierno del estado de Coahuila. Saltillo, Coah. 179 p.
- Gusha, J.; Mugabe, P.H. 2023. Unpalatable and wiry grasses are the dominant grass species in semi-arid communal rangelands in Zimbabwe. *International Journal of Sustainable Development*, 2,1057-1083.
- Herrera-Arrieta, Y., Peterson, P., Cerda-Lemus, M. 2004. Revisión de *Bouteloua* Lag. (Poaceae). Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Politécnico Nacional, Durango, México. 187 p.
- Hickman, K.R., y Hartnett, D.C. 2002. Effects of grazing intensity on growth, reproduction, and abundance of three palatable forbs in Kansas tallgrass prairie. *Plant Ecology* 159, 23–33.
- INEGI. 1983. Síntesis geográfica de Coahuila. México. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. 163 p.
- Jasic, F.M. y E.R. Fuentes. 1991. Why are native herbs in the Chilean matorral more abundant beneath bushes: microclimate or grazing?. *Journal of Ecology*, 68: 665-669.
- Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Chávez-Ruiz, M. G. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3: 261–285.
- Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K., Chapman, P.L. 1992. Plant competition, abiotic and longterm and short-term effects of large herbivores on demography of opportunistic species in a semiarid grassland. *Oecologia* 92, 520–531.
- Milchunas, D.G., O.E. Sala y W.Q. Lauenroth. 1988. A generalized model of effects of the grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalista*, 132: 87-106
- Richardson, D. M., W. J. Bond, W. R. J. Dean, S. I. Higgins, G. F. Midgley, S. J. Milton, L. W. Powrie, M.C. Rutherford, M. J. Samways and R. E. Schulz. 2000. Invasive alien species and global change: A South African perspective. In Mooney, H. A. and R. J. Hobbs (Eds.) Pages 303-349.
- Tapia, V. A. 1982. Proyecto de evaluación y comportamiento de arbustivas y gramíneas forrajeras de temporal. En: Informe de actividades y proyectos de investigación. N. L.: UANL. Facultad de Agronomía. pp, 41-52.
- Tarhouni, M.; Hmida, W.B.; Neffati, M. 2017. Long term changes in plant life forms as a consequence of grazing exclusion under arid climatic conditions. *Land Degradation*, 28,119-1211.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE PLANTAS DE MEZQUITE: RESERVAS QUÍMICAS Y CAPACIDAD DE REBROTE
NITROGEN FERTILIZATION OF MESQUITE PLANTS: CHEMICAL RESERVES AND RESPROUTING CAPACITY

Erickson Basave Villalobos^{1*}, José Sigala Rodríguez¹, Luis Valenzuela Nuñez², Celi Calixto Valencia³, Edith Ramírez Segura⁴, Homero Sarmiento López¹, José Luis García Pérez⁵

¹INIFAP, C. E. Valle del Guadiana. Durango, Durango, México. C. P. 34170. ²Universidad Juárez del Estado de Durango - UJED. Facultad de Ciencias Biológicas, Gómez Palacio, Durango, México. ³INIFAP, C. E. Iguala. Iguala, Guerrero, México. C. P. 40000. ⁴INIFAP CENID AF, Ojuelos, Jalisco. ⁵INIFAP, C. E. La Campana. Cd. Aldama, Chihuahua, México. C.P. 32910

* Autor para correspondencia: basave.erickson@inifap.gob.mx

RESUMEN

La fertilización nitrogenada promueve atributos funcionales que permiten a las plantas prosperar bajo condiciones de estrés, pero la dosis y la forma en que se suministra este mineral influye en esta respuesta. Se evaluó la formación de reservas químicas y la capacidad de rebrote de plantas de mezquite (*Neltuma laevigata*) bajo diferentes dosis y formas de fertilización nitrogenada en vivero. Se compararon dos niveles y dos formas de N: un suministro regular de 274 mg N por planta y un suministro alto con 90 mg adicionales de N, aportado como N inorgánico (NH₄NO₃) u orgánico (aminoácidos). Se determinó la concentración de proteínas, aminoácidos, almidón y azúcares. También se analizó la capacidad de rebrote tras una defoliación severa evaluando el número de rebrotes, su longitud y biomasa. El suministro alto de N en la forma orgánica incrementó significativamente los aminoácidos en hojas y raíces. Se tuvo un incremento significativo ligeramente mayor de la concentración de proteínas con N inorgánico. Una mayor concentración de almidón en hojas se propició con el suministro regular de N, mientras que en raíces la concentración fue más elevada con aporte alto. La fertilización afectó la longitud del rebrote, siendo mayor en plantas con aporte regular de N. La acumulación de almidón en raíces favoreció la capacidad de rebrote. Estos resultados contribuyen a diseñar estrategias de manejo nutrimental para mejorar los atributos funcionales del mezquite en trabajos de rehabilitación de agostaderos.

Palabras clave: agostaderos, leguminosas, matorral, rehabilitación.

ABSTRACT

Nitrogen fertilization promotes functional attributes that enable plants to thrive under stress conditions, but the dose and the method of supplying this mineral influence this response. The formation of chemical reserves and the regrowth capacity of mesquite plants (*Neltuma laevigata*) were evaluated under different nitrogen doses and forms in a nursery setting. Two levels and two forms of nitrogen were compared: a regular supply of 274 mg N per plant and a high supply with an additional 90 mg of N, using both inorganic (NH₄NO₃) and organic (amino acids) forms. The concentration of proteins, amino acids, starch, and sugars was determined. The regrowth capacity after severe defoliation was also analyzed by evaluating the number of sprouts, their length, and biomass. The high nitrogen supply in the organic form significantly increased amino acids in leaves and roots. There was a slightly higher

increase in protein concentration with inorganic nitrogen. A higher concentration of starch in leaves was achieved with the regular nitrogen supply, while in roots, the concentration was higher with the high supply. Fertilization affected sprout length, with greater length in plants receiving the regular nitrogen supply. The accumulation of starch in roots supported regrowth capacity. These results contribute to designing nutritional management strategies to improve the functional attributes of mesquite in rangeland rehabilitation efforts.

Key words: grazing land, legumes, scrubland, rehabilitation.

INTRODUCCIÓN

En México el mezquite (*Neltuma laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose, *sin. Prosopis laevigata*) se reconoce como uno de los principales elementos arbóreos o arbustivos de los matorrales. Esta especie tiene una importancia ecológica, cultural y socioeconómica alta en las regiones áridas y semiáridas donde se distribuye de manera natural (González-Elizondo *et al.*, 2006). Por ejemplo, en la ganadería es valorado por ser una leguminosa forrajera, importante en la dieta de cabras y bovinos durante el estiaje ya que sus vainas son una fuente rica en proteínas lo que lo convierte en un alimento de alta calidad nutricional, además esta especie contribuye a mantener la fertilidad del suelo. No obstante, el mezquite también enfrenta la disminución y pérdida acelerada de sus poblaciones naturales, de manera que son necesarias acciones para recuperar o mantener su cobertura, especialmente en los agostaderos que presentan problemas de deterioro o degradación por sobrepastoreo o erosión (Jurado-Guerra *et al.*, 2021).

Las reforestaciones, por ejemplo, pueden ayudar en la rehabilitación o recuperación de los agostaderos, pero es primordial garantizar que las plantas sobrevivan, ya que a menudo se tienen dificultades en este sentido. Es necesario entonces que se produzca en vivero planta que logre prosperar en campo. Esto depende en gran medida de un adecuado manejo, en donde prácticas como la fertilización son decisivas para producir planta de alta calidad. La fertilización nitrogenada se reconoce ampliamente como una práctica cultural indispensable en la producción de especies forestales (Acevedo *et al.*, 2020). En lo general, la fertilización es crucial para promover atributos funcionales en plantas que les permiten prosperar en campo, especialmente bajo condiciones de estrés, ya sea aumentado su capacidad de aclimatación o tolerancia a factores de estrés biótico o abiótico (Rocha *et al.*, 2019).

Los compuestos químicos de reserva, como los aminoácidos, proteínas y carbohidratos no estructurales, están involucrados en el crecimiento, defensa o capacidad de recuperación de las plantas (Villar *et al.*, 2008). No obstante, la formación y síntesis de estos compuestos dependen estrechamente de la adecuada asimilación de N, que a su vez está regulada por factores externos como la disponibilidad y abundancia de este elemento en la solución del suelo, así como de la forma química (inorgánica u orgánica) en que se presenta (Barker y Pilbeam, 2015). Por tal motivo, en este estudio se evalúa la formación de reservas químicas y la capacidad de rebrote de plantas de mezquite a diferentes dosis y formas de fertilización nitrogenada en vivero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo de fertilización en donde la cantidad y forma de nitrógeno fueron los factores de estudio. La cantidad de nitrógeno se examinó en dos niveles: 1) suministro regular

(control). En este tratamiento las plantas recibieron 274 mg N con un fertilizante de liberación controlada, y, 2) suministro alto, en el que se aportó un extra de 90 mg de N planta⁻¹; es decir 274 + 90 mg N). En cuanto a la forma de N, se comparó una forma inorgánica vs. una orgánica, lo cual se hizo en las plantas que recibieron el suministro extra de nitrógeno. En la inorgánica, unas plantas recibieron los 90 mg de N mediante una combinación de nitratos y amonio (NH₄:NO₃), y en la orgánica dicha dosis se aplicó como aminoácidos (AA). En total se emplearon 180 plantas para el experimento. Cada tratamiento comprendió tres repeticiones de 20 plantas distribuidas en un arreglo completamente al azar.

Al final del ensayo se realizó un muestreo destructivo para determinar los compuestos químicos en laboratorio. Se cuantificó la concentración de proteínas totales solubles, aminoácidos, almidón y azúcares totales solubles. Esto se analizó en hojas, tallo y raíz. Adicionalmente, se estableció un ensayo para analizar la capacidad de rebrote de las plantas tras experimentar defoliación severa y evaluar indirectamente el comportamiento de las plantas en función de las reservas generadas por los tratamientos de fertilización. Se contabilizó el número de rebrotes generados por planta y de estos se seleccionó el dominante para medir semanalmente su crecimiento en longitud (cm) y, al final de la prueba, se determinó la biomasa total y promedio por rebrote. El efecto del aporte de N, en las dos formas químicas, sobre las reservas se evaluó mediante un análisis de varianza (ANOVA). En donde el efecto fue significativo, se realizó una prueba *post-hoc* de Dunnet ($\alpha=0.05$). El efecto del aporte de N en el número de rebrotes se determinó con un ANOVA no paramétrico mediante la prueba Kruskal-Wallis, mientras que el efecto sobre la longitud del rebrote principal se evaluó a través de un ANOVA de medidas repetidas. También se realizó un análisis de correlación de Pearson de las reservas con las variables de rebrote. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aporte extra de N con aminoácidos incrementó significativamente la concentración de aminoácidos en hojas ($p=0.0014$). Se tuvo una diferencia de 174% en comparación con las plantas del control, y de 115% comparado con las del aporte extra de N en forma inorgánica. En raíz, los aminoácidos casi duplicaron su concentración ($p=0.0026$, Figura 1A). Aunque marginalmente, las proteínas difirieron en su concentración en las hojas y tallo ($p=0.0292$), siendo, para el caso de las hojas, las plantas del control y del tratamiento con aporte de N inorgánico las que tuvieron más proteínas. En el tallo, la suplementación de N en forma inorgánica también estimuló la formación de proteínas con una diferencia de 19% (Figura 1B). Las proteínas son uno de los complejos químicos nitrogenados de mayor coste energético, así que su síntesis implica para las plantas una inversión elevada de N. La presencia de proteínas en hojas está asociada con caracteres de crecimiento por ser este órgano la principal fuente de fotosintatos (Villar *et al.*, 2008).

La fertilización regular (control) aumentó significativamente la concentración de almidón en hojas ($p=0.0038$) con un valor 50% y 113% superior comparado con las plantas que recibieron N extra inorgánico y orgánico, respectivamente (Figura 1D). En raíz, las concentraciones más altas se reportaron en las plantas de los tratamientos en las que se suplementaron los 90 mg más de N. Estas tuvieron entre 17 y 28% más almidón que las

plantas control ($p=0.0163$, Figura 1D). Finalmente, en azúcares solubles no hubo diferencias estadísticas (Figura 1C).

El número de rebrotes y su biomasa no difirió entre tratamientos, en cambio los tratamientos de fertilización si afectaron el crecimiento en longitud del rebrote mostrando una interacción significativa entre los días después de la poda (DDP) \times Tratamiento ($F=3.62$, $p=0.028$). En general, las plantas del control tuvieron mayor longitud de rebrote, seguidas de las que recibieron el aporte extra de N inorgánico y finalmente aquellas que recibieron los aminoácidos. Sin embargo, las diferencias fueron significativas sólo entre las plantas control y con aminoácidos, pero hasta el día 43 después de la poda (Figura 1E).

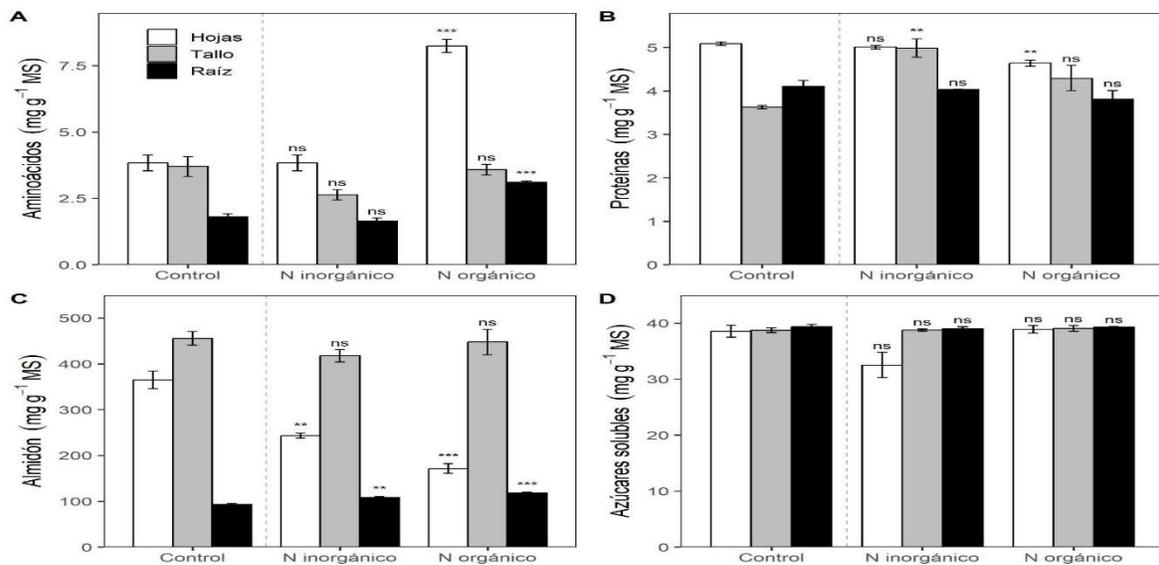


Figura 1. Concentración de aminoácidos (A), proteínas (B), almidón (C) y azúcares solubles totales (D) en hojas, tallo y raíz, y (E) longitud del rebrote dominante después de plantas de *Neltuma laevigata* fertilizadas con N en vivero.

El análisis de correlación mostró una correlación negativa entre la biomasa de rebrote y la biomasa aérea en la condición previa a la poda ($r=-0.84$, $p=0.004$; Figura 2A), mientras que esa misma variable estuvo correlacionada positivamente con la relación raíz:tallo ($r=0.75$, $p=0.020$; Figura 2B). Por otra parte, el número de rebrotes se correlacionó negativamente con la concentración de almidón en tejido aéreo ($r=-0.84$, $p=0.005$; Figura 2C), pero positivamente con la concentración de almidón en raíces ($r=-0.67$, $p=0.047$; Figura 2D). Clarke *et al.* (2013) señalan que los patrones de asignación de biomasa dirigen los recursos disponibles para las plantas para rebrotar después de un disturbio, siendo la raíz una fuente potencial de estos recursos según las reservas almacenadas.

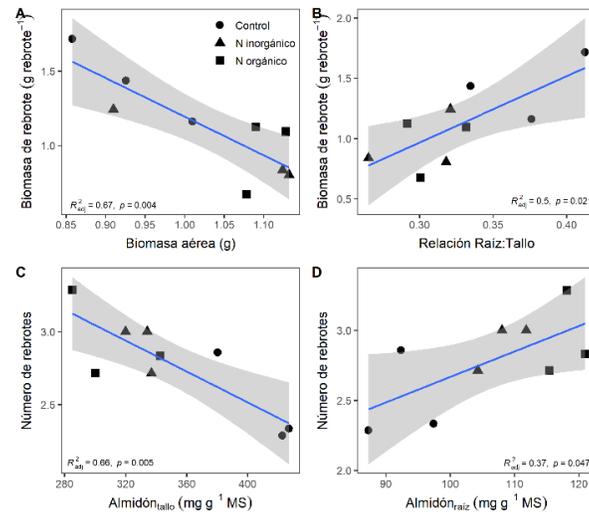


Figura 2. Relación de la biomasa de rebrotes con la biomasa aérea (A), relación raíz:tallo (B), y número de rebrotes con la concentración de almidón en la parte aérea (C) y raíz (D) de plantas de *Neltuma laevigata* fertilizadas con N.

CONCLUSIONES

La fertilización suplementando aminoácidos aumenta la concentración de estos en hojas y raíces. El aporte de N inorgánico en niveles altos favorece la acumulación de proteínas en tallos responde, mientras que niveles altos con aminoácidos favorece la acumulación de proteínas en hojas. Altos niveles de nitrógeno elevan la concentración de almidón en las raíces. Las aplicaciones de N probados no mostraron ventajas en la capacidad de rebrote. No obstante, el rebrote depende de las proporciones iniciales de raíces y las reservas de almidón en estas, subrayando el rol crítico de las reservas en el incremento de biomasa y recuperación post-poda. Estos hallazgos pueden guiar estrategias de manejo nutricional para mejorar la calidad de plántulas de mezquite en viveros.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, M.; R. Rubilar; R.K. Dumroese. 2021. Nitrogen loading of *Eucalyptus globulus* seedlings: nutritional dynamics and influence on morphology and root growth potential. *New Forests* 52:31-46.
- Barker, A. V.; D. J. Pilbeam. 2015. Handbook of plant nutrition. (A. V. Barker; D. J. Pilbeam, Eds.) (Second edition). Boca Raton FL: CRC Press/Taylor & Francis Group.
- Clarke, P.J.; M.J. Lawes; J.J. Midgley; B.B. Lamont; F. Ojeda; G.E. Burrows; N.J. Enright; K.J.E. Knox 2013. Resprouting as a key functional trait: how buds, protection and resources drive persistence after fire. *New Phytol.* 197: 19-35.
- González-Elizondo, M. S.; M. González-Elizondo, M.A. Márquez-Linares. 2006. Vegetación y ecorregiones de Durango. CIIDIR Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional. Durango, México. 165 p.
- 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.
- Rocha, J.S.; A.K. Calzavara; E. Bianchini. 2019. Nitrogen supplementation improves the high-light acclimation of *Guazuma ulmifolia* Lam. seedlings. *Trees* 33: 421-431.
- Villar, R.; J. Ruiz-Robledo; J.L. Quero; H. Poorter; F. Valladares; T. Marañón. 2008. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En: Valladares, F. 2008. *Ecología*



XIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales SOMMAP 2024



del bosque mediterráneo en un mundo cambiante (Segunda edición). 193-230 pp. Ministerio de Medio Ambiente. EGRAF, S. A., Madrid.

EFFECTOS DEL RODILLO AIREADOR EN LA BIODIVERSIDAD Y RIQUEZA DE UN MATORRAL ESPINOSO EN CANDELA, COAHUILA
ROLLING-CHOPPER EFFECTS IN THE BIODIVERSITY AND RICHNESS OF A THORNY SCRUBLAND AT CANDELA, COAHUILA

J. Javier Ochoa Espinoza^{1*}, Eloy Alejandro Lozano Cavazos¹, José Antonio Hernández Herrera¹ y Antonio Sosa Islas¹

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Recursos Naturales Renovables. Calzada Antonio Narro Núm. 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, Méx. C.P. 25315

*Autor por correspondencia: jjchoae@gmail.com

RESUMEN

La manipulación mecánica de arbustivas es una opción efectiva para el mejoramiento de áreas de pastoreo y el hábitat para la fauna silvestre y, es además una práctica extendida en los estados del Noreste de México. El objetivo fue evaluar la efectividad de un tratamiento con rodillo aireador y su respuesta en atributos ecológicos como la diversidad, riqueza, equitatividad y densidad de especies arbustivas, así como identificar variables estructurales como la altura de los arbustos que permitan estimar la durabilidad del trabajo de restauración. Los tratamientos fueron diferentes en términos de diversidad ($H' = 1.41$ CRA vs 1.72 SRA; $P < 0.05$) y riqueza ($S = 8.08$ CRA vs 9.72 SRA; $P < 0.05$). El rodillo aireador fue más efectivo suprimiendo a la gobernadora que al Hojasen al cual pareciera estimularlo. Es importante tomar en cuenta el estado fenológico de las plantas objetivos para evitar su dispersión en lugar de su supresión o control. El tratamiento CRA resultó efectivo para el control de Gobernadora y de acuerdo con nuestros resultados se proyecta una durabilidad máxima de cuatro años en esta acción de restauración, al tomar como referencia la altura promedio de los arbustos que se buscaban remover.

Palabras clave: biodiversidad, manejo de arbustivas, rodillo aireador.

ABSTRACT

Mechanical manipulation of shrubs is an effective method for improving rangelands and wildlife habitats; moreover, it is a common practice in the northeastern states of Mexico. The aim of this study was to assess the effectiveness of rolling-chopper treatment and evaluate its impact on the ecological attributes of diversity, richness, evenness, and density in shrub species. Additionally, we sought to identify structural variables, such as shrub height, that could help estimate the durability of the restoration work. The treatments differed significantly in terms of diversity ($H' = 1.41$ for CRA vs. 1.72 for SRA; $P < 0.05$) and richness ($S = 8.08$ for CRA vs. 9.72 for SRA; $P < 0.05$). The rolling-chopper was more effective in reducing Creosote bush compared to Tarbush, which seemed to be positively stimulated instead. It is important to consider the phenology of the target plants to avoid the dispersion of propagules rather than suppression or control. The CRA treatment was effective for controlling Creosote bush; according to our results, the projected maximum durability of this restoration action is four years, based on the average height of target shrubs as a reference.

Keywords: biodiversity, rolling-chopper, shrub management.

INTRODUCCIÓN

El manejo integrado de arbustivas enumera técnicas de control que incluyen a las mecánicas, el uso del fuego, el pastoreo y el uso de herbicidas como algunas de las principales (Scifres, 1987; Wiedeman, 2007), este tipo de herramienta de manejo puede aplicarse dependiendo del objetivo que se tenga en la unidad productiva. Dentro de las prácticas mecánicas hay unas que impactan mayormente al suelo que otras, como es el caso del rodillo aireador y otras que están más dirigidas al derribo de vegetación considerada de bajo valor productivo como es el caso del Hojasen (*Flourensia cernua*) y la Gobernadora (*Larrea tridentata*), modificando su estructura mediante el modelado de arbustivas (brush sculpting; Castillo-García *et al.*, 2024; Wiedeman, 2007) y también su composición, diversidad y riqueza. Al respecto de las modificaciones en las comunidades de arbustivas, también el comportamiento y diversidad de la fauna silvestre se puede ver afectado y la selección de recursos alimenticios lo mismo para fauna silvestre, como para animales domésticos, por lo que resulta importante conocer en qué medida las especies que sirven como alimento y como cobertura o resguardo se pueden ver influenciadas por prácticas mecánicas, cuando la necesidad primaria del productor normalmente es aumentar espacio para pastoreo, o modificar el mosaico espacial del hábitat para fauna silvestre (Adema *et al.* 2004; Wilcox y Giuliano, 2010). En cualquier escenario, estos cambios nunca serán permanentes. El objetivo fue evaluar los cambios en la biodiversidad y la riqueza de especies arbustivas del matorral espinoso sujetas a control con rodillo aireador. Este tipo de prácticas mecánicas, si bien han sido ampliamente utilizadas en el Noreste de México, no han tenido un seguimiento estricto en cuanto a la documentación de la durabilidad de las obras y sirve también como un precedente para estimar el efecto del cambio de uso de suelo en otros contextos de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho La Ciénega, ubicado en el municipio de Candela, Coahuila, cercano a los límites con Lampazos, Nuevo León, el tipo de vegetación dominante es el matorral espinoso Tamaulipeco, en combinación con elementos del matorral desértico Chihuahuense, ya que la ubicación de rancho constituye una zona de transición entre los dos biomas mencionados. La vegetación dominante pertenece a las familias Boraginaceae, Celastraceae y Fabaceae (Molina-Guerra *et al.* 2019), siendo los arbustos espinosos de los géneros *Vachellia*, *Neltuma*, *Parkinsonia* y *Mimosa* algunos de los más característicos de la región. La altitud promedio del rancho es de 335 m.s.n.m; la temperatura media anual está en el rango de 13.1°C (diciembre) y 30.9° C (julio), el régimen de lluvias es hacia el otoño, siendo septiembre el mes más lluvioso con el 19.5% de la precipitación (83.7 mm) y el registro promedio anual es de alrededor de 428.9 mm (SMN, 2024).

Se compararon áreas que fueron tratadas con rodillo aireador (CRA) en 2021 (dos años desde el tratamiento; Figura 1) contra áreas no tratadas (SRA), el terreno es mayormente plano por lo que no existieron obstáculos físicos que limitaran el acceso de la maquinaria, además se aplicó un diseño espacial donde se conservaron áreas de ecotono para el resguardo de la fauna y en las áreas tratadas el derribo de vegetación fue total. La evaluación se llevó a cabo en verano de 2023, se evaluó la diversidad y riqueza del estrato arbustivo en nueve sitios dentro de cada tratamiento. Para tal efecto, en cada sitio de muestreo se establecieron transectos en

banda de 200 metros cuadrados (50 x 4 m), donde se cuantificaron todas las especies vegetales, con énfasis en el estrato arbustivo. El valor de biodiversidad se estimó mediante el índice de Shannon Wiener (H'), riqueza de especies (S), índice de similitud de Bray-Curtis, y se usó el programa Past 4.17 para Windows; estadísticamente se compararon los valores promedio con una prueba de T-student.



Figura 1. Rodillo aireador en operación en rancho La Ciénega, Candela, Coahuila

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La riqueza de arbustos registrada fue de 27 taxa, con 22 en CRA y 24 en SRA, donde además se encontraron: *Agave lechuguilla*, *Eysenhardtia texana*, *Opuntia engelmannii* y *Vachellia rigidula* que no fueron registradas en el área tratada. De los principales atributos ecológico evaluados, sólo hubo diferencia ($P < 0.05$) en el índice de biodiversidad y en la riqueza de especies (Cuadro 1), no así en el valor de equitatividad o uniformidad, que en ambos escenarios fue medio, lo que indica que no hay especies que dominen claramente sobre otras.

Cuadro 1. Atributos ecológicos expresados por sitio con y sin la aplicación de rodillo aireador

Atributo	CRA		SRA	
	PROM	D.S.	PROM	D.S.
Shannon (H')	1.41 ^a	0.41	1.72 ^b	0.41

Riqueza (S)	8.08 ^a	2.31	9.72 ^b	2.10
Equitatividad (J)	0.68 ^a	0.14	0.75 ^a	0.13
Densidad	56.75 ^a	18.48	72.83 ^a	33.17

Literales iguales, expresan que no hay diferencia significativa ($P > 0.05$)

El escenario SRA, fue el que tuvo una mayor densidad de especies de arbustos por sitios de muestreo, aunque si bien la riqueza de especies se mantuvo, la densidad relativa del Hojasen (Flce) y de la Gobernadora (Latr) concentró cerca del 48% del total de las especies, en contraste en los sitios CRA esas dos especies concentraron más del 57% (Flce: 53.7% CRA vs 36.6% SRA, $P < 0.05$; Latr: 3.8% CRA vs 11.6% SRA, $P < 0.05$) (Figura 2), lo que denota una mayor densidad de Hojasen en los sitios CRA después de dos años de tratamiento, pero una considerable disminución de Gobernadora en el mismo periodo de tiempo para el tratamiento CRA; por otro lado la altura de Flce fue menor ($P < 0.005$) en los sitios CRA (Prom= 0.43 m) que en SRA (Prom= 0.76 m), siendo similar el caso para Latr (Prom= 0.40 m CRA vs 1.23 m SRA, $P < 0.005$). En términos de distribución, Flce registro 100% de frecuencia en sitios CRA y 56% en SRA, mientras que Latr apreció en el 44% de las oportunidades en CRA, en comparación de 55% en SRA.

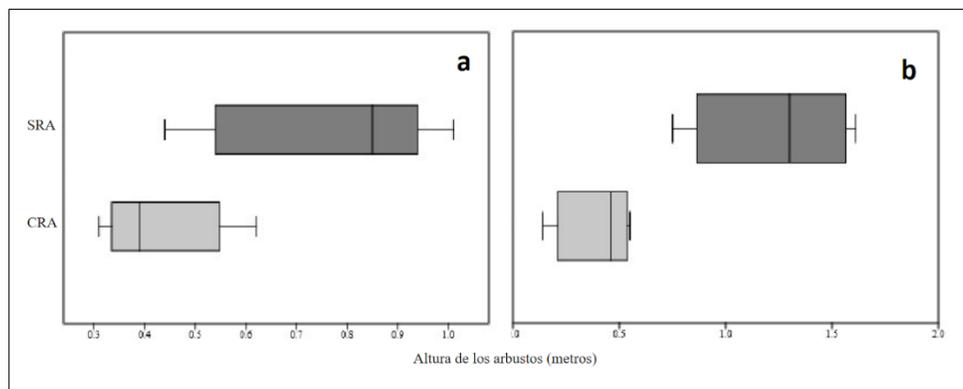


Figura 2. Comparación de la altura promedio del Hojasen (a) y de la Gobernadora (b) después de dos años con y sin tratamiento con rodillo aireador en el rancho La Ciénega, Candela, Coahuila

Los cambios en la biodiversidad han sido estudiados en varios escenarios, contrariamente a lo encontrado en nuestro estudio Schnoor y Olsson (2010) reportaron incrementos en la biodiversidad y riqueza de especies de plantas después de someter el suelo a disturbios mecánicos, en otro estudio con diferentes prácticas agrícolas en las que se incluyeron el fuego y modificación mecánica, no se notaron cambios significativos en la diversidad y riqueza de especies (Mainardis *et al.* 2020).

Al Respecto del resurgimiento o aumento de la especie objetivo posterior a un tratamiento mecánico Castillo-García *et al.* (2024) evaluaron dos métodos mecánicos uno de remoción superficial como el rodillo y otro que arrancaba de raíz su especie objetivo (una Rosaceae), encontraron que el rebrote fue mayor en el primer tratamiento, al igual que lo ocurrido con el Hojasen en este estudio; para el caso de la recuperación de la Gobernadora ante disturbios mecánicos extremos Gibson *et al.* (2004) mencionan que le tiempo promedio de esta especie en retornar a sus métricas (cobertura, altura, densidad) después del disturbio fue de hasta cinco años en condiciones naturales en el Desierto de Mojave.

CONCLUSIONES

Los atributos ecológicos de diversidad y riqueza si fueron diferentes y se expresaron en menor grado en las áreas tratadas, donde, aunque de menor tamaño, se encontró mayor densidad relativa y frecuencia en el Hojasen, no así para la Gobernadora sobre la cual el trabajo de control mecánico tuvo mayor efectividad. La comunidad vegetal al momento de la evaluación fue regularmente uniforme, después de un período de dos años y con las condiciones climáticas de dominancia en la sequía. De acuerdo con nuestros resultados se proyecta una durabilidad máxima de cuatro años en esta acción de restauración, al tomar como referencia la altura promedio de los arbustos que se buscaban remover. Otros efectos, tanto en el uso por la fauna silvestre, el ganado y la estimulación del crecimiento de especies de arbustos de interés para la alimentación animal, deben ser tomados en cuenta para proyectar de manera integral la efectividad del tratamiento aplicado.

LITERATURA CITADA

- Adema, E.O., D.E. Buschiazzo, F.J. Babinec, T.E. Rucci y V.F. Gómez H. 2004. Mechanical control of shrubs in a semiarid region of Argentina and its effects on soil water content and grassland productivity. *Agricultural Water Management*, 68: 185-194
- Castillo-García, M., C.L. Alados, J. Ramos y Y. Pueyo. 2024. Effectiveness of two mechanical shrub removal treatments for restoration sub-alpine grasslands colonized by re-sprouting Woody vegetation. *Journal of Environmental Management*, 349: 119450
- Gibson A.C., M. Rasoul Sharifi y P.W. Rundel. 2004. Resprout characteristics of creosote bush (*Larrea tridentata*) when subjected to repeated vehicle damage, *Journal of Arid Environments*, 57(4): 411-429
- Mainardis, M., F. Boscuti, M.D.M. Rubio Cebolla y G. Pergher. 2020. Comparison between flaming, mowing and tillage weed control in the vineyard: Effects on plant community, diversity and abundance. *PLoS one*, 15(8), e0238396.
- Molina-Guerra V.M., A. Moro-Oliva, E. Alanís-Rodríguez, B. Soto-Mata y A.M. Patiño-Flores. 2019. Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México, 114 p
- SMN (Servicio Meteorológico Nacional). 2024. Climatología; Información Climatológica; Normales Climatológicas por Estado. Consultado en línea: 05/06/2024. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado>
- Scifres, C. 1987. Decision-analysis approach to brush management planning: Ramifications for integrated range resources management. *Journal of Range Management*, 40(6): 482-490
- Schnoor T.K., y P.A. Olsson. 2010. Effects of soil disturbance on plant diversity of calcareous grasslands, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 139 (4): 714-719
- Wiedeman, H.T. 2007. Sculpting brush mechanically: Current state of the art. *Rangelands*, 29(5): 10-17
- Wilcox, E.V. y W.M. Giuliano. 2010. Seasonal effects of prescribed burning and roller chopping on saw palmetto in flatwoods. *Forest Ecology and Management*, 259(8): 1580-1585

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA VEGETAL DEBIDO AL PASTOREO DE TRES GRUPOS RACIALES DE GANADO CHANGES IN PLANT STRUCTURE DUE TO GRAZING BY THREE RACIAL GROUPS OF LIVESTOCK

Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Carlos Raúl Morales Nieto^{2*}, Alfredo Pinedo Alvarez², Raúl Corrales Lerma², Guadalupe Nelson Aguilar Palma².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, C. P. 80398 Culiacán, Sinaloa, México. ²Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico R, Almada km 1. C. P. 31000 Chihuahua, Chihuahua, México.

*Autor por correspondencia: cnieto@uach.mx

RESUMEN

El pastoreo de ganado bovino desempeña un papel crucial en la salud y sostenibilidad del ecosistema pastizal, dado que esta práctica genera impactos significativos en su estructura y funcionalidad del mismo. Por ende, el objetivo de este estudio fue monitorear, durante dos años, el comportamiento de la vegetación afectada por el pastoreo de tres razas de ganado en el rancho experimental Teseachi. El experimento se llevó a cabo en el potrero denominado “Las Lajas”, el cual estaba dividido en seis sub-potreros con dimensiones variables según la topografía. En cada sub-potrero se instaló una exclusión de 60m² distribuidas en la parte baja, media y alta. Además, se utilizaron tres grupos raciales de ganado: criollo, cruzado (angus*criollo) y especializado (hereford*angus). Cada año, se registró la producción de materia seca, el porcentaje de cobertura vegetal, mantillo y suelo desnudo tanto dentro como fuera de la exclusión. El pastoreo de ganado cruzado redujo la producción de materia seca en un 65.23%, pero incremento un 32% el porcentaje de mantillo en el estrato bajo y un 6.7% la cobertura vegetal en la parte media. Al comparar el pastoreo de los tres grupos raciales, el ganado cruzado presentó un porcentaje mayor de cobertura vegetal, con un 5.07 y 7.95% más que el ganado especializado y criollo, respectivamente. Esto sugiere que el ganado cruzado podría ofrecer beneficios en términos de conservación de suelo, debido a su capacidad para fomentar la cobertura vegetal.

Palabras clave. Cobertura vegetal, ganado criollo, mantillo, suelo desnudo.

ABSTRACT

Cattle grazing plays a crucial role in the health and sustainability of the grassland ecosystem, since this practice generates significant impacts on its structure and functionality. Therefore, the objective of this study was to monitor, for two years, the behavior of the vegetation affected by the grazing of three breeds of cattle on the Teseachi experimental ranch. The experiment was carried out in the pasture called “Las Lajas”, divided into six sub-pastures with different dimensions according to their topography. In each sub-pasture, an exclusion of 60 m² was installed distributed in the lower, middle and upper part. In addition, three racial groups of cattle were used: criollo, crossbred (angus*criollo) and specialized (hereford*angus). Each year, the production of dry matter, the percentage of vegetation cover, mulch and bare soil were recorded both inside and outside the exclusion. Grazing of crossbred cattle reduced dry

matter production by 65.23% but increased the percentage of litter in the lower stratum by 32% and the vegetation cover in the middle part by 6.7%. When comparing the grazing of the three racial groups, crossbred cattle presented a higher percentage of vegetation cover, with 5.07 and 7.95% more than specialized and criollo cattle, respectively. This suggests that cross-breeding could offer benefits in terms of soil conservation, due to its ability to promote vegetation cover.

Keywords. Vegetation cover, native livestock, mulch, bare soil.

INTRODUCCIÓN

En los pastizales naturales se concentra una importante biodiversidad de especies vegetales, lo cual hace de vital importancia la conservación de estos ecosistemas para la sustentabilidad ganadera y ecológica. El ecosistema pastizal abarca entre 30 y 40% de la superficie terrestre, y aproximadamente el 90% de esta superficie se destina al pastoreo (Asner *et al.*, 2004; Yan *et al.*, 2015). El pastoreo de ganado bovino es el principal agente de cambio en la estructura del bioma pastizal (Steinfeld, 2006; Evans *et al.*, 2015). El sobrepastoreo se considera la causa principal de perturbación, lo que ocasiona una disminución en la productividad de materia seca, pérdida de la biodiversidad de especies nativas, invasión de especies exóticas, así como alteraciones en los procesos hidrológicos y ecológicos, como el flujo de nutrientes en el suelo (Eldridge *et al.*, 2016).

Numerosos estudios han analizado el efecto del pastoreo de ganado sobre la estructura y diversidad de la vegetación. Por ejemplo, Eldridge *et al.* (2016) reportaron que el pastoreo de ganado redujo un 35% la estructura de la vegetación, 10% la composición de especies vegetales y 40% la biomasa vegetal en pastizales. Sin embargo, Fedrigno *et al.* (2018) mencionaron que, con un manejo adecuado del pastoreo y la selección correcta de la raza de ganado la estructura y el número de especies aumenta significativamente, creando una mayor cobertura vegetal. Debido a las condiciones actuales de los pastizales, el manejo adecuado del pastoreo, junto con la selección de la raza de ganado, podrían ser un punto clave para conservar la estructura de la vegetación. Por lo tanto, el objetivo fue monitorear durante dos años el comportamiento de la vegetación provocado por el pastoreo de tres razas de ganado en el rancho experimental Teseachi.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el potrero “Las Lajas”, del rancho experimental Teseachi ubicado en el municipio de Namiquipa, Chihuahua (Coordenadas). El rancho cuenta con una superficie de 12,500 ha, una altitud de 2,083 m, temperatura y precipitación promedios anuales de 13 °C y 580 mm, respectivamente (INEGI, 2015). Las especies de gramíneas presentes en el área de estudio son *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y las especies arbóreas incluyen a *Quercus oblongifolia* y *Quercus arizonica*, *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*.

Se seleccionaron 2,000 ha y se dividieron en seis potreros de diferentes dimensiones y dos bloques de acuerdo a la topografía del terreno (Cuadro 1). 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

Cuadro 1. Número de hectáreas correspondientes y raza asignada a cada sub-potrero del potrero “Las Lajas” del rancho experimental Teseachi.

Bloque	Potrero	Raza	Hectáreas	Porcentaje
1	1	Cruza	311.23	16.06
	2	Criollo	263.07	13.57
	3	Especializado	296.14	15.28
2	4	Criollo	399.69	20.62
	5	Especializado	342.55	17.68
	6	Cruza	325.27	16.78
Total			1937.96	100

Con el propósito de estudiar los cambios en la vegetación inducidos por el pastoreo de los tres grupos raciales, se analizó la composición florística y la diversidad de especies de plantas. Anualmente, se llevaron a cabo muestreos, dentro y fuera de las exclusiones, utilizando el método del cuadrante de 1 m², donde se resgistró la producción de materia seca (MS), el porcentaje de cobertura vegetal (CV), suelo desnudo (SD) y mantillo (MA). Para el análisis estadístico, se empleó un diseño experimental completamente al azar con tres tratamientos (razas de ganado). La variación entre los tratamientos fue evaluada mediante un análisis de varianza (ANOVA), mientras que para identificar diferencias significativas entre variables se aplicó la prueba de Tukey. Todos los análisis se realizaron utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2006), con un nivel de significancia establecido en 0.05 ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de dos años de pastoreo, aún no se han observado efectos consistentes y significativos. En los potreros dos y tres del bloque uno donde pastorea el ganado criollo y especializado, respectivamente, no se observaron diferencia ($P > 0.05$) entre el pastoreo de estas razas y la exclusión (sin pastoreo). Sin embargo, solamente se registraron diferencias ($P < 0.05$) en las variables de MS ($P < 0.0005$), CV ($P < 0.0001$) y MA ($P < 0.0491$) en el bloque y potrero uno, donde pastorea el ganado cruzado. Respecto a la MS, se encontró diferencia ($P < 0.0530$) en el estrato bajo, donde el pastoreo del ganado cruzado redujo la producción de MS en un 65.23% en comparación con la exclusión (Figura 1). Por otro lado, el porcentaje de CV presentó diferencia ($P < 0.050$) en el estrato medio, donde se observa un aumento del 6.7% en las Zonas pastoreadas por el ganado cruzado (Figura 2). En las partes bajas donde existe una mayor diversidad de especies vegetales palatables (*Bouteloua gracilis*, *B. curtipendula*, *Piptochaetium fimbriatum*, *Muhlenbergia phleoides*, *Elionurus barbiculmis*, entre otras) para el ganado bovino, y la corta distancia con el agua podría explicar la reducción en la producción de MS. Por otra parte, las áreas con mayor altitud y pendientes más pronunciadas pueden tener un mayor tiempo de recuperación, ya que la presión del

pastoreo por parte del ganado cruzado es menor, favoreciendo el incremento de la CV. De igual manera, el porcentaje de MA mostró diferencia ($P < 0.045$) en el estrato bajo del potrero uno donde pastorea el ganado cruzado, obteniendo un aumento del 32% de MA en dicho estrato.

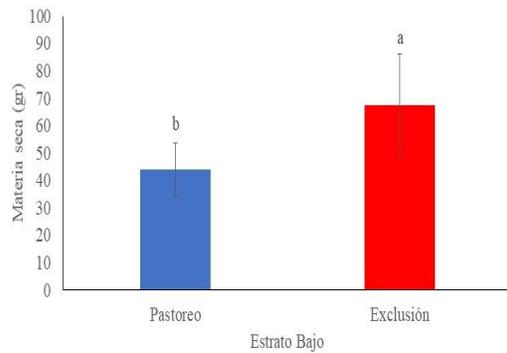


Figura 1. Medias \pm error estándar de la producción de materia seca entre el pastoreo de ganado cruzado del potrero uno y la exclusión.

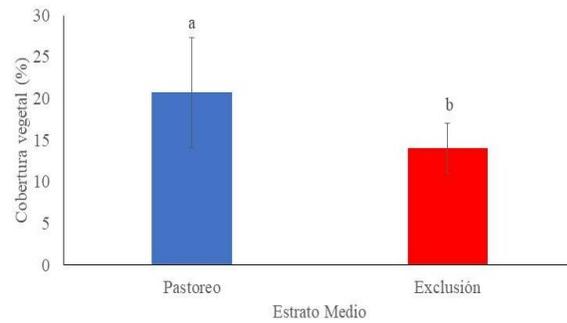


Figura 2. Medias \pm error estándar en el porcentaje de cobertura vegetal entre el pastoreo del ganado cruzado del potrero uno y la exclusión.

Por otro lado, se observaron diferencias ($P < 0.05$) en el estrato bajo del potrero cinco del bloque dos donde pastoreo el ganado especializado para las variables porcentaje de MA ($P < 0.052$) y SD ($P < 0.058$). El pastoreo del ganado especializado aumento un 47.5% el MA (Figura 3) y disminuyo en un 45.62% el SD (Figura 4) en comparación con la exclusión donde no existió pastoreo de ganado. El mantillo u hojarasca es un recubrimiento formado por material vegetativo (hojas, ramas, flores y frutos) que actúa como una capa protectora ayudando a retener la humedad en el suelo, regula la temperatura del suelo y protege a la superficie del suelo contra la erosión eólica e hídrica (Facelli *et al.*, 1999; de Pas *et al.*, 2013).

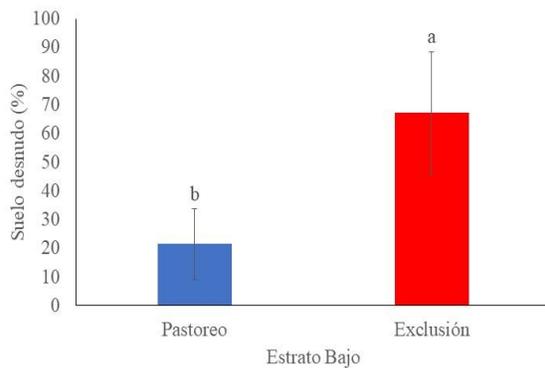


Figura 3. Medias \pm error estándar del porcentaje de mantillo entre el pastoreo del ganado especializado del potrero cinco y exclusión.

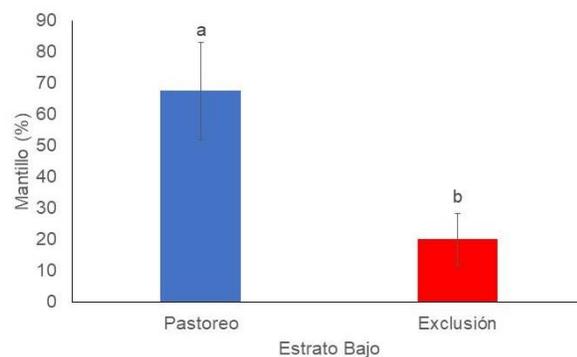


Figura 4. Medias \pm error estándar del porcentaje de suelo desnudo entre el pastoreo del ganado especializado del potrero cinco y la exclusión.

CONCLUSIONES

En el estudio comparativo entre los tres grupos raciales, se observó que el ganado cruzado (angus*criollo) exhibió una reducción en la producción de materia seca en el estrato bajo en comparación con el ganado especializado y criollo. Sin embargo, mostró un mayor porcentaje de cobertura vegetal y mantillo. Esto sugiere que el ganado cruzado podría ofrecer beneficios en términos de conservación del suelo debido a su capacidad para fomentar una cobertura vegetal más densa.

LITERATURA CITADA

- Asner, G. P.; Elmore, A. J.; Olander, L. P.; Martín, R. E.; Harris, A. T. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environmental and Resource* 20: 261-299.
- da Paz, M.; Gobbi, M. E.; Raffaele, E. 2013. Mantillo de las especies leñosas de matorrales del No de la Patagonia: abundancia, composición, estructura y heterogeneidad. *Boletín de la sociedad Argentina de Botánica* 48(3-4): 525-541.
- Eldridge, D.; Poore, A. G.; Ruiz-Colmenero, M.; Letnic, M.; Soliveres, S. 2016. Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing. *Ecological Applications* 26(4): 1273-1283.
- Evans, D. M.; Villar, N.; Littlewood, N. A.; Pakeman, R. J.; Evans S. A.; Dennis, P.; redpath, S. M. 2015. The cascading impacts of livestock grazing in upland ecosystems: a 10-year experiment. *Ecosphere* 6(3): 1-15.
- Facelli, J. M.; Williams, R.; Fricker, S.; Ladd, B. 1999. Establishment and growth of seedlings of *Eucalyptus obliqua*: Interactive effects of litter, water, and pathogens. *Australian Journal of Ecology* 24(5): 484-494.
- Fedrigo, J. K.; Ataide, P. F.; Filho, J. A.; Oliveira, L. A.; Jaurena, M.; Laca, E. A.; Nabinger, C. 2018. Temporary grazing exclusion promotes rapid recovery of species richness and productivity in a long-term overgrazed campos grassland. *Restoration ecology* 26(4): 677-685.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geografico de Chihuahua.
- Statistical Analysis System (SAS). 2006. Statistical Analysis System 9.1.3: User's guide. Cary. Statistical Analysis System (SAS). (2006). *Statistical Analysis System 9.1.3: User's guide*. Cary. https://support.sas.com/documentation/onlinedoc/91pdf/sasdoc_91/stat_ug_7313.pdf
- Steinfeld, H. 2006. Livestock's long shadow: environmental issues and option. 1ª Ed. The livestock, environment and development (LEAD), European Union. pp. 78-125.
- Yan, R.; Xin, X.; Yan, Y.; Wang, X.; Zhang, B.; Yang, G.; Li, L. 2015. Impacts of differing grazing rates on canopy structure and species composition in Huluber meadow steppe. *Rangeland Ecology & Management* 68(1): 54-56.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE LAS FORMACIONES VEGETALES DE PASTIZAL EN EL NORTE DE MÉXICO POTENTIAL DISTRIBUTION OF RANGELAND PLANT FORMATIONS IN NORTHERN MEXICO

Karen Meraz-Molina¹, Alfredo Pinedo-Alvarez¹, Alan Álvarez-Holguin¹, Raúl Corrales-Lerma¹, Carlos Raúl Morales-Nieto¹, Federico Villarreal-Guerrero¹, Jesús Alejandro Prieto-Amparán^{1*}

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua 31453, Chihuahua, Méx.

*Autor por correspondencia: jamparan@uach.mx

RESUMEN

Este estudio modelamos la distribución potencial de presencia de las formaciones vegetales de pastizal natural, pastizal halófilo y pastizal inducido en el estado de Chihuahua, utilizando el algoritmo MaxEnt y variables bioclimáticas. Los datos de la distribución de vegetación provienen del conjunto de datos de uso de suelo y vegetación de INEGI en conjunto de las variables bioclimáticas de WorldClim. El modelado de la distribución se evaluó mediante el área bajo la curva (AUC). Los resultados arrojaron valores de AUC de 0.82 para el pastizal halófilo, 0.72 para el pastizal inducido y 0.73 para el pastizal natural, lo que indica un buen ajuste del modelo. Para el pastizal halófilo, la variable más influyente fue la precipitación del mes más húmedo, para el pastizal inducido, destacó la precipitación del trimestre más cálido, mientras que el pastizal natural este mostró mayor sensibilidad a la precipitación anual. Las áreas con aceptable probabilidad de presencia (0.5-0.8) abarcaron 78.83 km² para el pastizal natural, 47.06 km² para el pastizal halófilo y 51.84 km² para el pastizal inducido. En general, este estudio amplía la aplicabilidad de los conjuntos de datos de uso del suelo y vegetación en relación con la distribución de los pastizales en México, particularmente en el estado de Chihuahua.

Palabras clave: MaxEnt, pastizales, distribución potencial, variables bioclimáticas, Chihuahua.

ABSTRACT

In this study, we modeled the potential distribution of natural grassland, halophytic grassland, and induced grassland formations in the state of Chihuahua, using the MaxEnt algorithm and bioclimatic variables. The vegetation distribution data comes from INEGI's land use and vegetation dataset, combined with the bioclimatic variables from WorldClim. The distribution modeling was evaluated using the area under the curve (AUC). The results showed AUC values of 0.82 for halophytic grassland, 0.72 for induced grassland, and 0.73 for natural grassland, indicating a good model fit. For halophytic grassland, the most influential variable was the precipitation of the wettest month; for induced grassland, the precipitation of the warmest quarter stood out, while natural grassland showed greater sensitivity to annual precipitation. Areas with acceptable probability of presence (0.5-0.8) covered 78.83 km² for natural grassland, 47.06 km² for halophytic grassland, and 51.84 km² for induced grassland. Overall, this study expands the applicability of land use and vegetation datasets regarding grassland distribution in Mexico, particularly in the state of Chihuahua.

Keywords. MaxEnt, grasslands, potential distribution, bioclimatic variables, Chihuahua.

INTRODUCCIÓN

El modelado de nicho ecológico (ENM, por sus siglas en inglés) o el modelado de la distribución potencial de especies (SDM, por sus siglas en inglés), es actualmente una parte importante de la investigación sobre la distribución potencial de especies (Martinson *et al.*, 2011). El ENM como método para evaluar la distribución geográfica de especies vegetales ha sido confirmada por numerosos estudios de diferentes especies de pastos (Alvarez-Hoguin *et al.*, 2024). Para muchas especies, los rangos geográficos predichos correspondieron a la distribución real de las plantas y a sus características ecológicas y biológicas. Además, una de las razones de la popularidad del método ENM en los estudios de distribución de especies es la disponibilidad y accesibilidad de bases de datos globales sobre diversidad biológica y variables ambientales (Lv y Zhou, 2018).

El modelado de nicho ecológico se lleva a cabo, comúnmente mediante los el SDM. El SDM es un método numérico que utiliza registros de especies como variable dependiente y capas geográficas de información ambiental (datos climáticos, del paisaje o del suelo) como variables independientes para predecir las distribuciones potenciales de las especies y sus hábitats en el espacio y el tiempo (Mafuwe *et al.*, 2022).

Una de las principales herramientas para el modelado de la SDM es Maxent, con lo que se generan habitualmente modelos de distribución de especies y a su vez se analizan los factores que determinan su distribución. El modelo de distribución de especies o modelo de nicho ecológico de MaxEnt (Phillips *et al.*, 2004; Phillips y Dudík, 2008) evalúa la distribución basada en la entropía máxima para encontrar la distribución de especies que se acerque más a la realidad.

El objetivo general de este estudio fue modelar la distribución potencial de las formaciones vegetales de pastizales naturales, halófilos e inducidos del estado de Chihuahua, México, con variables bioclimáticas mediante el algoritmo MaxEnt.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estado de Chihuahua está localizado en la República Mexicana, entre las coordenadas geográficas 25°35' y 31° 50' N, y entre 103°15 y 109°10' O. El estado se encuentra limitado al Norte con los Estados Unidos de América (Texas y Nuevo México), al este por el estado de Coahuila, al sur con Durango, al suroeste con Sinaloa y al Oeste con Sonora. El estado es formado por tres ecorregiones, sierra, meseta y el desierto que se producen desde el oeste al este en forma de grandes, estos se traducen en condiciones geográficas que dan al estado su particular formación de los principales tipos de paisaje conocidos, grandes desiertos, montañas, cañones y bosques.



Figura 1. Área de estudio

Se modeló la distribución potencial de las formaciones vegetales de los pastizales naturales, halófilos e inducidos, obteniendo información de su distribución del conjunto de datos de Uso de Suelo y Vegetación Serie 7, de INEGI. Para el modelado, se consideraron 19 variables bioclimáticas como predictoras potenciales de la distribución de los pastizales. Las variables se obtuvieron de WorldClim las cuales son un conjunto de variables climáticas, derivadas de precipitación y temperatura mensual (Fick y Hijmans, 2017; <http://www.worldclim.org/bioclim>).

Para el modelado de la distribución potencial se utilizó el algoritmo MaxEnt. MaxEnt genera la probabilidad de ocurrencias de especies a partir de la distribución de los valores de los predictores. La salida de MaxEnt (salida logística) intenta acercarse lo más posible a la estimación de la probabilidad de presencia de especies (Elith et al., 2006). A partir del modelo MaxEnt, los valores del modelo de salida varían de 0 a 1 (0 para los píxeles con menor probabilidad de presencia de la especie y 1 para los píxeles con mayor probabilidad de presencia) (Phillips y Dudík, 2008). La modelación de la distribución potencial de los pastizales fue acotada al límite del estado de Chihuahua, las variables cuentan con una resolución espacial de ≈ 1 km (30° arc-min).

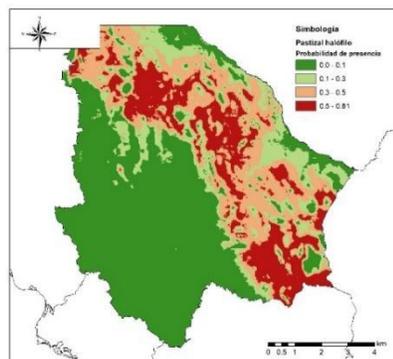
En la parametrización de MaxEnt se aplicaron los ajustes al número de réplicas fijado en 50, el número de iteraciones se fijó en 1000, con un umbral de convergencia del 0.0001, se utilizó un 30% de los datos como validación del modelo de distribución de los pastizales (Phillips y Dudík 2008). El modelo generado se evaluó a través de la curva ROC (Receiver Operating Characteristic, por sus siglas en inglés) mediante el cálculo del área bajo la curva (AUC; por sus siglas en inglés). Los valores de AUC se encuentran entre 0 y 1, donde 0.5 indica que el modelo no tiene el suficiente peso para predecir la distribución de la especie estudiada, 1 indica el mayor valor de la probabilidad de ocurrencia de la especie y los valores por debajo de 0.5 indican un modelo en desacuerdo (Guisan et al., 2007). Finalmente, el umbral de probabilidad para los mapas de salida de probabilidad de las formaciones vegetales se estableció entre 0.5 y 0.8 (50% a 80% de probabilidad de presencia en áreas adecuadas), seleccionando un valor suficientemente alto para identificar hábitats con un alto grado de idoneidad (Pearson et al., 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

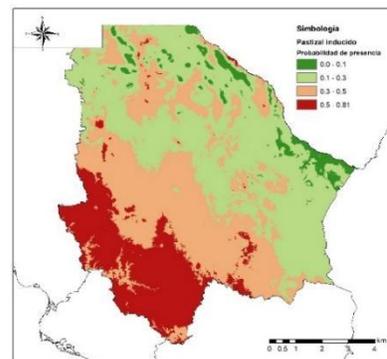
Los modelos de la distribución potencial de las formaciones vegetales de las formaciones vegetales de pastizales naturales, halófilos e inducidos fueron generados con 19 variables bioclimáticas, mostrando valores de AUC de 0.82 para pastizal halófilo, 0.72 para pastizal inducido y 0.73 para pastizal natural (Figura 2).

Para el pastizal halófilo, las variables con mayor contribución fueron la precipitación del mes más húmedo, la temperatura media del trimestre más húmedo, precipitación del trimestre más húmedo y el rango medio diario. Las comunidades vegetales halófilas, adaptadas a suelos con alta salinidad, dependen de periodos específicos de alta precipitación para sobrevivir en un ambiente donde la salinidad limita la disponibilidad de agua para las plantas. La temperatura y la precipitación en los meses más húmedos juegan un papel esencial, ya que durante esos momentos se activan procesos ecológicos vitales, como la germinación de las semillas y el crecimiento. En cuanto al pastizal inducido, las variables con mayor porcentaje de contribución fueron precipitación del trimestre más húmedo, precipitación del trimestre más cálido, precipitación del mes más húmedo y rango medio diario. La precipitación es el factor clave, ya que estas áreas, frecuentemente modificadas por el hombre para actividades ganaderas, dependen de lluvias significativas en momentos específicos del año para mantener la productividad de los pastos introducidos. La precipitación del trimestre más húmedo y del mes más húmedo es esencial para sostener la biomasa de las especies de gramíneas que han sido promovidas en estas zonas. El pastizal natural, en cuanto a sus variables con mayor contribución, fueron la precipitación anual, precipitación del mes más húmedo, precipitación del trimestre más frío y la temperatura media del trimestre más seco. La precipitación anual es crítica, ya que estos ecosistemas dependen de un suministro constante de agua para sustentar su biodiversidad y mantener la cobertura vegetal. La precipitación del mes más húmedo es importante porque muchas especies de gramíneas nativas aprovechan estos periodos para completar su ciclo de vida.

a)



b)



c)

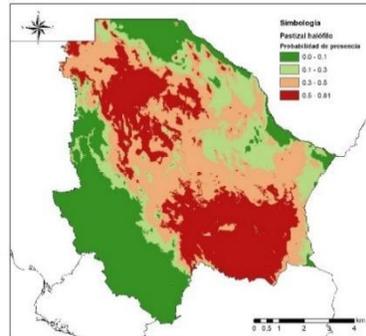


Figura 2. Distribución potencial de las formaciones de vegetación de: a) pastizal halófilo, b) pastizal inducido y c) pastizal natural.

En términos de área, la superficie con una probabilidad de presencia en un umbral aceptable (0.5-0.8) para pastizal natural fue de 78.83 km², para pastizal halófilo fue de 47.06km² y para pastizal inducido fue de 51.84 km². Las áreas con una alta probabilidad de presencia del pastizal halófilo se concentran principalmente en la porción central y noreste. Las áreas en el mapa se distribuyen en parches dispersos, los cuales se encuentran principalmente en zonas semiáridas o áridas, típicas de la región. Las áreas con una probabilidad de 0.5 a 0.81 de presencia de pastizal inducido se concentran principalmente en la zona suroeste y sur, en la región montañosa del estado, lo que muestra el establecimiento de estos pastizales a través de la intervención humana y donde las precipitaciones son suficientes para sostener este tipo de vegetación. Las áreas con una probabilidad de 0.5 a 0.8 de presencia del pastizal natural se distribuyen principalmente en la zona central y sur del estado de Chihuahua. A lo largo de la franja central y partes del sur, se observa una distribución conectada, lo que indica un patrón continuo de hábitat adecuado para el pastizal natural.

CONCLUSIONES

Se mapeo la distribución potencial de tres tipos de formaciones vegetales de pastizales en el estado de Chihuahua: pastizal natural, pastizal halófilo, y pastizal inducido, utilizando el algoritmo MaxEnt. Los resultados mostraron valores de AUC de 0.82, 0.72 y 0.73 para pastizal halófilo, pastizal inducido y para el pastizal natural, respectivamente, lo que indica un buen ajuste de los modelos. Sin embargo, los valores más bajos de AUC (0.72 y 0.73), sugieren que los modelos son menos precisos para predecir la distribución potencial de estos pastizales, indicando que los modelos tienen más incertidumbre en la clasificación entre presencia y ausencia. Las áreas con una alta probabilidad de presencia (0.5-0.8) varían entre los tipos de pastizal, siendo más extensas para el pastizal natural con una distribución cohesionada. Por el contrario, el pastizal halófilo presentó una distribución más dispersa y aislada, mientras que el pastizal inducido se concentró principalmente en la zona montañosa del suroeste del estado, lo que implica una posible transformación del paisaje natural debido a actividades humanas, principalmente la ganadería, resultado de la modificación de otros tipos de vegetación (como bosques o matorrales) para promover el crecimiento de especies de gramíneas introducidas que sirven como forraje. Este estudio proporciona información

relevante para la gestión y conservación de los pastizales en Chihuahua, destacando la importancia de las condiciones climáticas en la distribución y protección de estos ecosistemas.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A.; C. R. Morales-Nieto; R. Corrales-Lerma; J. M. Ochoa-Rivero, O. C; Ponce-García; J. A. Prieto-Amparán; J.H. Humberto-Vega; F. Villarreal-Guerrero. 2024. Grass species with potential for rangelands restoration in northern Mexico: an assessment with environmental niche modeling. *Scientific Reports* 14(1): 6318.
- Elith, J.; C. H. Graham; R. P. Anderson; M. Dudík; S. Ferrier; A. Guisan. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129-151.
- Fick, S. E.; R. J. Hijmans. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37(12): 4302-4315.
- Guisan, A.; C. H. Graham; J. Elith; F. Huettmann; NCEAS Species Distribution Modelling Group. 2007. Sensitivity of predictive species distribution models to change in grain size. *Diversity and Distributions* 13(3): 332-340.
- Lv, X.; G. Zhou. 2018. Climatic suitability of the geographic distribution of *Stipa breviflora* in Chinese temperate grassland under climate change. *Sustainability* 10(10): 3767.
- Mafuwe, K.; S. Broadley; S. Moyo. 2022. Use of maximum entropy (Maxent) niche modelling to predict the occurrence of threatened freshwater species in a biodiversity hotspot of Zimbabwe. *African Journal of Ecology* 60(3): 557-565.
- Martinson, E. J.; Z. B. Eddy; J. L. Commerford; E. Blevins; S. J. Rolfsmeier; K. K. McLauchlan. 2011. Biogeographic distributions of selected North American grassland plant species. *Physical Geography* 32(6): 583-602.
- Pearson, R. G.; T. P. Dawson; C. Liu. 2004. Modelling species distributions in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. *Ecography* 27(3): 285-298.
- Phillips, S. J.; M. Dudík ; R. E. Schapire. 2004. A maximum entropy approach to species distribution modeling. En: *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine Learning*. p. 83.
- Phillips, S. J.; M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175.

**PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE TRES VARIETALES DE (*Cenchrus ciliaris* L.)
EN EL TROPICO SECO**
**BIOMASS PRODUCTION OF THREE VARIETALS OF (*Cenchrus ciliaris* L.) IN
THE DRY TROPICS**

Daniel González González^{1*}, Miguel Ángel Gastelum Delgado², Pablo Carlos Arellano Piña², Norberto Ismael Ángulo Valenzuela³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de Culiacán, Carretera Culiacán-Eldorado km 16.5 Culiacán, Sin. Méx. ²Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, Culiacán, Sin. Méx. ³Departamento de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, ITSON, Antonio Caso S/N y E. Kino, Colonia Villa ITSON. C.P. 85130. Ciudad Obregón, Son. Méx.

*Autor por correspondencia: gonzalez.daniel@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la producción de biomasa de tres variedades de la especie (*Cenchrus ciliaris* L.) en los municipios de Choix, Badiraguato, Mocorito y Culiacán en el estado de Sinaloa, donde se presentan las condiciones climáticas, topográficas de la selva baja caducifolia. Las variedades utilizadas fueron Buffel Común, Buffel Formidable y Buffel Nueces. Se establecieron en una superficie aproximada de 1 ha cada material. Se realizó la preparación de terreno de acuerdo con las prácticas del productor cooperante. La fertilización se realizó antes de la siembra con una dosis de 80-52-00 NPK. La siembra se realizó cuando ya estaba establecido el temporal y se utilizó semilla tipo pluma a razón de 8 kg por material utilizado. Para el control de maleza e insectos se aplicó (aminopyralid + 2,4-D) y Lambda-cihalotrina, respectivamente y una dosis según la recomendada para cada producto. Los muestreos se realizaron utilizando un cuadrante de 50X50 cm y realizando 10 muestreos por material. Para el análisis estadístico se usó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial de 3X3X4 donde los factores fueron año, localidades y variedades utilizadas, Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (2002). Los resultados obtenidos indican que Buffel Formidable produjo más ($P < 0.001$) forraje, entre localidades no se observó diferencia ($P > 0.2426$) en la producción de forraje, en el año 2 y 3 presentaron una mejor producción ($P < 0.05$) en comparación que el año 1. El varietal Buffel Formidable, presentó mejor producción de biomasa con las condiciones climáticas presentadas.

Palabras clave: Forraje, temporal, zacate buffel, variedades

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the biomass production of three varieties of the species (*Cenchrus ciliaris* L.) in the municipalities of Choix, Badiraguato, Mocorito and Culiacán in the state of Sinaloa, where the climatic and topographic conditions of the low deciduous forest are present. The varieties used were Common Buffel, Formidable Buffel and Nueces Buffel. They were established on an area of approximately 1 ha each material. The land preparation was carried out according to the practices of the cooperating producer. Fertilization was carried out before sowing with a dose of 80-52-00 NPK. Sowing was carried out when the rainy season was already established, and feather type seed was used at a rate

of 8 kg-1 per material used. For the control of weeds and insects, (aminopyralid + 2,4-D) and Lambda-cyhalothrin were applied, respectively, and a dose according to that recommended for each product. Sampling was carried out using a 50x50 cm quadrant and performing 10 samples per-material. For the statistical analysis a completely random design was used with a 3X3X4 factorial arrangement where the factors were year, localities and varieties used. The data were analyzed with the statistical package SAS (2002). The results obtained indicate that Buffel Formidable produced more ($P < 0.001$) forage, between localities no difference was observed ($P > 0.2426$) in forage production, in year 2 and 3 they presented a better production ($P < 0.05$) compared to year 1. The Buffel Formidable variety presented better biomass production with the climatic conditions presented.

Keywords: Forage, seasonal, Buffel grass, varieties

INTRODUCCIÓN

En Latinoamérica, la producción de carne y leche en condiciones de pastoreo depende de la disponibilidad de forrajes nativos o introducidos. En este sentido se han introducidos, y se explotan actualmente en los pastizales, materiales de gramíneas seleccionados y mejorados en otros países como EEUU, África, Centroamérica y Australia, los cuales fueron cultivados en diferentes condiciones ambientales y de sistemas de producción agropecuaria. En México la actividad ganadera se abastece principalmente de estos forrajes producidos en los agostaderos ya que su relativo bajo costo de producción es menor que los alimentos concentrados (Polo 2021). Estos recursos forrajeros son factor importante y repercute de manera indirecta en la alimentación (Sánchez *et al.*, 2017). El sistema de producción de bovinos doble propósito se desarrolla en más de 48 millones de hectáreas, estas se localizan en los climas trópico húmedo, trópico seco, subtropical árido semi-árido y árido. Por lo cual es de suma importancia evaluar especies y variedades que se adapten a estos climas y muestren su potencial genético. Todos son materiales valiosos, ya que han sido base de gran parte del desarrollo de la industria regional de producción en pastoreo; sin embargo, debido a que existe amplia variación intra-específica, la evaluación de la diversidad natural de la riqueza genética de cada especie es una alternativa valiosa y escasamente explorada, dada la amplitud de especies disponibles para las zonas intertropicales (Moser, 2004). Una de las especies más importantes de pastos en el Noroeste de México es la especie (*Cenchrus ciliaris*), ya que se reportan más de 400 mil hectáreas de esta especie establecidos en Sonora y Sinaloa (Beltrán *et al.*, 2017). Por lo que existe la necesidad de los ganaderos de la región mejorar la producción de forraje para mantener la ganadería, una solución documentada es el establecimiento de pasto buffel, ya que permite aumentar la producción y tener explotaciones más rentables y sustentables. (Ibarra *et al.*, 2018; Gutiérrez-Luna *et al.*, 2022; Farrel and Gornish, 2019). El objetivo del presente trabajo es determinar la adaptabilidad, tolerancia y respuesta a las condiciones climáticas, para la obtención de biomasa que producen las tres variedades de zacate buffel en la zona de baja precipitación del estado de Sinaloa. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial actual de producción de biomasa aérea anual, en agostaderos donde el pasto buffel se ha establecido por establecimiento. Nuestra hipótesis es que por lo menos un variedad tiene mejor potencial de rendimiento independientemente de la localidad a lo largo de 3 años de establecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades realizadas en este trabajo se llevaron a cabo en cuatro municipios del estado de Sinaloa. La primera localidad se ubicó en el municipio de Choix, con una ubicación geográfica de 26°32'06.59" N y 108°21'32.73" O; la segunda localidad se ubicó en el municipio de Badiraguato con unas coordenadas de 25°34'26.19" N y 107°39'08.74" O; la tercera localidad se ubicó en el municipio de Mocorito, con una ubicación geográfica de 25°31'38.96" N y 107°54'16.60" O y la cuarta localidad se ubicó en el municipio de Culiacán con una ubicación geográfica 24°46'06.71" N y 107°07'53.82" O; todas estas localizadas en zona de temporal.

Características del suelo y área utilizada en las localidades

Los suelos son representativos de la zona de temporal en el estado de Sinaloa, donde predominan los suelos de tipo leptosol y luvisol, con profundidades de no más de 30 cm y pendientes mayores a 15°, los cuales se consideran tipo lomeríos con escasa materia orgánica. La superficie utilizada por localidad fue de aproximadamente 1 ha por material, estas localidades dentro del área agroecológicas (Trópico seco) con bajo potencial productivo que por sus características edafoclimáticas y socioeconómicas permiten el desarrollo y la adopción de la tecnología de agricultura sustentable.

Preparación de terreno e insumos

La preparación de terreno se llevó a cabo como lo realizada comúnmente el productor en cada localidad, en lo general se utilizaron principalmente tractor, implementos agrícolas como rastras y aspersor. Los insumos agrícolas como los herbicidas, insecticidas, fertilizantes (urea 46-00-00, fosfato monoamónico 11-52-00 en granulados), Semilla tipo pluma de las variedades Buffel Común, Buffel Formidable y Buffel Nueces, se emplearon según las recomendaciones técnicas para cada una de ellas.

Muestreos de forraje

Se realizó el primer muestreo de forraje alrededor de los 120 días después de la siembra de establecimiento, para este muestreo de forraje se utilizó un cuadrante de 50X50 cm, el cual se arrojó aleatoriamente en la parcela, posteriormente se delimitó todo material vegetativo que estuviera dentro del cuadrante y se procedió a cortar todo el forraje con navaja curva a una altura de 5 a 7 cm del suelo, esto se repitió 10 veces por cada material, se procedió a obtener el peso de forraje verde utilizando una báscula e identificando la muestra con una etiqueta, donde se identificó por la localidad, el material y número de muestra o repetición, este se colocó dentro de una bolsa de papel estraza realizando perforaciones para favorecer el secado del forraje.

Secado de forraje

Las muestras homogéneas del forraje cosechado previamente se metieron a una bolsa de papel estraza, la cual estaba previamente perforada para facilitar la deshidratación y determinar el porcentaje de humedad de la muestra. Posteriormente la muestra se colocó en una estufa de aire forzado a 65 °C durante 72 h para determinar el contenido de materia seca a seca (AOAC, 1975).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3X3X4 donde los factores fueron años, localidades y variedades. Para determinar una diferencia mínima significativa P

< 0.05, la comparación de medias informa con \pm error estándar, los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados presentaron diferencias ($P < 0.001$) entre varietales (Cuadro 1). La producción total de forraje de las tres varietales ($P > 0.05$), no presentaron diferencia entre localidades (Fig. 1). Entre varietales, localidades y año ($P < 0.002$), se observó diferencias (Cuadro 2), cuando se realizó una interacción entre los factores.

Cuadro 1. Rendimiento de tres varietales de Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en cuatro localidades que presentan clima de trópico seco del Estado de Sinaloa.

Varietal	Rendimiento (t/MS/ha ⁻¹)
Buffel Formidable	9.40 \pm 0.088 a
Buffel Nueces	8.83 \pm 0.049 a
Buffel común	8.08 \pm 0.111 b

Las medias con letras diferentes difieren ($P < 0.001$), el valor significa \pm error estándar

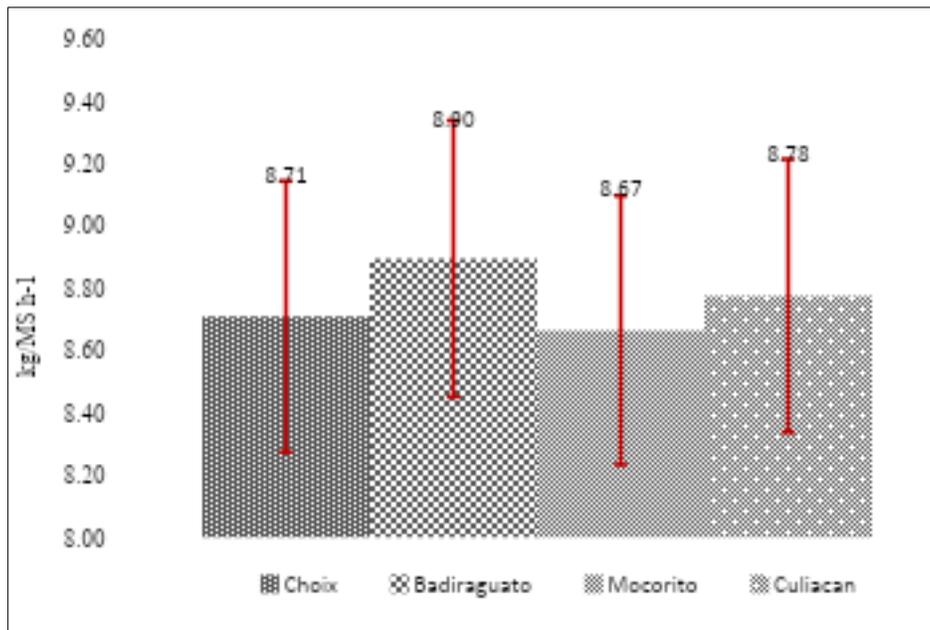


Figura 1. Producción total de forraje de las tres varietales de (*Cenchrus ciliaris*) por localidad

Cuadro 2. Interacción en la producción de biomasa entre las cuatro varietales de la especie (*Cenchrus ciliaris*), las cuatro localidades y los tres años

Varietal	Localidades				P		
	Choix	Badiraguato	Mocerito	Culiacán	Loc	Trat	Año
Buffel	7.86 \pm	8.36 \pm 0.142	8.05 \pm	7.91 \pm	0.2257	0.0001	0.0002
Común	0.172 ^e	^{cd}	0.073 ^{de}	0.135 ^e			

Buffel	9.49 ±	9.54 ± 0.381	9.14 ±	9.43 ±
Formidable	0.213 ^a	^a	0.160 ^{ab}	0.136 ^a
Buffel	8.78 ±	8.76 ± 0.224	8.81 ±	8.98 ±
Nueces	0.169 ^{bc}	^{bc}	0.197 ^b	0.159 ^b

Las medias con letras diferentes difieren ($P < 0,001$), el valor significa \pm error estándar

El estudio demostró producciones superiores a las encontradas por (Garduño *et al.*, 2015), donde ellos evaluaron los materiales Banderita Diana, Navajita Cecilia, Buffel Titán y Buffel Regio y obtuvieron rendimientos de 1,850, 980, 2,120 y 2,590 kg ms ha⁻¹ respectivamente. Aunque en este trabajo no se realizó pruebas de fertilización, los rendimientos obtenidos concuerdan con los reportados por Peña del Rio *et al.*, (2011), donde ellos reportan rendimientos de materia seca de pasto buffel de 5.9 a 11.4 ton ha⁻¹ en condiciones de temporal con diferentes dosis de fertilización en Nuevo León, México. Otros estudios como los que reporta Mariano *et al.*, (2011), publican rendimientos de materia seca de 3 a 9.5 ton ha⁻¹ cuando evaluaron nueve variedades y/o ecotipos de pasto buffel en condiciones de temporal, estos estudios se realizaron en el Estado de Tamaulipas, México. Con los datos revisados se puede decir que en México existe un gradiente en la producción que va desde 1.2 a 11.4 ton ha⁻¹ de materia seca.

CONCLUSIONES.

De acuerdo con los resultados obtenidos (*Cenchrus ciliaris*) en su varietal Formidable y Nueces, son una opción viable para establecer e incrementar la producción de forraje en la zona del trópico seco en Sinaloa. Más sin embargo es necesario evaluar en un futuro cercano el efecto ecológico a largo plazo

LITERATURA CITADA

- AOAC. (2005). Official Methods of analysis. Edition 18. Association of Official Analytical Chemists. Washington, 29 DC, EE.UU. 1928p.
- Beltrán, L. S., C. A. García, C. Loredó, J. Urrutia, J. A. Hernández, H. G. Gámez. (2017). “Titán” y “Regio”, variedades de pasto Buffel (*Pennisetum ciliare* L.) para zonas áridas y semiáridas. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(3):291-295.
- Farrell, H. L., & Gornish, E. S. (2019). *Pennisetum ciliare*: a review of treatment efficacy, competitive traits, and restoration opportunities. *Invasive plant science and management*, 12(4), 203-213.
- Garduño Velázquez, S., Rodríguez Herrera, R., Quero Carrillo, A. R., Enriquez Quiroz, J. F., Hernández Garay, A., & Pérez Hernández, A. (2015). Evaluación morfológica, citológica y valor nutritivo de siete nuevos genotipos y un cultivar de pasto *Cenchrus ciliaris* L., tolerantes a frío. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(7), 1679-1687.
- Gutiérrez-Luna, R., Castillo-Quiroz, D., Castillo-Reyes, F., Antonio-Bautista, A., Martínez-Trejo, G., & Sáenz-Reyes, J. T. (2022). Evaluación de prácticas de manejo de suelo para la siembra de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), bajo condiciones de temporal en el sureste de Coahuila. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 18(1), 39-47
- Ibarra, F, M Martín, S Moreno y R Retes R. (2018). Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de Cananea, Sonora, México. *Rev. Mex. de Agronegocios*. 42: 855-866.
- Mariano, F.C., R.D.C. Garza, J.T. Flores. P.F. Zárate y M.A.H. Ibarra. (2011). Evaluación de materiales alternativos al buffel común en San Fernando, Tamaulipas. En *Memorias del 2do Congreso*

- Internacional de Manejo de Pastizales, y XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Chihuahua, Chih. México.
- Moser LE, (2004) (Eds.) *Warm season (C4) grasses*. Agronomy Ser. N° 45. ASA-CSSA-SSSA. Madison, WI, EEUU, p. ix. O'Connor TGO (1991) Local extinction in perennial grasslands: a life-history approach. *Amer. Nat.* 137: 753-773.
- Peña-Del Rio, M.A., F.A. Días, S.H. De la Fuente, S. A. Sánchez y T.I. De la Torre. 2011. Efecto de la biofertilización en praderas de temporal de pasto buffel var. Milenio en Nuevo León, México. En Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, y XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Chihuahua, Chih. México
- Polo Ledezma E.A., (2021) Rendimiento y valor nutritivo de la gramínea buffel (*Cenchrus ciliaris*) a diferentes épocas de corte. *Revista SABERES APUDEP*. ISSN L 2644-3805 Volumen 4 Número 2. pp 28-37.
- Sánchez, G. R. A., C. R. Morales, J. Hanson, E. Santellano, P. Jurado, J. F. Villanueva y A. Melgoza. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(1):13-26.
- SAS (2002). JMP. Statistic visual, Version 9.0. Cary, NC: Institute Inc. Campus Drive. SAS, (2012). SAS/STAT Software. Version 9.4. Cary, NC SAS, USA: SAS Institute INC.

**CONTENIDO DE PROTEÍNA CRUDA EN ENSILADO DE FORRAJE DE SOYA
ADICIONADO CON MELAZA
CRUDE PROTEIN CONTENT IN SOYBEAN FORAGE SILAGE ADDED WITH
MOLASSES**

Jonathan Raúl Garay Martínez^{1*}, Nicolás Maldonado Moreno¹, Jorge Alonso Maldonado Jáquez²,
Juan Eduardo Godina Rodríguez³ Lorenzo Danilo Granados Rivera⁴

¹INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. Carretera Tampico-Mante km 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam. Méx. C.P. 89610.

²INIFAP-Campo Experimental La Laguna. Av. Cuauhtémoc, Centro, Matamoros, Coahuila, Méx. C. P. 27440.

³INIFAP-Campo Experimental Uruapan. Calle Cuba 1104, Colonia, Uruapan, Michoacán, Méx. C. P. 60150.

⁴INIFAP-Campo Experimental General Terán. Carretera Montemorelos- China km 31, General Terán, Nuevo León, Méx. C. P. 67400.

*Autor de correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx

RESUMEN

En las regiones tropicales, durante la época seca los rumiantes se alimentan con forrajes de baja calidad, por ello, se deben buscar alternativas que permitan disponer de alimento de mayor contenido de proteína y digestibilidad. El objetivo de este estudio fue evaluar contenido de proteína cruda (PC) en ensilado de forraje de soya adicionado con melaza. Como forraje de soya se utilizó la variedad Huasteca 200, los tratamientos fueron 1) Testigo (FS, solo forraje de soya) y 2) FS+M (FS + melaza). Se evaluó la densidad (kg m^{-3}) de forraje ensilado en materia húmeda (MV: materia verde), contenido de materia seca (MS: %), pH y contenido de PC (g kg^{-1}). Las variables se analizaron en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y la comparación de medias con Tukey ($\alpha=0.05$). No hubo diferencia ($p>0.05$) entre los tratamientos para la densidad (MV y MS) y MS, cuyos valores promedio fueron 545 y 162 kg m^{-3} y 29.5 %, respectivamente. El FS+M presentó el valor más bajo de pH (3.83; $p<0.05$), esto indicó que el proceso de conservación de forraje fue adecuado, así mismo, presentó el mayor contenido de proteína cruda (169 vs. 136 g kg^{-1}). En conclusión, el forraje de soya se puede conservar mediante el ensilaje al adicionar melaza en una proporción de 2 partes de melaza y 1 parte de agua. Con ello se preserva el contenido de proteína cruda del forraje ($\approx 169 \text{ g kg}^{-1}$) y se asegura el adecuado proceso de fermentación (pH del ensilado 3.83).

Palabras clave: Conservación de forraje, clima semicálido, época seca, *Glycine max* (L.) Merr.

ABSTRACT

In tropical regions, during the dry season, ruminants are fed with low-quality forages, therefore, alternatives should be sought that allow for feed with a higher protein content and digestibility. The objective of this study was to evaluate crude protein (CP) content in soybean forage silage added with molasses. The Huasteca 200 variety was used as soybean forage, the treatments were 1) Control (SF, only soybean forage) and 2) SF+M (SF + molasses). The density (kg m^{-3}) of silage in green matter (GM: green matter), dry matter

content (DM: %), pH and CP content (g kg^{-1}) were evaluated. The variables were analyzed in a completely randomized design with four replications and the comparison of means with Tukey ($\alpha=0.05$). There was no difference ($p>0.05$) between the density treatments (GM and DM) and DM, whose mean values were 545 and 162 kg m^{-3} and 29.5 %, respectively. SF+M had the lowest pH value (3.83; $p<0.05$), which indicated that the forage preservation process was adequate, and also had the highest crude protein content (169 vs. 136 g kg^{-1}). In conclusion, soybean forage can be preserved by silage by adding molasses in a ratio of 2 parts molasses and 1 part water. This preserves the crude protein content of the forage ($\approx 169 \text{ g kg}^{-1}$) and ensures the proper fermentation process (silage pH 3.83).

Keywords: Conservación de forraje, clima semicálido, época seca, *Glycine max* (L.) Merr.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales y subtropicales del mundo albergan cerca del 80 % de la población del ganado vacuno (Cooke *et al.*, 2020), donde la mayoría de ellos se alimentan principalmente en condiciones de pastoreo (Broom, 2023). Estas regiones se caracterizan por tener tres estaciones bien definidas: la estación lluviosa, cuando las precipitaciones y la temperatura son más altas y favorecen el crecimiento activo del forraje; la temporada de invierno, que presenta una alta nubosidad y un descenso de la temperatura, lo que provoca un crecimiento lento de las plantas; y la época seca, en la que el crecimiento del forraje es bajo o nulo (Robles-Vega *et al.*, 2020). Esta variación en las condiciones climáticas genera estacionalidad en la producción de forraje y variación en su valor nutricional (Lee, 2018). En las regiones antes mencionadas, durante las épocas invernal y seca, la disponibilidad de forraje disminuye significativamente. Además, los residuos de cosecha y pastos en estado de madurez avanzado utilizados durante estas épocas son de bajo valor nutritivo, con contenidos de proteína menores a 60 g kg^{-1} (Wassie *et al.*, 2019), lo cual está por debajo del mínimo necesario (70 g kg^{-1}) para que los microorganismos del rumen tengan una adecuada actividad, puedan digerir la fibra y aprovechar los carbohidratos estructurales (hemicelulosa y celulosa; Lazzarini *et al.*, 2009). La soya [*Glycine max* (L.) Merr.] presenta contenidos de proteína de 150 a 203 g kg^{-1} de materia seca (Garay-Martínez *et al.*, 2021). Para conservar el forraje mediante el ensilaje debe haber disponibilidad de carbohidratos solubles (Martínez-Hernández *et al.*, 2024); por lo que para ensilar esta leguminosa es necesario agregar una fuente de carbohidratos solubles, para que se lleve a cabo el adecuado proceso de fermentación. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de proteína cruda en ensilado de forraje de soya adicionado con melaza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a septiembre de 2024 en el Ejido Revolución, del municipio de Aldama, Tamaulipas, México. Las coordenadas geográficas son 22° 52' 34.48" N y 97° 54' 18.42" O, a 43 msnm. El clima se clasifica como semicálido [(A)C (w_0); Vargas *et al.*, 2007]. Las temperaturas máxima y mínima promedio mensual son de 31.0 y 18.7 °C, respetivamente; la precipitación promedio anual del lugar es de 944 mm y el 80 % se presenta entre los meses de junio a octubre.

Se evaluaron ensilados de soya [*Glycine max* (L.) Merr.] y se utilizó la variedad comercial Huasteca 200, ya que es un material que produce abundante biomasa. Los tratamientos fueron

1) Testigo (FS, solo forraje de soya) y 2) FS+M (forraje de soya + melaza). Al tratamiento Testigo solo se le aplicó agua, mientras que al FS+M se le agregó melaza diluida con agua al 66 % (2 partes de melaza y 1 parte de agua), solución que se aplicó sobre el forraje (alrededor de 0.5 L m⁻²) con una mochila aspersora en capas cada 20 cm. Para el establecimiento y manejo del cultivo (control de malezas y plagas) se realizó de acuerdo con el paquete tecnológico para la producción de soya en el estado de Tamaulipas (Maldonado *et al.*, 2017). La siembra se realizó el 02 de junio del 2024, en surcos a 0.80 m de distancia, donde hubo 20±2 plantas por metro lineal y con ello obtener una densidad de ≈250,000 plantas ha⁻¹. Para elaborar los ensilados, el forraje se cosechó a los 70 días después de la siembra en etapa reproductiva R6 (Fehr *et al.*, 1971) a 10±5 cm sobre el nivel del suelo y se picó a un tamaño de partícula de 2.0±0.5 cm.

Dos días antes de elaborar los ensilados, se tomaron 3 muestras de forraje de soya, las cuales se separaron en componentes morfológicos: hoja (foliolo + raquis + peciolo), tallo y vaina (valva + semilla) y se siguió la metodología descrita por Garay-Martínez *et al.* (2021) para determinar el rendimiento de forraje y contenido de materia seca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características del forraje de soya al momento de realizar los ensilados.

AP (cm)	MVT	MST	Hoja t ha ⁻¹	Tallo	Vaina	Hoja %	Tallo %	Vaina %
83±8	17.60±1.83	5.28±.55	1.67±0.29	1.05±0.19	2.56±0.20	32±2	20±3	49±3

AP: Altura de planta; MVT: Materia verde total; MST: materia seca total; Promedio ± Desviación estándar.

Se utilizaron microsilos de PVC (6" × 40 cm, con tapa fija en un extremo), donde se depositó forraje y se compactó, en cada capa a 20 cm de forraje se agregaron ≈9.5 mL de agua o melaza diluida (esta cantidad representó ≈0.52 L m⁻² y por último se sellaron con una capa de polietileno fijada con cinta adhesiva para ductos. Los microsilos se almacenaron y trascurridos 30 días se abrieron y se obtuvieron muestras para analizarlas. Se determinó la densidad (kg m⁻³) de forraje ensilado [en materia verde (MV) y seca (MS)] y el contenido de materia seca (MS; %). Para determinar el pH se utilizó la metodología descrita por Lucio-Ruiz *et al.* (2023) y el contenido de proteína cruda se determinó mediante la metodología descrita por la AOAC (2019). Las variables se analizaron con el procedimiento GLM de SAS (2004) en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que no hubo diferencia ($p>0.05$) entre los tratamientos para las variables densidad (MV y MS) y contenido de materia seca, cuyos valores en promedio fueron de 545 y 162 kg m⁻³ y 29.5 %, respectivamente (Cuadro 2). El ensilado de FS+M presentó el valor más bajo de pH (3.83; $p<0.05$; Cuadro 2), esto indicó que el proceso de conservación de forraje fue adecuado. Esto se debió a que la adición de melaza permitió que hubiera disponibilidad de azúcares, los cuales son utilizados por bacterias productoras de ácido láctico, tales como *Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp., *Enterococcus* spp., *Lactococcus* spp. y *Streptococcus* spp., quienes acidifican el medio y dan como resultado valores de pH entre 3.8 y 4.5 (Garcés *et al.*, 2004). El ensilado de FS+M presentó el mayor contenido de proteína cruda (169 vs.

136 g kg⁻¹), con lo cual se confirma que, al adicionar una fuente de carbohidratos solubles como la melaza, el forraje conserva el contenido de proteína cruda (Ke *et al.*, 2023). Por lo cual, el ensilado de soya adicionado con melaza podría ser una alternativa para la alimentación de rumiantes, sobre todo durante la época seca, donde la proteína es el nutriente más deficiente en la dieta de los animales en pastoreo (Wassie *et al.*, 2019; Bautista-Martínez *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Variables evaluadas en ensilados de forraje de soya adicionado con diferentes niveles de melaza.

Tratamiento	Densidad MV (kg m ⁻³)	Densidad MS (kg m ⁻³)	MS (%)	pH	PC (g kg ⁻¹)
Testigo	542 ^a	158 ^a	29 ^a	5.15 ^a	136 ^b
Forraje de soya + melaza	548 ^a	165 ^a	30 ^a	3.83 ^b	169 ^a

MV: materia verde; MS: materia seca. pH: potencial de Hidrógeno; PC: proteína cruda. ^aLetras diferentes entre las filas indican diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha = 0.05$).

CONCLUSIONES

El forraje de soya se puede conservar mediante el ensilaje al adicionar melaza en una proporción de 2 partes de melaza y 1 parte de agua. Con ello se preserva el contenido de proteína cruda del forraje (≈ 169 g kg⁻¹) y se asegura el adecuado proceso de fermentación (pH del ensilado 3.83).

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2019. Official Methods of Analysis. 2nd ed.; Association of Official Analytical Chemists: Montgomery, Maryland, USA.
- Bautista-Martínez, Y.; L. Granados-Zurita; S. Joaquín-Cancino; M. Ruiz-Albarrán; J. R. Garay-Martínez; F. Infante-Rodríguez; L. D. Granados-Rivera. 2020. Factores que determinan la producción de becerros en el sistema vaca-cría del Estado de Tabasco, México. *Nova Scientia* 12(25): 1-21.
- Broom, D. M. 2023. The Sustainability of Cattle Production Systems. In: Haskell, M. (ed.). *Cattle Welfare in Dairy and Beef Systems*. Animal Welfare, vol 23. Springer, Cham.
- Cooke, R. F.; C. L. Daigle; P. Moriel; S. B. Smith; L. O. Tedeschi; J. M. B. Vendramini. 2020. Cattle adapted to tropical and subtropical environments: social, nutritional, and carcass quality considerations. *Journal of Animal Science* 98(2): 1-20.
- Fehr, W. R.; C. E. Caviness; D. T. Burmood; J. S. Pennington. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. *Crop Science* 11(6): 929-931.
- Garay-Martínez, J. R.; N. Maldonado-Moreno; G. Ascencio-Luciano; S. Joaquín-Cancino; Y. Bautista-Martínez; L. D. Granados-Rivera. 2021. Potencial forrajero de líneas experimentales de soya (*Glycine max*). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* Núm. Esp. II: e2932.
- Garcés, A.M.; L. Berrio; S. Ruiz; J. G. Serna; B. A. Andrés. 2004. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación* 1(1): 66-71.
- Ke, W.; Y. Wang; M. Rinne; M. de O. Franco; F. Li; Y. Lin; Q. Zhang; Y. Cai; G. Zhang. 2023. Effects of lactic acid bacteria and molasses on the fermentation quality, in vitro dry matter digestibility, and microbial community of Korshinsk peashrub (*Caragana korshinskii* Kom.) silages harvested at two growth stages. *Grass and Forage Science* 79(1): 56-68.

- Lazzarini, I.; E. Detmann; C. Batista; M. Fonseca; S. C. Valadares; M. Augusto; F. Albani. 2009. Intake and digestibility in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds. *Revista Brasileira de Zootecnia* 38(10): 2021-2030.
- Lee, M. A. 2018. A global comparison of the nutritive values of forage plants grown in contrasting environments. *Journal of Plant Research* 131: 641-654.
- Lucio-Ruiz, F.; S. Joaquín-Cancino; J. E. Godina-Rodríguez, J. R. Garay-Martínez. 2023. Yield and chemical composition of forage and silage of native maize under irrigated semi-arid conditions. *Agrociencia* 57(4): 1-11.
- Maldonado, N. 2017. Soya de temporal y riego para el sur de Tamaulipas, ciclo P-V. En: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (ed). *Agenda Técnica Agrícola de Tamaulipas*. Ciudad de México, México. pp: 92-105.
- Martínez-Hernández, M. F.; J. R. Garay-Martínez, J. Ventura-Ríos; B. Estrada-Drouaillet; A. G. Limas-Martínez; S. Joaquín-Cancino. 2024. Productividad y calidad de pasto Mulato II (*Urochloa* híbrido) solo y ensilado con subproductos agroindustriales. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 11(2): e4080.
- Robles-Vega, F. J.; L. D. Granados-Rivera; S. Joaquín-Cancino; G. Aguado-Lara; M. A. Rivas-Jacobo; J. R. Garay-Martínez. 2020. Forage yield of *Urochloa* cultivars in a warm sub-humid environment. *Agroproductividad* 13(12): 75-81.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT ® 9.1 User's Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.
- 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.
- Wassie, S. H.; A. I. M. Ali; D. Korir; K. Butterbach-Bahl; J. Goopy; L. Merbold, E. Schlecht; U. Dickhoefer. 2019. Effects of feed intake level on efficiency of microbial protein synthesis and nitrogen balance in Boran steers consuming tropical poor-quality forage. *Archives of Animal Nutrition* 73: 140-157.

RECOLECCION DE ECOTIPOS DE PASTO *Panicum hallii* Vasey EN LA ZONA NORTE-CENTRO DE MÉXICO
COLLECTION OF GRASS ECOTYPES *Panicum hallii* Vasey IN THE NORTH-CENTRAL AREA OF MEXICO

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}, José Francisco Villanueva Avalos², Adrián Quero Carrillo³

¹Investigador del INIFAP; ²Ex-investigador del INIFAP ³Investigador del COLPOS

*Autor por correspondencia: rubio.francisco@inifap.gob.mx; fantonio.rubioaguirre@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio es informar sobre la recolección de 43 accesiones de *Panicum hallii* Vasey, en la zona norte-centro de México del 2017 al 2019. Para determinar la ubicación los especímenes se consultaron listas de herbarios nacionales e internacionales. En base a lo anterior se trazaron las rutas de trabajo, escogiendo sitios donde se podía tener acceso en vehículo y contar con apoyo de guías locales. Se colectó material vivo mediante el “método de macollos”, el cual fue colocado en envases con suelo húmedo y trasladado a las instalaciones de la Estación Experimental Zacatecas-INIFAP y puesto en invernadero para su crecimiento. Los sitios de colecta fueron comparados con cada sitio “más cercano” a los reportados por CONABIO para la especie de *Panicum hallii* en México. Se lograron coleccionar ocho ecotipos con más de 30 km de distancia entre los ya reportados. Los nuevos ecotipos podrían contener una mayor diversidad morfológica dentro de la especie. Se ingresaron 100 cariósides de un total de 21 accesiones a cámaras frías para su conservación a largo plazo en el CNRG-INIFAP.

Palabras clave: Accesiones, diversidad, distribución geográfica

ABSTRACT

The objective of the study is to report on the collection of 43 *Panicum hallii* Vasey accessions in the north-central area of Mexico from 2017 to 2019. To determine the location of the specimens, lists of national and international herbaria were consulted. Based on the above, work routes were drawn up, choosing sites where access by vehicle and support from local guides could be had. Live material was collected using the “clump method”, which was placed in containers with moist soil and transported to the facilities of the Zacatecas-INIFAP Experimental Station and placed in a greenhouse for growth. The collection sites were compared with each “closest” site to those reported by CONABIO for the *Panicum hallii* species in Mexico. Eight ecotypes were collected with more than 30 km of distance between those already reported. The new ecotypes could contain greater morphological diversity within the species. 100 caryopses from a total of 21 accessions were admitted to cold chambers for long-term conservation at CNRG-INIFAP.

Keywords: Accessions, diversity, geographic distribution.

INTRODUCCIÓN

El género *Panicum*, cuenta con alrededor de 400 especies distribuidas principalmente en los trópicos y subtropicos de ambos hemisferios; para México se reportan 65 especies, el zacate Panizo rizado *Panicum hallii* Vasey, son plantas perennes, cespitosas, glaucas, con culmos

erectos de 10 a 75 cm de largo, 1-2 mm de ancho, simples o ramificados en los nudos inferiores. $n = 19$, crece comúnmente en matorrales, pastizales o praderas secas de zonas áridas, sobre suelos de lomeríos rocosos y pedregosos; también en suelos irrigados y húmedos, llegando hasta los 2300 msnm, florece de marzo a noviembre y se distribuye en el sur de Estados Unidos y México, esta especie tiene uso forrajero, sobre todo porque algunas de sus hojas permanecen verdes gran parte del año, sus poblaciones se reducen rápidamente bajo sobrepastoreo, los nombres comunes son: “panizo aserrín”, “panizo rizado” y “panizo rayado” (Valdés-Reyna *et al.* (2009). Hay dos variedades principales de *P. hallii*, la muy extendida *P. hallii* var. *hallii* y la más restringida *P. hallii* var. *filipes* (Scribn.) Waller, el *Panicum hallii* var. *hallii* se encuentra típicamente en suelos calcáreos rocosos secos poco profundos (Hatch *et al.*, 2003). La especie es escasa en los agostaderos del estado de Zacatecas, así lo demuestra un estudio en donde de un total de ocho sitios de muestreo, solo en tres sitios se encontró el *P. hallii* con 1.02 a 3.23% de composición botánica (Rivera, 1983). En centro norte del estado de Nuevo León, dentro del componente herbáceo que ocurre en los mezquiales se reporta haberlo encontrado en una densidad de población de 333 a 400 plantas ha^{-1} , en solo dos de los 20 sitios de muestreo realizados, con una frecuencia del 10% (Guzmán-Lucio, *et al.* 2016). En un trabajo mediante el modelaje de nicho ambiental de especies de pastos del árido y semiárido de México, el *Panicum hallii* puede ser utilizado en suelos alcalinos por altas concentraciones de calcio para una superficie de 38,667.30 km^2 (Álvarez-Holguín *et al.*, 2023) El presente estudio pretende informar sobre los sitios de recolección de 43 accesiones de *Panicum hallii* en la zona norte-centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para ubicar los sitios de colecta del pasto, se consultaron varias listas de herbarios nacionales e internacionales compiladas y proporcionadas por el equipo de trabajo del Dr. Tom Juenger de la Universidad de Texas (Austin). Dichas listas contaban con el nombre del Herbario, nombre del colector, lugar de colecta, fecha, ubicación geográfica y hábitat, entre otros datos. En base a lo anterior se trazaron las rutas de colecta, los sitios donde se podía tener acceso y por el problema de la inseguridad fue necesario apoyarse en “guías locales” en cada ruta de muestreo. La recolección de las plantas fue en base a la metodología descrita por Villanueva *et al* (2012). Las plantas fueron colectadas mediante el “método de macollos” durante los años 2017 al 2019. La recolección fue a inicio y durante el periodo de lluvias, registrando en la hoja de pasaporte: fecha de colecta, género, especie, municipio, estado, nombre de recolector, especies asociadas, tipo de suelo, condiciones de sitio, abundancia cualitativa, datos de altura en cm ($n=5$), se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin *etrex10* (latitud N, longitud W y altitud en msnm), fotografías del sitio y de los ejemplares colectados, las cuales fueron enviadas vía WhatsApp al Dr. Valdés Reyna para su validación. Las macollas fueron trasladadas a un invernadero ubicado en las instalaciones del Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, en donde fueron desarrolladas bajo condiciones de riego y llevados a campo para hacer estudios de sobrevivencia, morfológicos y de producción de forraje. Se hicieron recorridos en parte de los estados de Coahuila, San Luís Potosí, Zacatecas, Chihuahua, Durango, Nuevo León, Querétaro y Aguascalientes. Con la finalidad de contar con información sobre sitios no colectados con anterioridad, se aplicó la

recomendación propuesta por Schultze-Kraft (1979), la cual indica hacer paradas a intervalos de 30 a 50 km según los cambios que ocurran en la vegetación, la topografía y el suelo. La información obtenida, fue comparada con la reportada por la Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO) en su página: <https://enciclovida.mx/especies/175142>, para la especie de *Panicum hallii* en México. Dicha información fue exportada a la app gratuita de Google Earth Pro en un archivo terminación klm. Hecho esto, se ubicaron tanto los ejemplares del presente estudio, como los de la lista de CONABIO en donde se midió la distancia (km) en línea recta y se anotó la dirección cardinal entre ejemplares “mas cercanos”. Las instituciones que realizaron las colectas citadas por CONABIO, se indican con números entre paréntesis (Cuadro 1) y son las siguientes: (1) IBUNAM: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México; (2) INECOL Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional Durango; (3) UAZ Universidad Autónoma de Zacatecas; (4) SI Instituto de Botánica Darwinion; (5) UACH Universidad Autónoma Chapingo; (6) UAAAN Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo; (7) INECOL Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional del Bajío; (8) UM University of Michigan; (9) NMNH-SI National Museum of Natural History, Smithsonian Institution; (10) COTECOCA Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero; (11) SINCHI Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas; (12) UAZ University of Arizona; (13) CNS-UT Department of Integrative Biology College of Natural Sciences, University of Texas, Austin y (14) Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. De las accesiones colectadas el 2017 y parte del 2018, a nivel de invernadero fueron cubiertas con malla Agribon y en su momento fue cosechada la semilla, contando un total de 100 cariósides por accesión, y dichas muestras fueron trasladadas para su ingreso al Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP, ubicado en Tepatitlán de Morelos, Jalisco, en donde fueron colocadas en cámaras a -18 °C para su conservación a largo plazo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró la recolección de 43 accesiones de *Panicum hallii* en la zona norte-centro de México. La cantidad y lugar de colecta por estado fueron: 14 en Coahuila, nueve en S.L.P., siete en Zacatecas, cuatro en Chihuahua, tres en Durango, tres en Nuevo León, dos en Querétaro y una en Aguascalientes (Cuadro 1). El rango de altitud de los ecotipos estuvo entre los 756 y 2566 msnm, siendo las colectas Nos. 12 (Mazapil, Zac.) y 55 (Noria de Ángeles, Zac.) las que fueron encontradas a mayor altitud que las reportadas por Valdés-Reyna *et al.* (2009); Lowry *et al* (2013) y Palacio-Mejía *et al* (2021). En relación a los ecotipos colectados a una distancia mayor de 30 km, entre los ejemplares colectados en este estudio contra los ejemplares “más cercanos” a los reportados por CONABIO, se encontraron ocho colectas las cuales fueron los números: 2, 3, 8, 9, 12, 19, 54 y 55 (cinco de ellas recolectadas en el estado de Zacatecas), lo cual indica que son nuevos sitios de colecta. La mayoría de las colectas se realizaron en un clima *BS1kw* semiárido, templado (15 colectas, con número 5, 6, 13, 14, 26, 40, 41, 42, 47, 48, 51, 52, 53, 54 y 55), seguido de un clima *BSohw* árido semicálido (11 colectas, con números: 1, 4, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 30 y 31). El resto de las colectas fue encontrado en climas *BSokw* árido templado (cinco con números: 3, 8, 9, 11 y 49), *BWhw* muy árido semicálido (cuatro colectas con números: 2, 23, 28 y 46), otros climas donde se

colecto material fueron: *BS1hw* (dos colectas), *BSohw* (dos colectas) y *BSok(x')* (una colecta). Los tipos de climas fueron los reportados por García (1964). Respecto a la altura (cm) al momento de la colecta, el ecotipo más alto fue el número 47, con 56.8 ± 18.7 cm ($n=5$), y el más bajo fue el número 2, con 6.1 ± 1.3 ($n=5$). En relación a la observación cualitativa sobre abundancia de la especie en el sitio de colecta, solamente un ecotipo obtuvo una Alta abundancia (No. 18) el cual fue encontrado en el municipio de Santa Clara, Dgo; se encontraron 24 accesiones con abundancia Media y el resto en Baja abundancia. Se logró ingresar 21 accesiones (100 cariósides por accesión) el año 2018 al Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP en la modalidad de depósito público para ser conservadas a largo plazo en cámaras frías a -18 °C. Más información sobre los sitios de recolección está disponible en la Metabase de datos del CEZAC-INIFAP.

CONCLUSIONES

Se colectaron 43 accesiones de *Panicum hallii* en la zona norte-centro de México, dentro de los cuales ocho ecotipos se ubicaron a más de 30 km de distancia entre los reportados por diferentes autores que hace el concentrado de la CONABIO. Los nuevos ecotipos colectados contribuyen a contar con una mayor diversidad dentro de la especie. Se ingresaron 21 accesiones a cámaras frías para su conservación a largo plazo al CNRG-INIFAP.

AGRADECIMIENTOS

Dr. Jesús Valdés Reyna (q.e.p.d.) por el apoyo en la validación de la especie *Panicum hallii*. A los Drs. Tom Juenger y su equipo de trabajo, por el apoyo de las listas de herbarios nacionales e internacionales de *P. hallii*, y seguimiento del estudio. A la Dra. Denise Costich, responsable técnica ante el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual además financió el proyecto durante el periodo del 16/06/2017 al 30/08/2020, con fondos procedentes de la Universidad de Texas, Austin, dentro del proyecto titulado: “Adaptación al clima y la sustentabilidad en Switchgrass (*Panicum virgatum*) para explorar las interacciones del suelo con los microbios de la planta a través de gradientes ambientales a escala continental”.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín A., C.R. Morales-Nieto, J.M. Ochoa-Rivero, R. Corrales-Lerma, O.C. Ponce-García. 2023. Identificación de nuevas especies de pastos para restauración de agostaderos a través de modelado de nicho ambiental. Memorias del XII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Tomo 2. Durango, Dgo. México. 23-27 p.
- Comisión Nacional de la Biodiversidad CONABIO (<https://enciclovida.mx/especies/175142>). Fecha de consulta: 10/06/2024
- García E. 1964. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>
- Guzmán-Lucio M.A, R. Foroughbakhch-Pournavab, M. A. Alvarado-Vázquez, A. Rocha-Estrada, S. M. Salcedo-Martínez, y S. Moreno-Limón. 2016. Gramíneas de los mezquiales en el centro-norte de Nuevo León. Núm. 42, pp. 19-42, México. DOI: 10.18387/polibotanica.42.2. En línea 15/05/2024: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n42/1405-2768-polib-42-00019.pdf>
- Hatch, S. L., J. L. Schuster, and D. L. Drawe. 2003. Grasses of the Texas Gulf prairies and marshes. Texas A & M University Press College Station, Texas, USA.

- Lowry D.B., C.T. Purmal, and T.E. Juenger. 2013. A population genetic transect of *Panicum hallii* (Poaceae). *American Journal of Botany* 100(3): 592–601. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.3732/ajb.1200379
- Palacio-Mejía J.D., P. Grabowski, E.M. Ortiz, G.A. Silva-Arias, T. Haque, D.L. Des Marais, J. Bonnette, D.B. Lowry and T.E. Juenger 2021. Geographic patterns of genomic diversity and structure in the C4 grass *Panicum hallii* across its natural distribution. *AoB Plants* Vol. 13, No. 2. doi:10.1093/aobpla/plab002
- Rivera M.M. 1983. Determinación del Coeficiente de Agostadero en el Municipio de Huanusco, Zac. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. p. 45.
- Schultze-Kraft, R. 1979. Germplasm collection in the field. In: Mott, G.O. (Ed.). *Handbook for the collection, preservation and characterization of tropical forage germplasm resources*. Cali, Colombia. CIAT. pp. 9-14
- 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.
- Villanueva – Ávalos, J. F., C. R. Morales – Nieto, J. F. Enríquez – Quiroz, A. R. Quero – Carrillo, F. Herrera – Cedano, R. Jiménez – Guillen y M. Silva – Luna. 2012. 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.

Cuadro 1. Datos de recolección de accesiones de *Panicum hallii* en la zona norte centro de México, 2017-2019.

No. Colecta	Municipio	Estado	Lugar	Latitud N	Longitud W	Altura m snm	Colecta CONABIO
1	Cuencame	Durango	Carr. Federal	24° 44' 00.0"	103° 35' 14"	1878	1 IBUNAM. A 17.1 Km al N
2	Jiménez	Chihuahua	Km. 172 Carr	26° 49' 14.7"	104° 26' 16"	1333	2 INECOL. A 49.8 km SE
3	Mazapil	Zacatecas	Km. 160, a or	23° 59' 09.3"	101° 39' 52"	2055	3 UAZ. A 49.4 km NW
4	Saltillo	Coahuila	Km 0.5, de ca	25° 09' 09.0"	101° 05' 43"	2051	4 SI. A Km 0.62 NE
5	Saltillo	Coahuila	El Cercado. K	25° 05' 29.6"	100° 55' 57"	2074	5 UACH. A 5.7 km W
6	Saltillo	Coahuila	Km 314.5 de	25° 06' 41.8"	101° 06' 49"	2100	6 UAAAN . A 0.7 km SE
8	Rio Grande	Zacatecas	km 70, carret	23° 52' 43.4"	103° 05' 30"	1972	3 UAZ. A 56.3 km NW
9	Gral. F.R. Mu	Zacatecas	km 1, del en	23° 55' 44.0"	103° 09' 03"	2003	3 UAZ. A 48.2 km NW
11	Miguel Auza	Zacatecas	Brecha de te	24° 16' 21.1"	103° 26' 43"	1990	7 INECOL. A 2.0 km N
12	Mazapil	Zacatecas	Km 19, de la	24° 37' 24.7"	101° 29' 32"	2566	1 IBUNAM. A 53.3 E
13	Saltillo	Coahuila	Km 299, adel	25° 14' 49.4"	100° 58' 01"	2196	1 IBUNAM. A 9.2 km NNW
14	Tepezalá	Ags	km 5, carr. D	22° 13' 15.3"	102° 07' 58"	2298	8 UM. A 0.9 km al NE
18	Santa Clara	Durango	Km. 148 carr.	24° 27' 36.0"	103° 30' 11"	1935	7 INECOL. A 19.9 km SSE
19	Santa Clara	Durango	Km. 181 carr.	24° 34' 57.0"	103° 31' 30"	1853	1 IBUNAM. A 34.5 km al N
20	Saltillo	Coahuila	km 10, libran	25° 20' 50.4"	101° 04' 22"	1864	6 UAAAN. A 3.2 km al NNE
21	Saltillo	Coahuila	km 30, Saltill	25° 26' 26.2"	101° 16' 19"	1425	6 UAAAN. A 1.4 km al E.
22	Saltillo	Coahuila	km 16, Saltill	25° 32' 40.1"	101° 01' 19"	1509	6 UAAAN. A 11.9 km al S
23	Ramos Arsip	Coahuila	km 36.5, Salt	25° 40' 41.6"	101° 07' 17"	1156	1 IBUNAM. A 23.5 km SW
24	Castaños	Coahuila	km 130, Salti	26° 22' 38.2"	101° 21' 25"	1068	9 NMNH-SI. A 1.16 km al S
25	Castaños	Coahuila	km 150, Salti	26° 33' 52.9"	101° 20' 58"	992	10 COTECOCA. A 9.8 km SE
26	Miguel Auza	Zacatecas	km 10.5, Mig	24° 14' 53.4"	103° 32' 45"	2106	3 UAZ. A 5.7 km al S.
27	García	Nuevo León	Km. 30 Saltill	25° 37' 49.0"	100° 48' 00"	1215	1 IBUNAM. A 2.4 km NE.
28	Santa Catarina	Nuevo León	Km. 50 Carr.	25° 41' 59.0"	100° 37' 21"	1098	1 IBUNAM. A 1.6 km NE
29	Saltillo	Coahuila	Inmediacion	25° 21' 36.9"	101° 02' 39"	1749	6 UAAAN. A 2.1 km NW
30	Saltillo	Coahuila	Lomas del Re	25° 20' 38.9"	101° 00' 25"	1870	1 IBUNAM. A 2.7 km SE
31	Arteaga	Coahuila	San Isidro de	25° 26' 21.2"	100° 49' 46"	1734	1 IBUNAM. A 2.9 km al SSV
32	Arteaga	Nuevo León	Km 200 Puer	25° 10' 05.9"	100° 43' 31"	1988	11 SINCHI. A 23.8 N
33	Matehuala	SLP	km 112 Saltil	24° 32' 23.0"	100° 16' 44"	1894	4 SI. A 24.6 km NE
40	Ahualulco	SLP	km 38, carr. €	22° 36' 12.1"	101° 09' 39"	1930	1 IBUNAM. A 15.3 km S
41	Charcas	SLP	km 2 Caminc	23° 07' 29.0"	101° 05' 41"	2015	12 U Arizona. A 2.1 km al
42	Charcas	SLP	km 130, carr	23° 14' 49.4"	100° 52' 13"	1962	9 NMNH-SI. A 3.8 km al N
43	San Luís Potc	SLP	km 45, carr 5	22° 26' 28.1"	100° 42' 25"	1743	13 CNS-UT. A 17.3 km al N
44	Charco Blanc	SLP	km 3, carrete	22° 37' 41.7"	100° 29' 45"	1576	9 NMNH-SI. A 0.8 km SE
45	Villa de la Pa	SLP	A 2 km de Vi	23° 39' 56.6"	100° 43' 16"	1880	1 IBUNAM. A 2.7 km SW
46	Cuatro Ciéne	Coahuila	km 92 carret	26° 54' 47.4"	102° 08' 25"	756	1 IBUNAM. A 2.7 km al W
47	Charcas	SLP	km 5, entron	23° 17' 00.0"	100° 58' 35"	2019	9 NMNH-SI. A 6.0 km al W
48	Aquiles Serd	Chihuahua	Km. 1.5 pobl	28° 36' 03.0"	105° 52' 28.0"	1824	9 NMNH-SI. A 1.5 km al SW
49	SLP	SLP	Km 27, carr. €	22° 19' 19.3"	100° 48' 06.8"	1900	9 NMNH-SI. A 13.8 km al N
51	Vizarrón de l	Querétaro	Al sur de la p	20° 47' 24.6"	99° 43' 24.7"	2217	7 INECOL. A 4.0 km al N
52	Cadereyta de	Querétaro	Un kilómetro	20° 42' 59.7"	99° 40' 30.8"	2080	7 INECOL. A 12.4 km al E
53	Chihuahua	Chihuahua	Unidad de In	28° 42' 02.8"	106° 08' 21.5"	1537	14 FZ y E. UACH. A 21.8 km
54	Parral	Chihuahua	Km. 8 carrete	26° 56' 48.8"	105° 33' 37.2"	1756	9 NMNH-SI. A 59.0 km al W
55	Noria de Áñ	Zacatecas	Carr. De Nori	22° 24' 27.9"	101° 54' 02.7"	2426	8 UM. A 31.5 Km al SW

EVALUACIÓN MORFOLÓGICA Y PRODUCTIVA DE *Panicum hallii* Vasey EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE ZACATECAS
MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE EVALUATION OF *Panicum hallii* Vasey IN THE SEMIARID ZONE OF ZACATECAS

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}, José Francisco Villanueva Avalos², Adrián Raymundo Quero Carrillo³

¹Investigador del INIFAP; ²Ex-investigador del INIFAP ³Investigador del COLPOS

*Autor por correspondencia: rubio.francisco@inifap.gob.mx; fantonio.rubioaguirre@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es dar a conocer la presencia de enfermedades, plagas y algunos parámetros morfológicos y productivos de 38 accesiones de *Panicum hallii* en el Altiplano de Zacatecas del 2019 al 2023. Las plantas fueron colectadas en la zona norte-centro de México durante los años 2017 al 2018 y posteriormente trasplantadas a campo en marzo de 2019. Los resultados muestran nula presencia de Roya (*Puccinia graminis*), diferentes fechas de presencia de insectos: Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y Chapulines (Orthoptera: Acridoidea), diferencias entre altura, ancho y largo de hoja bandera, en hábito de crecimiento, forma de hoja, peso de fitomasa aérea y sobrevivencia. Se concluye que el pasto Rizado mostró una baja sobrevivencia y baja producción de forraje en suelos planos de textura franca.

Palabras clave: Diversidad morfológica, sobrevivencia, peso seco.

ABSTRACT

The objective of this study is to report the presence of diseases, pests and some morphological and productive parameters of 38 accessions of *Panicum hallii* in the Altiplano of Zacatecas from 2019 to 2023. The plants were collected in the north-central area of Mexico during the years 2017 to 2018 and subsequently transplanted to the field in March 2019. The results show no presence of Rust (*Puccinia graminis*), different dates of presence of insects: Red Spider (*Tetranychus urticae* Koch) and Grasshoppers (Orthoptera: Acridoidea), differences between height, width and length of flag leaf, in growth habit, leaf shape, weight of aerial phytomass and survival. It is concluded that Curly grass showed low survival and low forage production on flat soils with loamy texture.

Keywords: Morphological diversity, survival, dry weight.

INTRODUCCIÓN

El género *Panicum*, cuenta con alrededor de 400 especies distribuidas principalmente en los trópicos y subtropicos de ambos hemisferios; para México se reportan 65 especies. el zacate Panizo rizado *Panicum hallii* Vasey, son plantas perennes, cespitosas, glaucas, con culmos erectos de 10 a 75 cm de largo, 1-2 mm de ancho, simples o ramificados en los nudos inferiores, n = 19, crece comúnmente en matorrales, pastizales o praderas secas de zonas áridas, sobre suelos de lomeríos rocosos y pedregosos; también en suelos irrigados y húmedos, llegando hasta los 2300 msnm; florece de marzo a noviembre, se distribuye en el sur de Estados Unidos y en México. la especie tiene uso forrajero, sobre todo porque algunas de sus hojas permanecen verdes gran parte del año, sus poblaciones se reducen rápidamente

bajo sobrepastoreo: Nombres comunes: “panizo aserrín”, “panizo rizado”, “panizo rayado” (Valdés-Reyna *et al.*, 2009). La especie es escasa en los agostaderos del estado de Zacatecas, en un total de ocho sitios de muestreo, solamente en tres sitios el *P. hallii* con 1.02 a 3.23% de composición botánica (Rivera (1983). Dentro del componente herbáceo que ocurre en los mezquiales del centro norte del estado de Nuevo León, el *P. hallii* var. *hallii*, tiene un valor forrajero de bueno a excelente, encontrado una densidad de población de 333 a 400 plantas ha⁻¹, en donde en solo dos de los 20 sitios de muestreo realizados se observó una frecuencia del 10% (Guzmán *et al.*, 2016).). En relación a la presencia de insectos, es importante considerar que cuando la densidad del pastizal o biomasa es baja, los chapulines pequeños por unidad de área pueden causar daños severos (Barrientos y Almaguer, 2009). El estudio pretende dar a conocer la presencia de enfermedades, plagas, parámetros morfológicos, sobrevivencia y peso seco de 38 accesiones de *Panicum hallii* en la zona semiárida de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas - 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, 3.83 de materia orgánica y pobre en nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal; medio en fósforo, rico en potasio, extra rico en calcio y valores medios de magnesio. Suelo no salino-no sódico. Las estadísticas climatológicas normales de la estación CEZAC, indican promedios anuales de temperatura en 14.8 °C; una temperatura máxima *maximorum* de 34.0 °C; una temperatura mínima *minimorum* de -12.0 °C; oscilación térmica de 15.8 °C; precipitación 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 fotoperíodo de 12.0 horas (Medina y Ruiz, 2004). Fueron evaluadas 38 accesiones en el periodo de 2019 a 2023. La procedencia y número fueron: 15 de Coahuila, nueve de S.L.P., seis de Zacatecas, tres de Durango, dos de Chihuahua, dos de Nuevo León y una de Aguascalientes. Las plantas fueron colectadas mediante el “método de macollos” durante los años 2017 al 2018, bajo el permiso otorgado por la SEMARNAT el 03 de mayo 2017 (Oficio No. SGPA/DGGFS/712/1271/17). Después de ubicar la especie de interés, fueron seleccionadas varias macollas (colecta de población) las cuales fueron extraídas con un talacho con parte del suelo original. La recolección de macollos 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, condiciones de sitio y se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin etrex10 (latitud N, longitud W y altitud en msnm), además se tomaron fotografías las cuales eran enviadas vía WhatsApp a especialistas para su identificación. Las macollas fueron trasladadas a un invernadero ubicado en las instalaciones del CEZAC-INIFAP y colocadas en bolsas negras plásticas, cuyo sustrato estuvo compuesto de vermicomposta, tierra de mezquite y Peat moss en volumen (1:1:1). La fecha de trasplante al sitio de estudio fue del 14 al 15 marzo 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., 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 al 16 de marzo del 2020, y a partir de esta fecha el lote ya no volvió a recibir riego suplementario, quedando la evaluación bajo condiciones exclusivas de secano. La precipitación recibida de marzo a diciembre del 2019 fue de 474.3 mm; el 2020 de 530.7 mm; el 2021 de 646.6 mm, el 2022 de 286.6 mm y el 2023 de 247.6 mm. Las variables bajo estudio fueron: Presencia de Roya (*Puccinia graminis*) y plagas [Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y Chapulines (*Orthoptera: Acridoidea*)], las cuales fueron ubicadas con observaciones semanales del 20 de junio (171 DJ) al 11 de noviembre del 2019 (316 DJ), reportando la información en Días julianos (DJ). Para conocer Roya, se usó la siguiente escala cualitativa (0 – Sin infección; 0.1 – Rastro de infección, incluso si se observa una sola pústula de óxido; 1 – 1 a 20% infectado; 3 – 20 a 40%; 5 – 40 a 60% alrededor de la mitad de la planta; 7 – 60 a 80%; 9 – 80 o más %, casi completamente cubierto de óxido, pero algo de tejido verde y 10 – Infección total, hojas marrones quebradizas, sin tejido verde. La presencia de plagas, se hizo las mismas fechas que para Roya, anotando la presencia de individuos adultos de: Araña roja y Chapulines; Altura de planta (cm) cada 30 días durante los meses de julio a octubre del 2019 al 2022, reportado en este estudio solamente la última fecha de muestreo; Ancho de hoja bandera (mm), llevada a cabo por única ocasión el 8 de octubre del 2019, la cual fue hecha midiendo con una cinta el ancho de tres hojas banderas escogidas al azar por cada ecotipo, con la información recabada se calculó la media y la desviación estándar de cada material, incluyendo los ecotipos que a esa fecha habían emitido hoja bandera; Largo de hoja bandera (cm), igual que el inciso anterior; Hábito de crecimiento de planta, se llevó a cabo visualmente por única vez el 10 de octubre del 2019, de acuerdo a la Guía técnica para la descripción varietal de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] emitido por SNICS (2014a) en base a la siguiente clasificación de hábito de crecimiento de pasto var. Diana: erecto (76°-90°) 1; semi-erecto (60°-75°) 3; medio (entre 31° y 59°) 5; semipostrado (15°-30°) 7 y postrado (1°-14°) 9; Hoja: forma característica, se llevó a cabo visualmente por única vez el 10 de octubre del 2019, de acuerdo a la Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.) emitido por SNICS (2014b) en base a la siguiente clasificación de forma característica de la hoja: rectilínea 1; ligeramente curvada 3; curvada 5; fuertemente curvada 7 y muy fuertemente curvada 9; Peso seco (g), se llevó a cabo cortando toda la fitomasa aérea a finales de cada año del 2019 al 2022 y Sobrevivencia (%) en base al número de plantas vivas a fin de cada temporada de los años 2019 al 2023. Se realizó análisis estadístico solamente para las variables: Ancho y largo de hoja bandera, y la comparación de medias fue con Tukey al 0.05 (SAS, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se muestran en el Cuadro 1. En relación a las enfermedades y plagas sobre los materiales bajo estudio, no hubo presencia de Roya en ningún material; la primera presencia de Araña roja se dio a los 238 DJ sobre cinco ecotipos y continuó hasta la última fecha de

muestreo que fue a los 316 DJ sobre ocho ecotipos, sin afectaciones visibles sobre las plantas, sin embargo, es conveniente profundizar en los estudios sobre este insecto en gramíneas, por ser una plaga de interés económico para México (Estrada *et al*, 2012). El primer avistamiento de Chapulines se dio a los 273 DJ sobre nueve materiales, encontrando la mayor presencia de Araña y Chapulines para estas fechas. Se encontró un ecotipo que no tuvo ningún tipo de plagas el cual fue el No. 116, originario de Tepezalá, Ags, lo anterior puede ser explicado a las propiedades físicoquímicas de la planta, como ha sido evaluado para otras especies vegetales como *Bouteloua gracilis*, donde la palatabilidad, el contenido de agua y nutrientes influyen sobre la selección de las plantas (Hoffman *et al*, 2019). Cabe aclarar que las observaciones cualitativas sobre la presencia de Chapulines durante el tiempo del estudio no mostraron daños severos a los pastos. La altura de plantas (cm) para los diferentes años de muestreo se expresó en rangos de máxima y mínima, encontrando que la altura de los materiales en general fue de mayor a menor en función de los años de estudio. El año 2019 el ecotipo más alto fue el número 112 colectado en G. F.R. Murguía, Zac., con 80 cm, sin embargo, ese mismo material para el 2021 alcanzó solamente 5.0 cm, los datos anteriores en general concuerdan por lo reportado por Valdés-Reyna *et al*. (2009). En relación al ancho (mm) y largo (cm) de hoja bandera, se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre accesiones, el rango para hoja bandera estuvo entre 2.3 ± 0.5 a 4.7 ± 0.5 mm, obteniendo hojas menos angostas que Lowry *et al* (2015), quienes reportan materiales con 5.45 ± 0.12 mm de ancho; respecto al largo de hoja bandera los ecotipos estuvieron en un rango de entre 5.3 ± 2.5 a 15.9 ± 1.9 cm, lo cual coincide con los autores antes citado quienes reportan un material con 15.97 ± 0.3 cm, siendo muy similar al ecotipo colectado en Tepezalá, Ags. En relación al hábito de crecimiento de las plantas, 33 accesiones estuvieron dentro de la clase Semi-erecta y solamente dos Erectos. En la forma característica de hoja: 17 con forma rectilínea, 16 ligeramente curvada y dos fuertemente curvada, lo cual muestra cierta variabilidad morfológica dentro de las accesiones bajo estudio. En cuanto al peso seco (g planta^{-1}), hubo diferente respuesta entre los años de estudio, encontrando que el ecotipo No. 111 colectado en Río Grande, Zac., obtuvo el año 2020, $107 \text{ g planta}^{-1}$. Se encontraron bajos rendimientos de forraje seco de *P. hallii*, al ser comparados con los reportados por Palacio-Mejía *et al* (2021) quienes obtuvieron rendimientos de $151.9 \pm 52.8 \text{ g planta}^{-1}$. Al contar el número de plantas vivas y cosechadas a fin de cada temporada la sobrevivencia de *P. hallii* fue de 76.3, 71.0, 13.1, 5.2 y 0.0 %, durante 2019 a 2023, respectivamente.

Cuadro 1. Enfermedades, plagas, morfología, peso seco y sobrevivencia de accesiones de *Panicum hallii* en Calera de V.R., Zacatecas. México. 2019-2023.

Variable	Atributo morfológico	Fecha
Roya	Sin presencia	20/06 -11/11 2019
Primera presencia Araña roja (DJ)	238 DJ sobre cinco ecotipos	08/ 2019
Mayor presencia Araña roja (DJ)	273 DJ en 13 materiales	09/ 2019
Primera presencia de Chapulines (DJ)	273 DJ en 7 materiales	09/ 2019
Rango de altura (cm)	16.0 a 80.0	10/2019
Rango de altura (cm)	20.0 a 65.0	07/2020
Rango de altura (cm)	5.0 a 50.0	10/2021
Rango de altura (cm)	30.0 a 40.0	09/2022
Rango de ancho de hoja bandera (mm)	2.3 ± 0.6 - 4.7 ± 0.6	10/ 2019

Rango de largo de hoja bandera (cm)	5.3±2.5 a 15.9±1.9	10/ 2019
Hábito de crecimiento de planta	33 semi-erectos y dos erectos	10/ 2019
Hoja: forma característica	17 con forma rectilínea, 16 ligeramente curvada y dos fuertemente curvada	10/ 2019
Rango de peso seco (g planta ⁻¹)	1.0 a 44.0	12/ 2019
Rango de peso seco (g planta ⁻¹)	1.0 a 107.0	11/ 2020
Rango de peso seco (g planta ⁻¹)	1.0 a 13.0	11/ 2021
Rango de peso seco (g planta ⁻¹)	1.0 a 4.0	11/ 2022
Sobrevivencia (%)	76.3	10/ 2019
Sobrevivencia (%)	71.0	07/ 2020
Sobrevivencia (%)	13.1	10/ 2021
Sobrevivencia (%)	5.2	09/ 2022
Sobrevivencia (%)	0.0	11/ 2023

CONCLUSIONES

No se presentó Roya en ningún material. La mayor presencia de individuos adultos de Araña roja y Chapulín se encontraron a los 273 días julianos, sin que se observaran daños severos sobre las plantas atacadas. Se encontró variabilidad de rasgos morfológicos lo cual resalta la gran diversidad de ésta especie en el norte y centro de México. El peso seco y sobrevivencia de “Panizo rizado” fueron bajos, tal situación quizá se deba a que ésta especie de pasto es oriundo de suelos calcáreos con pendientes de lomeríos rocosos y pedregosos, mientras que el suelo bajo estudio es de topografía plana.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jesús Valdés Reyna (q.e.p.d.) por el apoyo en la identificación de la especie *Panicum hallii*. A los Drs. Rodolfo Velázquez Valle y Jaime Mena Covarrubias en la identificación enfermedades y plagas. A los Drs. Tom Juenger y Jason Bonnette por el apoyo en la conducción del trabajo experimental. Los datos fueron obtenidos con financiamiento del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) durante el periodo del 16/06/2017 al 30/08/2020, procedente de la Universidad de Texas, Austin, del proyecto titulado: “Adaptación al clima y la sustentabilidad en Switchgrass (*Panicum virgatum*) para explorar las interacciones del suelo con los microbios de la planta a través de gradientes ambientales a escala continental”. Al Dr. Francisco G. Echavarría Chairez, por el apoyo para el análisis estadístico de los datos.

LITERATURA CITADA

- Barrientos-Lozano L. & P. Almaguer-Sierra. 2009. Manejo sustentable de Chapulines (Orthoptera: Acridoidea) en México. Ensayo. VEDALIA 13 (2): 51-56, 2006.
- Estrada-Venegas, E.G., Jesús A. Acuña-Soto, M. Patricia Chaires-Grijalva y Armando Equihua-Martínez. (2012). Relevancia de los ácaros como plagas de importancia cuarentenaria en México. In: Ácaros de importancia cuarentenaria en México. Presente, pasado y futuro. Ed. Estrada-Venegas, E.G., Jesús A. Acuña-Soto, M. Patricia Chaires-Grijalva y Armando Equihua-Martínez. Colegio de Posgraduados. 1-62 p. Consultado en línea 21/08/2024. <file:///C:/Users/INIFAP-LENOVO/Downloads/Estradaetal2012ACM1-60.pdf>.
- Guzmán-Lucio M.A, R. Foroughbakhch-Pournavab, M. A. Alvarado-Vázquez, A. Rocha-Estrada, S. M. Salcedo-Martínez, y S. Moreno-Limón. 2016. Gramíneas de los mezquiales en el centro-norte de Nuevo León. Núm. 42, pp. 19-42, México. DOI: 10.18387/polibotanica.42.2. En línea 15/05/2024: chrome-

- extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n42/1405-2768-polib-42-00019.pdf
- Hoffman, A.M., Perretta, H., Lemoine, N.P. y Smith, M.D. 2019. Blue grama grass genotype affects palatability and preference by semi-arid steppe grasshoppers. *Acta Oecologica* 96: 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2019.03.001>
- Lowry D.B., Hernandez K., Taylor S.H., Meyer E., Logan T.L., Barry K.W., Chapman J.A., Rokhsar D.S., Schmutz J., and Juenger T.E. 2015. The genetics of divergence and reproductive isolation between ecotypes of *Panicum hallii*. *New Phytologist*. 205: 402–414 doi: 10.1111/nph.13027
- Medina G.G. y J.A. Ruiz C. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (período 1961-2003). Libro técnico No. 3. CEZAC-CIRNOC-INIFAP-SAGARPA. Calera de V. R., Zacatecas, México. 240 pp.
- Palacio-Mejía J.D., Grabowski P.P., Ortiz M.E., Silva-Arias G.A., Haque T., Des Marais D.L., Bonnette J., Lowry D.B. and Juenger T.E. 2021. Geographic patterns of genomic diversity and structure in the C4 grass *Panicum hallii* across its natural distribution. *AoB Plants* Vol. 13, No. 2. doi:10.1093/aobpla/plab002
- Rivera M.M. 1983. Determinación del Coeficiente de Agostadero en el Municipio de Huanusco, Zac. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. p. 45.
- SAS (2013) Statistical Analysis Software. Users' Guide Statistics Version 9.4. SAS Institute Inc., Cary.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas) 2014a. Guía técnica para la descripción varietal de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 26 p.
- SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas) 2014b. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 43 p.
- Valdés-Reyna, J., Zuluoga, 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.

HUMEDAD SUPERFICIAL DEL SUELO EN CONDICIONES DE SEQUÍA EXTREMA EN DOS ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS DEL NORTE DE MÉXICO SUPERFICIAL SOIL MOISTURE UNDER EXTREME DROUGHT CONDITIONS IN TWO SEMIARID ECOSYSTEMS OF NORTHERN MEXICO

Héctor Ramírez-Garduño^{1*}, Carlos G. Ochoa², Federico Villarreal Guerrero³, Gabriel Sosa Pérez¹, Pedro Jurado Guerra¹.

¹INIFAP-Campo Experimental La Campana, Chihuahua, Méx. ²Oregon State University, Corvallis, Oregon. ³Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Méx.

*Autor por correspondencia: ramirez.hector@inifap.gob.mx

RESUMEN

La sequía extrema en el norte de México ha provocado una reducción significativa en la disponibilidad de agua, afectando la agricultura y la ganadería, aumentando el riesgo de desertificación e incendios forestales. El objetivo del presente trabajo fue analizar la dinámica mensual de la humedad superficial del suelo (Hs) en un bosque de encino mezclado con pastizal y un pastizal mediano abierto como respuesta a la sequía extrema. El estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental La Campana, donde se seleccionaron dos áreas contiguas de 200 ha cada una. En cada área se tuvieron 20 puntos de muestreo en sitios ubicados aleatoriamente. En cada punto de muestreo se tomaron cinco lecturas de humedad del suelo (Hs) los primeros 3.8 cm. Los datos fueron analizados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para detectar diferencias mensualmente entre sitios y diferencias entre los sitios durante todo el experimento. Durante el período de muestreo (agosto 2023-julio 2024), el pastizal tuvo un mayor contenido de Hs (2.1 IQR 3 %) vs. encinos (1.1 IQR 1 %). En agosto 2023, la Hs fue mayor en el pastizal (5 IQR 1.9 %) vs. encinos (3.1 IQR 2 %). En cambio, la Hs fue mayor en los encinos (15.8 IQR 2.7 %) vs. pastizal (10.9 IQR 5.8 %) en julio de 2024. Estos resultados enfatizan como la estructura de la vegetación, ya sea dosel arbóreo o estrato herbáceo, influye en la captación de lluvia y retención de Hs, lo cual afecta la resiliencia de ambos ecosistemas ante la sequía extrema.

Palabras clave: bosque de encino, pastizal mediano abierto, retención de humedad, suelo somero.

ABSTRACT

Extreme drought in northern Mexico has led to a significant reduction in water availability, impacting agriculture and livestock production and increasing the risks of desertification and wildfires. This study aimed to analyze the monthly dynamics of surface soil moisture (Sm) in an oak woodland mixed with grassland and an open grassland in response to extreme drought conditions. The research was conducted at the Experimental Ranch La Campana, where two contiguous areas, each covering 200 hectares, were selected. In each area, 20 randomized sampling sites were established. At each sampling site, five soil moisture readings were taken. The data were analyzed using the non-parametric Kruskal-Wallis test to detect monthly differences between the sites and differences over the entire experimental period. During the sampling period (August 2023-July 2024), the grassland had a higher soil moisture content (2.1 IQR 3%) than the oak woodland mixed with grassland (1.1 IQR 1%).

In August 2023, the Sm was higher in the grassland (5 IQR 1.9%) compared to the oak woodland (3.1 IQR 2%). Conversely, in July 2024, the oak woodland had greater Sm (15.8 IQR 2.7%) than the grassland (10.9 IQR 5.8%). The results highlight the importance of vegetation structure (tree canopy or herbaceous layer) as a factor influencing rainfall interception and soil moisture retention, which impacts the resilience of both ecosystems under extreme drought conditions.

Keywords: Oak woodland, open grassland, soil moisture retention, shallow soil.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha tenido incidencia en períodos de sequía más largos y en el aumento en la temperatura, lo que afecta la humedad superficial del suelo. La humedad superficial del suelo interviene en el intercambio de agua y energía entre el suelo y la atmosfera (Su et al., 2014), interviene en ciclo del carbono orgánico en el suelo (Singh et al., 2021), entre otros. Según los pronósticos para el siglo 21, la temperatura aumentará de 1 a 3.7 °C (Liu et al., 2022). Como consecuencia de la sequía y del aumento de temperatura, los ecosistemas de bosque y de pastizal sufrirán una reducción drástica del contenido de humedad en el suelo, aumentando su vulnerabilidad ante dichos factores. Pequeños cambios en la humedad del suelo repercuten en el crecimiento de las plantas, especialmente en las herbáceas, debido a su sistema radicular superficial (Canadell, 1996). De acuerdo al tipo y estructura de la vegetación (arbórea y herbácea), la humedad superficial del suelo (0-25 cm) se conserva por más tiempo debajo del dosel debido a una reducción en la intercepción de la radiación solar, lo cual resulta en temperaturas más bajas, comparado al pastizal (Fernald et al., 2022). Como respuesta a la sequía extrema que atraviesa el estado de Chihuahua, en los valles centrales se ha observado defoliación de los encinos como estrategia para disminuir la transpiración y el poco crecimiento de los zacates, principalmente el zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*). Estos dos ecosistemas se encuentran dentro del acuífero El Sauz-Encinillas, el cual es uno de los principales acuíferos que abastecen a la ciudad de Chihuahua (Rivas-Lobera, 2019). Dentro de este, nace uno de los arroyos en el cerro La Campana que, alimenta la laguna de Encinillas (CONAGUA, 2016). El objetivo del estudio fue analizar la dinámica mensual de la humedad superficial del suelo (Hs) en un bosque de encino mezclado con pastizal y un pastizal mediano abierto como respuesta a la sequía extrema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Rancho Experimental La Campana, ubicado en el kilómetro 80 de la carretera Panamericana en el estado de Chihuahua. El área de estudio se sitúa dentro de la Sierra del Nido, a una altitud que varía entre 1500 y 1800 m. El promedio anual de precipitación, registrado entre 2017 y 2023, es de 244 mm, con una temperatura media anual que oscila entre los 12 y 17 °C. La vegetación predominante incluye zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), especies de Muhlenbergia, y encino (*Quercus arizonica*). Los suelos se clasifican como Regosol esquelético de textura gruesa y superficie pedregosa, así como Feozem epiesquelético también de textura gruesa y superficie pedregosa (SIATL V4). Se seleccionaron dos áreas contiguas de 200 ha cada uno con 50 m de separación entre ambas. Un área esta mayormente compuesta por encino mezclado con pastizal y otra mayormente compuesta por zacate africano. La precipitación se midió con una estación meteorológica

instalada en la parte suroeste del área del encino. , un pluviómetro al este en el área del encino, un pluviómetro ubicado en medio del área del pastizal y un pluviómetro instalado en la parte sur del área del pastizal. La distancia entre las estaciones próximas es de 1 km aproximadamente.

Dentro de cada sitio, se aleatorizaron 20 puntos de muestreo mediante el uso del software QGIS ver. 3.28.1. En cada punto de muestreo se tomaron 13 lecturas de Hs: una lectura en el punto de muestreo y tres lecturas con cinco metros de separación hacia cada punto cardinal. Este tipo de muestreo se realizó de agosto a diciembre 2023 y posteriormente se optó tomar cinco lecturas (una al centro y una lectura por cada punto cardinal con cinco metros de separación) de Hs en cada punto de muestreo debido a la poca variación encontrada entre lecturas. El muestreo de la Hs se realizó con el uso de una sonda TDR 300 (Time Domain Reflectometry, por sus siglas en inglés, Spectrum Technologies, Inc) los primeros 3.8 cm de profundidad debido a la pedregosidad de los suelos en ambos sitios. La sonda se calibró antes del inicio de cada muestreo de acuerdo al manual de usuario (Field Scout, 2009). El muestreo de Hs solamente se realizó una vez al mes durante dos días consecutivos. Septiembre fue el único mes que no se realizó el muestreo por el cual solo se presentan resultados de 10 meses de datos.

El análisis estadístico consistió en la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis con el método Dunn (post-hoc análisis) para detectar diferencias mensuales entre los sitios y diferencias entre los sitios durante todo el periodo de muestreo. Se reportan las medianas y el rango intercuantil (IQR) con un nivel de alfa de $P < 0.05$. Los análisis se realizaron en el software SigmaPlot ver. 12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación total registrada (agosto a diciembre 2023) en la estación meteorológica fue de 124.40 mm y 208.70 mm (enero a julio) en el 2024. El rango de precipitación fue de 4.30 (octubre) a 94.20 mm (agosto) durante el 2023 y del 2.30 mm (mayo) a 83.60 mm (julio) en el 2024.

Durante los 10 meses de muestreo, la Hs fue mayor en el sitio del pastizal *vs.* encino ($P < 0.001$). El pastizal tuvo un mayor contenido de Hs (2.1 IQR 3 %) *vs.* encinos (1.1 IQR 1 %). En este periodo se tuvieron diferencias significativas entre los sitios. Es decir, de agosto a octubre (exceptuando septiembre) de 2023, la Hs fue mayor en el pastizal. En enero y julio de 2024, la Hs fue mayor en el encino (Cuadro 1). La diferencia significativa mayormente en un sitio pudo deberse al tipo y estructura de vegetación y la cantidad de lluvia registrada al día del muestreo. Por ejemplo, en 2023 antes del día de muestreo, se registraron 49.8 mm, 2.8 mm y 11.5 mm en agosto, octubre y noviembre, respectivamente. En agosto de 2023, los suelos someros y alto contenido de hojarasca bajo el dosel del encino provocaron que se tuviesen lecturas bajas de Hs comparado al pastizal el cual influyó en la diferencia estadística (Cuadro 2). En los subsecuentes meses se muestreo más detalladamente debajo del dosel hasta obtener lecturas mayores al 0.1 %, ya que la varilla de 3.8 cm de largo del sensor debe penetrar por completo para evitar bajos porcentajes de Hs. La lluvia registrada durante los meses de octubre y noviembre fue interceptada por el dosel de los encinos, lo cual se reflejó en porcentajes bajos de Hs (Cuadro 2). La estructura y tipo de vegetación influyeron en la

captura o intercepción de la lluvia, ya que los rangos de intercepción son de 13.6 % en bosque de encino (Cantú y Gonzales, 2002) y 16 % en pastizal (Duoinot et al., 2019). En 2024, enero y julio tuvieron un mayor contenido de Hs en el encino comparado con el pastizal (Cuadro 1). El micro clima creado por el dosel del árbol pudo haber influenciado la Hs. Debajo del dosel se registraron temperaturas del suelo de 24 °C vs. 30 °C en el pastizal. Las hojas de los árboles absorben parte de la radiación solar creando microclimas (De Frenne et al., 2019) en los cuales la temperatura del suelo es menor y la humedad del suelo es mayor, comparado con áreas abiertas o entre árboles (Von Arx et al., 2013). Esto influenció en la posible evaporación del suelo en el pastizal (menor contenido de Hs) y consecuentemente en la retención de Hs debajo del dosel. En julio se registró la lluvia con un total de 83.60 mm. Similar a las temperaturas registradas en enero, debajo del dosel se registraron 24 °C y 33.3 °C en el pastizal. Como resultado, la Hs fue mayor en el sitio de encinos vs. pastizal (Figura 1).

Cuadro 1. Medianas e intercuantiles (IQR) en las áreas de estudio y significancia estadística.

Año	Mes	Sitio	N*	Mediana	IQR	Valor de P
2023	Agosto	Encinos	162	3.1	2	< 0.001
		Pastizal	223	5	1.9	
	Octubre	Encinos	216	1.1	1	0.003
		Pastizal	214	1.1	0	
	Noviembre	Encinos	217	1.1	1	0.001
		Pastizal	214	1.1	0	
	Diciembre	Encinos	70	5	1.9	0.187
		Pastizal	74	5	1.9	
2024	Enero	Encinos	44	3.1	1	0.033
		Pastizal	64	2.1	1.75	
	Febrero	Encinos	100	1.1	0	0.167
		Pastizal	100	1.1	1	
	Marzo	Encinos	99	1.1	1	0.158
		Pastizal	100	1.1	1	
	Abril	Encinos	94	1.1	0	0.129
		Pastizal	100	1.1	0	
	Mayo	Encinos	99	1.1	1	0.771
		Pastizal	63	1.1	1	
	Junio	Encinos	82	1.1	1	0.498
		Pastizal	66	1.1	0	
	Julio	Encinos	101	15.8	2.7	< 0.001
		Pastizal	100	10.9	5.8	

* Número de datos

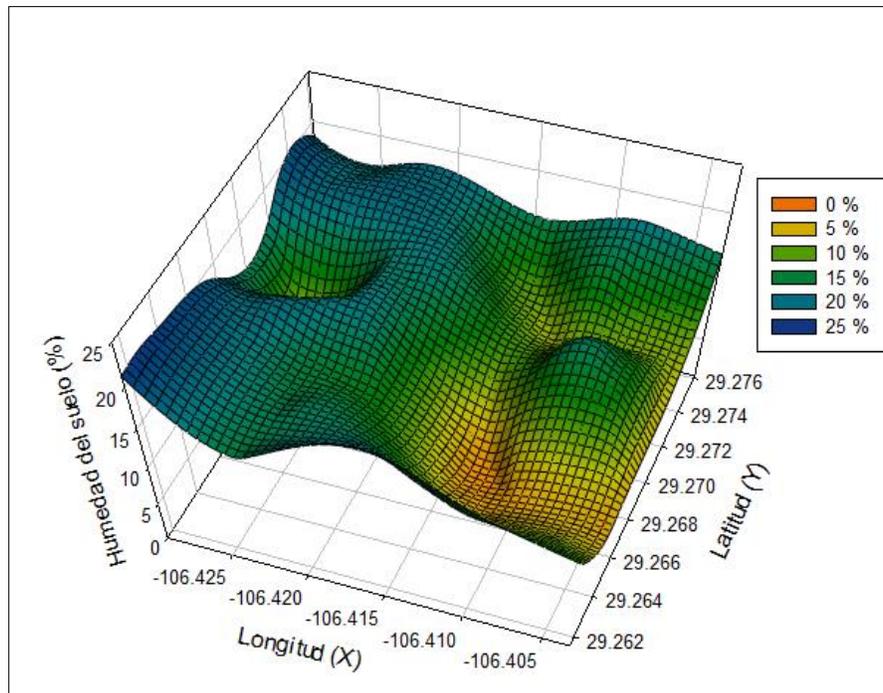


Figura 1. Promedio de humedad superficial del suelo en julio de 2024 en el área de encinos (izquierda) y pastizal (derecha). La gráfica representa un área de 400 ha.

CONCLUSIONES

El tipo y estructura de la vegetación (arbórea y herbácea) influenciaron en la Hs (ej. evaporación del suelo y retención de Hs) debido al microclima creado por la vegetación. Sin embargo, durante la época seca o de baja precipitación, ambos ecosistemas tuvieron niveles de Hs similares, lo que sugiere que la capacidad de retención de humedad del suelo puede verse limitada bajo condiciones de estrés hídrico extremo.

LITERATURA CITADA

- Canadell, J.; R.B. Jackson.; J.B. Ehleringer.; H.A. Mooney.; O.E. Sala.; E.D. Schulze. 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia*, 108(4), 583–595.
- Cantú, I.; H. González. 2002. Propiedades hidrológicas de los bosques de pino-encino en el noreste de México. *Ciencia UANL*, 001;72-78.
- Comisión Nacional del Agua. 2016. Evaluación de las fuentes actuales de abastecimiento a la ciudad de chihuahua, estudio de factibilidad de fuentes alternas y anteproyecto de infraestructura hidráulica necesaria, Capítulo 3, Tomo 8, Acuífero: El Sauz Encinillas
- De Frenne, P.; F. Zellweger.; F. Rodríguez-Sánchez.; B.R. Scheffers.; K. Hylander.; M. Luoto.; J. Lenoir. 2019. Global buffering of temperatures under forest canopies. *Nature Ecology & Evolution*, 3(5), 744–749.
- Douinot, A.; D. Tetzlaff.; M. Maneta.; S. Kuppel.; H. Schulte-Bisping.; C. Soulsby. 2019. Ecohydrological modelling with EcH2O-iso to quantify forest and grassland effects on water partitioning and flux ages. *Hydrological Processes*, 33(16), 2174-2191.
- Field Scout, 2009. TDR 300 Soil moisture meter: Product manual. 31 p.

- Liu, Z.; Y.H. Fu.; X. Shi, X.; T.R. Lock., R.L. Kallenbach.; Z. Yuan. 2022. Soil moisture determines the effects of climate warming on spring phenology in grasslands. *Agricultural and Forest Meteorology*, 323, 109039.
- Rivas Lobera, L. 2019. Modelo De unidades geoelectricas del acuífero el Sauz-Encinillas, Chihuahua, México. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Méx. 70 p.
- Singh, S.; M.A. Mayes., A. Shekoofa.; S.N. Kivlin.; S. Bansal.; S. Jagadamma. 2021. Soil organic carbon cycling in response to simulated soil moisture variation under field conditions. *Scientific reports*, 11(1), 10841.
- SU, S. L.; D.N. Singh., M.S. Baghini. 2014. A critical review of soil moisture measurement. *Measurement*, 54, 92-105.
- Von Arx, G.; E. Graf Pannatier.; A. Thimonier., M. Rebetez. 2013. Microclimate in forests with varying leaf area index and soil moisture: potential implications for seedling establishment in a changing climate. *Journal of ecology*, 101(5), 1201-1213.

CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS DEL *Cenchrus purpureus* VC CUBA CT-115 EN PASTOREO EN TRÓPICO DE VERACRUZ, MÉXICO PHENOLOGICAL CHARACTERISTICS OF *Cenchrus purpureus* VC CUBA CT- 115 IN TROPICS OF VERACRUZ, MEXICO

Raymundo Salvador Gudiño Escandón^{1-2*}, José Andrés Díaz Untoria³, María Luisa Méndez Ojeda¹, Vicente Eliezer Vega Murillo², Verena Torres Cárdenas³, Cesar Padilla Corrales³ y Ramon Omar Martínez Zubiatur³

¹ Unión Ganadera Regional del Centro de Veracruz. México. Urano s/n, Col. Jardines de Mocambo, C.P. 94299, Boca del Rio, Ver. ²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Veracruzana. Circunvalación s/n, Veracruzana, C.P. 91710, Veracruz, Ver. ³Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba. WX4H+46R, San José de las Lajas, Cuba.

*Autor por correspondencia: rgudino@uv.mx

RESUMEN

El estudio se desarrolló en 2019, en una lechería comercial de 26 ha en sistema doble propósito (SDP) con razas locales (cruzas de Holstein x Cebú), representativas del trópico de Veracruz, México. El banco de biomasa como sistema sustentable, permitió estudiar características fenológicas del *Cenchrus purpureus* vc Cuba CT-115 antes y después del pastoreo en periodo lluvioso (PL) y poco lluvioso (PPL) con riego y sin riego. Se realizó análisis de varianza en un método de clasificación simple. Las mejores características fenológicas se obtuvieron en el PL antes de pastar, altura 174., largo de la hoja 127.04, ancho de la hoja 2.82, largo del tallo 152.16, grueso del tallo 1.61 todos expresados en centímetros. El largo del segundo entrenudo, grueso del tallo, hoja y altura explican el comportamiento de la extracción de biomasa a expensas de la hoja y tallo. En las situaciones estudiadas, las características fenológicas antes y después del pastoreo del Cuba CT-115 se corresponden con los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en otras latitudes tropicales.

Palabras Clave: Banco de biomasa, características fenológicas, periodo lluvioso, periodo poco lluvioso.

ABSTRACT

The study was developed in 2019, in a 26 ha commercial dairy in dual purpose system (SDP) with local breeds (Holstein x Zebu crosses), representative of the tropics of Veracruz, Mexico. The biomass bank as a sustainable system allowed the study of phenological characteristics of *Cenchrus purpureus* vc Cuba CT-115 before and after grazing in rainy (PL) and light rainy (PPL) periods with irrigation and without irrigation. Analysis of variance was performed in a simple ranking method. The best phenological characteristics were obtained in the PL before grazing, height 174., leaf length 127.04, leaf width 2.82, stem length 152.16, stem thickness 1.61 all expressed in centimeters. The length of the second internode, stem thickness, leaf and height explain the behavior of biomass extraction at the expense of leaf and stem. In the situations studied, the phenological characteristics before and after grazing of Cuba CT-115 correspond to the results obtained in research carried out in other tropical latitudes.

Key words: Biomass banks, phenological characteristics, rainy period, low rainfall period.

INTRODUCCIÓN

La introducción de los bancos de biomasa en pastoreo con razas locales pretende incluir en los SDP tecnologías factibles y rentables para disminuir sus costos de producción. La tecnología de los bancos de biomasa con el pasto Cuba CT-115 (*Cenchrus purpureus* vc Cuba CT-115) fue desarrollada y extendida en la ganadería cubana a partir del año 1995 y consiste en segregar hasta el 30% del área de pastoreo de la lechería, para sembrarla con Cuba CT-115 y almacenar esa biomasa (20-25 tMSha⁻¹), desde agosto hasta noviembre. Esta área se pastorea en tres rotaciones, durante el período poco lluvioso (Martínez y Herrera, 2006). En el Estado de Veracruz, particularmente la zona centro, el *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 es un recurso forrajero de reciente introducción. Los productores ganaderos en sistemas doble propósito lo han establecido como un sistema sustentable en sus predios con pocas referencias sobre su comportamiento y necesidades de manejo. Por ello es necesario realizar investigaciones que permitan obtener información acerca del potencial de producción de biomasa, características fenológicas, del pasto antes y después de cada pastoreo en periodo lluvioso y poco lluvioso con riego y sin riego.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El estudio se desarrolló en 2019, en una lechería comercial de la zona centro del Estado, en la localidad de Jamapa. La unidad cuenta con 26 ha en sistema doble propósito. Este municipio se encuentra ubicado en la zona centro del Estado, en las coordenadas 19° 03' de latitud norte y 96°14' de longitud oeste. Limita al noroeste con el municipio de Manlio Fabio Altamirano, al noreste con Medellín, al sur con Tlaxiucoyan y Cotaxtla, al oeste con Soledad de Doblado. Tiene una superficie de 132,41 km², que representa el 0,18% del total del estado. (SECTUR, 2019).

Condiciones climatológicas

El área se encuentra a 67msnm sobre el nivel del mar. El clima es tropical AW de acuerdo con la clasificación Köppen-Geiger, con temperatura media anual de 25,9° C; la precipitación pluvial media anual es de 1393.3 milímetros (Domínguez *et al.*, 2017; SECTUR, 2019). En el cuadro 1 se muestra el resumen anual de observaciones climatológicas en la Estación el Tejar, Municipio Medellín de Bravo, Estado de Veracruz, que es la Estación más cercana del área experimental. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en Jamapa. El mes menos lluvioso es marzo, con 60 mm de precipitación.

Cuadro 1. Variables climatológicas 2014-2019 en estación más cercana

AÑO	Temperatura (°C)			Precipitaciones (mm)	Evaporación (mm)
	Máximo	Mínimo	Media		
2014	36	15.5	25	1425.5	1625.22
2015	36.5	16	25	1328.5	1265.25
2016	36	15	25	1235.5	919.78
2017	36	15	26	1569.5	1423.62
2018	36	15	27	1420.4	2092.34
2019	37	15	28	1380.4	1909.30

La mayor cantidad de precipitación ocurre en septiembre, con un promedio de 235 mm (CLIMATE-DATA, 2018). Mayo es el mes más cálido con un promedio de 28.7 ° C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en enero, cuando esta alrededor de 21.8°C. La precipitación varía 176 mm entre el mes poco lluvioso y el mes más lluvioso. La variación en las temperaturas durante todo el año es 6.9°C.

Estudio de las características fenológicas del Cuba CT- 115 en pastoreo.

Teniendo en cuenta que el banco de biomasa con Cuba CT-115 es una de las innovaciones introducidas al sistema doble propósito por los productores, se estudiaron las características fenológicas antes y después del pastoreo en periodo lluvioso y poco lluvioso con riego y sin riego.

Muestreos

Para determinar las características fenológicas del pasto, antes y después del pastoreo, se tomaron alturas, antes de cortar a machete a ras del suelo, en cinco réplicas escogidas al azar, de 5.0 m². De cada réplica se extrajeron cinco plantas, para determinar largo del tallo, largo del segundo entrenudo, grosor del tallo, longitud y ancho de las hojas.

Análisis estadístico del estudio.

Las medidas fenológicas tomadas en las tres situaciones, antes y después del pastoreo, fueron analizadas por análisis de varianza en un modelo de clasificación simple que incluyo como variable explicativa el periodo: poco lluvioso con riego o sin riego y el lluvioso, antes y después del pastoreo. Las diferencias entre medias se probaron con la prueba *t* protegida de Fisher.

Análisis de suelo

Se realizó análisis de las muestras compuestas de suelo tomadas en el área experimental. El área presentó el suelo moderadamente ácido, pobre en N, P, K y Mg y deficiente en cobre. Similar a otros suelos Migajón Arenoso de la zona, con más de 70 % de arena. Aunque se cataloga como rico en materia orgánica, es considerado poco fértil, por su bajo valor de N, P, K.

Características fenológicas del Cuba CT- 115 antes y después del pastoreo.

En el cuadro 2, se muestran los resultados de las características fenológicas antes y después del pastoreo en las tres situaciones estudiadas. Se comparan situaciones diferentes que, obligatoriamente, conducen a un alto Error Estándar, sin embargo, los valores de probabilidad son significativos. El mayor desarrollo en altura del pasto ocurrió en el periodo lluvioso antes de pastar (174.44 cm), lo que es lógico, debido a la mayor temperatura y humedad, le siguió el período poco lluvioso antes de pastar con riego, con 121.92 cm; se destaca la respuesta favorable al uso del riego, toda vez que se obtuvo 37.48 cm más que lo obtenido en el período poco lluvioso sin riego antes de pastar, que fue de 84.44cm.

El largo del segundo entrenudo, el grueso del tallo y la altura caracterizan al pasto Cuba CT-115 y corroboran que se trata de esta variedad ante equivocaciones y cambios de nombre comúnmente encontrados en las condiciones de producción. Estas características fenológicas ayudan a explicar el comportamiento de la extracción de biomasa del potrero, que ocurre a expensas de las hojas y parte del tallo.

Cuadro 2. Características del Cuba CT- 115 antes y después del pastoreo.

Tratamiento	Altura Planta	Largo de Hoja	Ancho Hoja	Largo Tallo	Grueso Tallo	Largo Entrenudo
Período poco lluvioso sin riego antes de pastar	84.44b	105d	1.55b	64.8b	1.31 ^a	9.18a
Período poco lluvioso sin riego después de pastar	66.52a	47.04b	0.4 ^a	50.56 ^a	1.3 ^a	10.54b
Período poco lluvioso con riego antes de pastar	121.92c	113.72d	1.86c	98.6c	1.4 ^a	12.08c
Período poco lluvioso con riego después de pastar	88.2b	33.96a	0.28 ^a	91.72c	1.36 ^a	12.94c
Período lluvioso antes de pastar	174.44d	127.64e	2.82d	152.16d	1.61b	12.53c
Período lluvioso después de pastar	120.08c	92.72c	1.39b	105.76d	1.59b	12.44c
Error Estándar (±)	65.16	49.24	0.046	62.06	0.011	0.73
Valor p	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0002	<0.0001

DISCUSIÓN

Las diferencias en las alturas, antes y después del pastoreo, oscilaron entre 20 y 50 cm, mientras que las desigualdades en el largo del tallo oscilaron entre 7 y 40 cm. Las diferencias en el largo de la hoja son altas, antes y después del pastoreo y, oscilaron, entre 35 y 60 cm. Al respecto en un estudio realizado bajo condiciones de sequía en Valle del Cauto, con Cuba CT-115, se obtuvo una altura de 96.1cm (Ray *et al.*,2016). A su vez también en un estudio sobre la morfología del pasto *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 en Honduras reportan medidas de 128.8 y 3.01 cm de largo y ancho de la hoja respectivamente a los 90 días (Medrano y Martínez *et al.*, 2021). El largo del entrenudo en esta investigación se corresponde a otro estudio en el que mencionan que este cultivar presenta entrenudos cortos y baja altura por lo que tiene potencial para utilizarse en pastoreo directo (Ramos *et al.*,2021). Bajo condiciones diferentes de manejo, en pastoreo o corte las características obtenidas en esta investigación están dentro de los rangos reportados en otros estudios (Caballero *et al* 2016; Fortes *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

El estudio permitió mostrar que en las 3 situaciones estudiadas las características fenológicas antes y después del pastoreo del *Cenchrus purpureus* vc. Cuba CT-115 en la zona tropical del centro del estado de Veracruz, México se corresponden con los resultados obtenidos en investigaciones realizadas en otras latitudes tropicales.

BIBLIOGRAFÍAS

- Caballero. A.G., Martínez. Z.R.O., Hernández. C.M.B., Navarro. B.M. 2016. Characterization of the yield and quality of five accessions of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. *Pastos y Forrajes*. Vol. 39. No.2. 94-101.
- CLIMATE-DATA. 2018. Clima en Jamapa. Consultado en línea .27/01/2021.<https://es.climatedata.org/americadelnorte/mexico/veracruz-de-ignacio-de-la-llave/jamapa-344222/#climate-table>.
- Domínguez. B., Hernández. A., Rodríguez. A., Cervantes. P., Barrientos. M. & Pinos. J.M. 2017. "Changes in Livestock Weather Security Index (Temperature Humidity Index. THI). During the Period. 1917-2016 in Veracruz. Mexico". *Journal of Animal Research*. Num. 7. 6:983-991. ISSN: 2277-940X. Consulted: 19/07/2021 DOI: <https://doi.org/10.5958/2277-940X.2017.00149.8>.
- Fortes. D., Herrera. R., García. M., Cruz. A. y Romero. A. 2014. Análisis del crecimiento del *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la tecnología de banco de biomasa. *Rev. Cubana Cienc.* 48:2.
- Martínez. R.O. & Herrera. R.S. 2006. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: *Producción y manejo de los recursos forrajeros tropicales*.
- Medrano. E.R. A. Martínez. B.C.C. 2021. Estudio preliminar del pasto *Pennisetum purpureum* vc. CT-115 en condiciones de Zanonano. Honduras. Tesis de grado. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria.
- Ray. J.R.S., Herrera. D., Menitez. D., Diaz. R. y Arias. 2016. Multivariate analysis of the agronomic performance and forage quality of new clones of *Pennisetum purpureum* drought tolerant in Valle del Cuato. Cuba. *Cub. J. Agric. Sci.* 50:639-648.
- SECTUR. (Secretaría de Turismo). 2019. Veracruz me llena de orgullo. Consultado en línea :19/04/2019. <https://www.veracruz.mx/destino.php?Municipio=90>.

FERMENTACIÓN *in vitro* Y PRODUCCIÓN DE GAS DE PASTO CAMELLO COSECHADO A DIFERENTE MANEJO AGRONÓMICO *In vitro* FERMENTATION AND GAS PRODUCTION OF CAMELLO GRASS HARVESTED UNDER DIFFERENT AGRONOMIC MANAGEMENT

Juan Eduardo Godina Rodríguez¹, Fernando Lucio Ruíz², Jonathan Raúl Garay Martínez³, Luis Alberto Miranda-Romero⁴, Andrés Gilberto Limas Martínez⁵, Santiago Joaquín Cancino^{5*}

¹INIFAP, Campo Experimental Uruapan, Av. Latinoamericana 1101, Col, Revolución, C.P. 60150. Uruapan, Michoacán, México. ²INIFAP, Campo Experimental San Luis, km 14.5 Carretera San Luis Potosí-Matehuala, C.P. 78430. Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México. ³INIFAP, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, C.P. 89610. Altamira, Tamaulipas, México. ⁴Universidad Autónoma Chapingo, Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, km. 38.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 5623. Estado de México, México. ⁵Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus, C.P. 87149. Cd Victoria, Tamaulipas, México.

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

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la fermentación y producción de gas *in vitro* de pasto Camello (GP 3025) a diferente intervalo (5 y 7 semanas) e intensidad de corte (10 y 20 cm). El forraje se cosechó a los intervalos e intensidades descritas anteriormente, se secó y molió en un molino Thomas-Wiley usando una criba de 1 mm de diámetro. Al forraje se le determinó el volumen máximo (V_m ; mL g⁻¹), tasa de velocidad (S; h⁻¹) y fase lac o de retardo (L; h) de producción de gas. Se realizó un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM con un diseño de bloques completos al azar y, una prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de significancia. Los valores de V_m obtenidos no presentaron diferencia estadística ($p > 0.05$), mientras que, los valores de S y L presentaron diferencias ($p < 0.05$). Los mayores valores de S se obtuvieron al cosechar a intensidad de 10 cm e intervalo de cinco y siete semanas (0.0307 y 0.0286 h⁻¹, respectivamente). En la variable L, el mayor valor se obtuvo al cosechar a intervalo de siete semanas e intensidad de 20 cm (9.1 h). El intervalo e intensidad de corte incide sobre los parámetros de fermentación y la producción de gas, obteniendo los mejores resultados en S y L al cosechar a intensidad de 10 cm independientemente del intervalo de corte.

Palabras clave: *Urochloa* híbrido, intervalo e intensidad de corte, parámetros de fermentación, volumen acumulado de gas.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the *in vitro* fermentation and gas production of Camello grass (GP 3025) at different intervals (5 and 7 weeks) and cutting intensities (10 and 20 cm). The forage was harvested at the intervals and intensities described above, dried and ground in a Thomas-Wiley mill using a 1 mm diameter sieve. The maximum volume (V_m ; mL g⁻¹), velocity rate (S; h⁻¹) and lag phase (L; h) of gas production were determined for the forage. A variance analysis was performed with the PROC GLM procedure with a randomized complete block design and a Tukey mean comparison test at 5% significance. The V_m values obtained did not present statistical differences ($p > 0.05$), while the S and L values presented

differences ($p < 0.05$). The highest S values were obtained when harvesting at an intensity of 10 cm at intervals of five and seven weeks (0.0307 and 0.0286 h^{-1} , respectively). In the variable L the highest value was obtained when harvesting at an interval of seven weeks at an intensity of 20 cm (9.1 h). The cutting interval and intensity affect the fermentation parameters and gas production, obtaining the best results in S and L when harvesting at an intensity of 10 cm regardless of the cutting interval.

Keywords: *Urochloa* hybrid, cutting interval and intensity, fermentation parameters, accumulated gas volume.

INTRODUCCIÓN

Los forrajes son la principal fuente de alimentación de rumiantes en las regiones tropicales, sin embargo, también son la fuente de menor valor nutricional, debido al estado fenológico en que se encuentra la planta al ser cosechado el forraje. De acuerdo con Godina-Rodríguez *et al.* (2023), el rendimiento y valor nutricional de los pastos es modificado por el manejo agronómico proporcionado a la pradera como el intervalo e intensidad de corte, que, a su vez, también inciden en la fermentación *in vitro* sobre la producción de gas y digestibilidad del forraje. En el contexto anterior, al evaluar los híbridos de *Urochloa*: Cobra, Cayman y Mulato II a diferentes edades (7, 21, 35, 49 y 63 días) e intensidades (10 y 15 cm) de corte, Sánchez-Santillán *et al.* (2022) obtuvieron mayores valores de producción de gas en el componente hoja a edad de rebrote de siete días (130.46 , 129.91 y $119.12 \text{ mL g}^{-1} \text{ MS}$) con respecto a los obtenidos a los 63 días (67.32 , 110.84 y $94.16 \text{ mL g}^{-1} \text{ MS}$) en los cultivares Cayman, Cobra y Mulato II, respectivamente, así mismo, los valores mayores de producción acumulada de gas fueron superiores al cosechar los híbridos a intensidad e 10 cm ($p < 0.05$), lo anterior, es atribuido al corto periodo de rebrote en el cual se cosecho el pasto, ya que cuando se prolonga la edad de corte y, además, se disminuye la intensidad de corte se obtiene mayor contenido de lignina, lo cual, impide que se fermenten los carbohidratos no estructurales que contiene el forraje, dando como resultado menor producción de gas (Almaraz-Buendía *et al.*, 2019). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la fermentación y producción de gas *in vitro* de pasto Camello (GP 3025) a diferente intervalo (5 y 7 semanas) e intensidad de corte (10 y 20 cm).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Microbiología del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. El pasto evaluado del género *Urochloa* fue: Camello I (GP 3025) cosechado a intervalo de 5 y 7 semanas e intensidad de 10 y 20 cm de corte durante el 2020 y 2021. Las muestras de forraje se secaron en una estufa de aire forzado a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta obtener peso constante, posteriormente, el forraje se molió en un molino Thomas-Wiley® usando una criba de 1 mm de diámetro. Se utilizó medio de cultivo compuesto por 2 L de una solución Buffer-mineral reducida compuesta por: agua destilada (1,498 mL), solución mineral I (150 mL), Solución mineral II (150 mL), buffer (100 mL), solución reductora (100 mL), resazurina 0.1 % (2 mL) y fluido ruminal fresco (1 L). En viales serológicos de 120 mL con 0.5 g de forraje de los híbridos de *Urochloa* se agregaron 50 mL del medio de cultivo, bajo flujo continuo de CO_2 , para mantener condiciones de anaerobiosis. El vial se cerró con un tapón de neopreno y arillo de aluminio con centro

removible. Los biodigestores se incubaron en baño maría a 39 °C por 72 h. Las muestras de forraje fueron fermentadas y el gas producido fue evaluado a las 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 42, 48 60 y 72 h mediante la técnica de producción de gas de Menke y Steingass (1988) y Theodorou *et al.* (1994), siguiendo un procedimiento modificado y descrito por Miranda-Romero *et al.* (2018). El volumen máximo (V_m ; mL g⁻¹), la velocidad o tasa específica (S ; h⁻¹) y la fase Lag o de retardo (L ; h) de la producción de gas se estimaron mediante una función monofásica de acuerdo con Schofield *et al.* (1994).

Los datos de las variables evaluadas se analizaron con el programa PROC GLM (SAS, 2002) con un diseño de bloques completos al azar y, una prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de significancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El volumen máximo (V_m) de gas no mostró diferencias estadísticas ($p > 0.05$) entre los intervalos e intensidades evaluadas (Cuadro 1). Para la variable S (tasa de velocidad) y L (fase lag o de retardo), el análisis mostró diferencias estadísticas ($p < 0.05$). Los mayores valores para S se obtuvieron al cosechar a intensidad de 10 cm, independientemente del intervalo de corte, lo anterior, se debe al estado fenológico en que se encontraba el pasto al momento de la cosecha, ya que al disminuir la intensidad de corte se obtiene menor acumulación de tallo, lo cual, reduce los contenidos de fibra y lignina en el forraje (Godina-Rodríguez *et al.*, 2023) y de acuerdo a lo reportado por Sánchez-Santillán *et al.* (2022), cosechar a mayor intensidad induce mayor velocidad de fermentación (S) y mayor producción de gas. Lo anterior se correlaciona con mayor contenido de proteína y energía presente en el forraje (Arce-Ramírez *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Parámetros (V_m , S y L) de la cinética de producción de gas de fermentación de forraje de pasto Camello cosechado a diferente intervalo e intensidad de corte.

Intervalo (Semanas)	Intensidad (cm)	V_m (mL g ⁻¹ MS)	S (h ⁻¹)	L (h)
5	10	280 a	0.0307 a	6.8 b
	20	266 a	0.0266 b	7.3 b
7	10	272 a	0.0286 ab	7.5 b
	20	258 a	0.0279 b	9.1 a

V_m : volumen máximo; S : tasa de velocidad; L : fase lag o de retardo. Literales diferentes (a, b) entre columnas indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

En cuanto a la fase lag o de retardo (L), el mayor valor se obtuvo al cosechar a intervalo de siete semanas e intensidad de 20 cm ($p < 0.05$), mientras que, en los otros tratamientos no se obtuvieron diferencias ($p > 0.05$). De acuerdo con Villegas-Castañeda *et al.* (2010), (L) indica el tiempo que transcurre en que los microorganismos inicien el proceso de degradación de los nutrientes del sustrato, el cual, resulta mayor de acuerdo al contenido de fibra presente en el forraje. Al respecto, Sandoval *et al.* (2016) al evaluar el pasto *Cynodon lemfuensis* a diferentes intervalos de corte (35, 42, 49, 56, 63 y 70 días), no encontraron diferencias entre los valores de (L). Al evaluar los cultivares híbridos de *Urochloa* Cayman, Cobra y Mulato II a diferente intensidad de corte (10 y 15 cm), Sánchez-Santillán *et al.* (2022) reportaron

menores valores de (L) al cosechar a intensidad de 15 cm. Al respecto, se menciona que los parámetros de fermentación pueden ser afectados por las siguientes causas: tipo de fuente de inóculo, la dieta, tiempo de incubación, período de recolecta, el forraje incubado, equipo utilizado para la medición del gas y el tamaño de la partícula del sustrato (Magalhães *et al.*, 2010), por lo que pueden existir diferencias en cuanto a los resultados obtenidos.

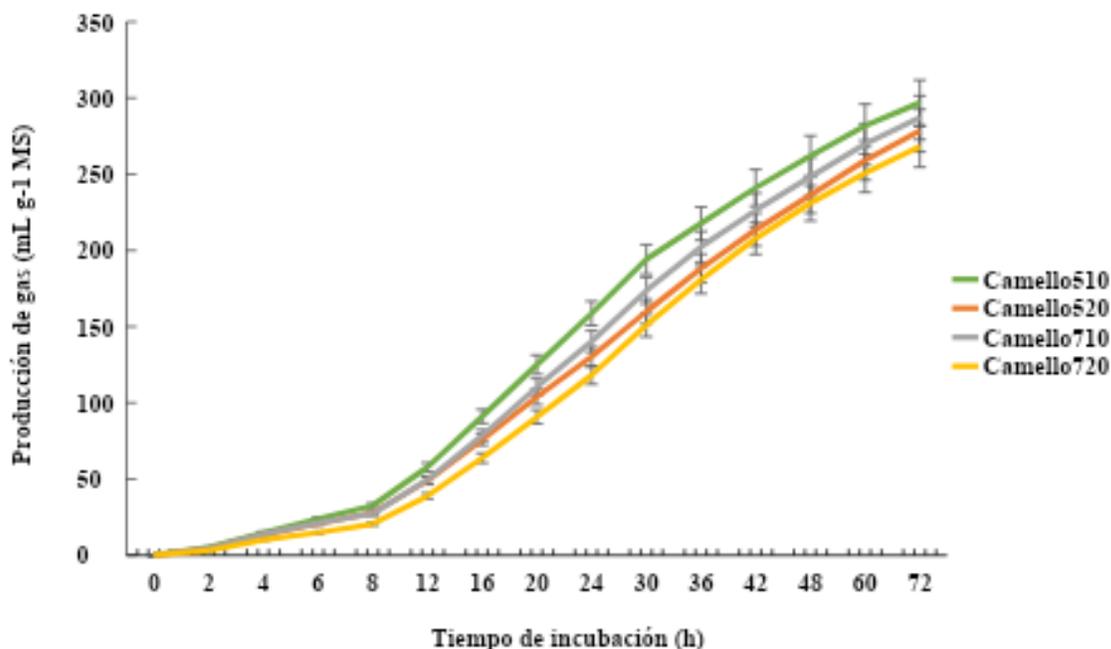


Figura 1. Producción acumulada de gas (mL g⁻¹ MS) en diferentes tiempos de incubación en forraje de pasto Camello a diferente intervalo (5 y 7 semanas) e intensidad (10 y 20 cm) de corte.

En cuanto a la producción de gas, Oliveira *et al.* (2014) mencionan que esta inicia cuando se fermentan los alimentos (sustrato); en este sentido, la fermentación fue mayor al cosechar a intervalo de cinco y siete semanas a intensidad de 10 cm (Figura 1). Dicha producción de gas consta de tres fases: fase inicial (cuando la producción de gas es lenta), fase exponencial (cuando la producción de gas es rápida) y una fase asintótica (cuando la producción de gas disminuye hasta llegar a cero). Sin embargo, en la Figura 1 se puede asumir que la fase inicial se presenta de 0 a 8 h y la fase exponencial de 8 a 72 h, mientras que, la fase asintótica no se presentó, ya que, para lograr lo anterior se debe prolongar el tiempo de incubación.

CONCLUSIONES

El intervalo e intensidad de corte afectó los parámetros de fermentación y la producción acumulada de gas, los mejores valores para S y L se obtienen al cosechar a intervalo e intensidad menor, mientras que, cosechar a intervalo e intensidad mayor, se afecta los parámetros S y L, lo cual, disminuye la tasa de velocidad de fermentación y aumenta la fase lac o de retardo.

LITERATURA CITADA

- Almaraz-Buendía, I.; A. M. García; P. Sánchez-Santillán; N. Torres-Salado; J. Herrera-Pérez; M. B. Bottini-Luzardo; A. R. Rojas-García. Análisis bromatológico y producción de gas *in vitro* de forrajes utilizados en el trópico seco mexicano. *Archivos de Zootecnia* 68(262):260-266.
- Arce-Ramírez, W.; A. Rojas-Bourrillon; C. M. Campos-Granados. 2020. Determinación del contenido energético de materiales forrajeros a través de la relación entre la técnica de producción de gas *in vitro* y la ecuación mecanicista del NRC (2001). *Nutrición Animal Tropical* 14(1):13-35.
- Garay, M. J. R.; B. Estrada D.; Y. Bautista M.; A. Bernal-Flores; S. I. Mendoza P.; J. C. Martínez G.; E. Sosa M.; S. Joaquín C. 2020. Forage yield and quality of buffel H-17 and *Urochloa* hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. *Grassland Science* 66:1-8.
- Godina-Rodríguez, J. E.; S. Joaquín-Cancino; J. R. Garay-Martínez; B. Estrada-Drouaillet; A. G. Limas-Martínez; J. J. Quintanilla-Medina; I. González-Gutiérrez. 2023. Componentes morfológicos y valor nutritivo de dos híbridos de *Urochloa* con diferente manejo agronómico. *Revista Fitotecnia Mexicana* 46:479-485.
- Magalhães, A.; S. Valadares; E. Detmann; L. Diniz; D. Pina; J. Azevêdo; F. Araújo; M. Marcondes; M. Fonseca; L. Tedeschi. 2010. Evaluation of indirect methods to estimate the nutritional value of tropical feeds for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 155:44-54.
- Menke, K. H.; H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development* 28:7-55.
- Miranda-Romero, L. A.; P. Vazquez-Mendoza; J. A. Burgueño-Ferreira; G. Aranda-Osorio. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 20:196-215.
- Oliveira, V.; R. Valença; J. Santana-Neto; J. Santana; C. Santos; I. Lima. 2014. Utilização da técnica de produção de gás *In vitro* para estimar a digestibilidade dos alimentos. *Revista Científica de Medicina Veterinária* 12(23):1-10.
- Sánchez-Santillán¹, P.; A. García-Balbuena; G. Núñez-Martínez¹; N. Torres-Salado; Jerónimo Herrera-Pérez. 2022. Efecto de la edad y altura de corte de híbridos de *Urochloa* sp. sobre la producción de gas *In vitro*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 24(111):1-10.
- Sandoval G., L.; L. A. Miranda R.; A. Lara B.; M. Huerta B.; M. Uribe G.; M. Martínez M. 2016. Fermentación *in vitro* y la correlación del contenido nutrimental de leucaena asociada con pasto estrella. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (16):3185-3196.
- SAS (Statistical Analysis System). 2003. User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Institute Incorporated, North Carolina, USA.
- Schofield, P.; R. E. Pitt; A. N. Pell. 1994. Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. *Journal of Animal Science*. 72(11): 2980-2991.
- Theodorou, M. K.; B. A. Williams; M. S. Dhanoa; A. B. McAllan; J. France. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48:185-197.
- Villegas-Castañeda, M.; M. Meneses-Mayo; L. A. Miranda-Romero; O. Loera-Corral. 2010. Producción de gas *in vitro* y desaparición de la materia seca del cultivo sólido con hongos ligninolíticos. *Agrociencia* 44:917-929.

EXTRACCIÓN DE ADN DEL SUELO BAJO COSTRAS BIOLÓGICAS EN PASTIZALES PARA IDENTIFICACIÓN DE MICROORGANISMOS DNA EXTRACTION FROM SOIL UNDER BIOLOGICAL CRUSTS IN GRASSLANDS FOR IDENTIFICATION OF MICROORGANISMS

Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez*^{1,2}, Biridiana Lozano Hipólito², Luis Roberto Reveles-Torres¹, Silvia Salas Muñoz³

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas, Apartado Postal Núm. 18, Víctor Rosales, Calera, Zacatecas.

² Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Maestría en Producción Animal en Zonas Áridas, Kilómetro 31.5 Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, 98500 General Enrique Estrada, Zac.

³ Catedrático CONAHCYT-INIFAP Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, C.P. 98500

*Autor de correspondencia: fechava5@gmail.com

RESUMEN

Las costras biológicas del suelo (CBS) son comunidades superficiales compuestas por organismos como líquenes, musgos, bacterias, hongos, cianobacterias y algas, que desempeñan un papel fundamental en ecosistemas áridos. Contribuyen a la estabilización del suelo, previenen la erosión y participan en ciclos clave como la fijación de carbono y nitrógeno. A pesar de su relevancia ecológica, su complejidad estructural ha complicado el estudio genético de sus componentes microbianos. Extraer ADN de alta calidad y cantidad de las CBS es un desafío, debido a la interacción entre microorganismos y el suelo. En la actualidad, la extracción de ADN de suelo se ha convertido en un paso crucial para estudios de identificación y caracterización de microorganismos, permitiendo el análisis de la diversidad microbiana mediante técnicas como la secuenciación de nueva generación (NGS) y la metagenómica. Los métodos tradicionales de extracción de ADN a menudo presentan desafíos debido a la complejidad de la matriz del suelo, que incluye compuestos inhibidores como ácidos húmicos, metales pesados y materia orgánica. El kit comercial DNeasy PowerSoil, junto con las modificaciones aplicadas en cantidad de suelo y tipo de suelo utilizado, permitió obtener ADN de alta calidad y pureza, apto para análisis posteriores de identificación microbiana. A pesar de estos avances, la necesidad de mejorar aún más la eficiencia y la calidad del ADN extraído sigue siendo una prioridad en la investigación microbiológica, particularmente para muestras complejas de suelo, donde las modificaciones a los protocolos estándar pueden ser necesarias para obtener ADN de alta integridad.

Palabras clave: Diversidad microbiana; Calidad de ADN; Suelo; CBS.

ABSTRACT

Biological soil crusts (BSC) are surface communities composed of organisms such as lichens, mosses, bacteria, fungi, cyanobacteria and algae, which play a fundamental role in arid ecosystems. They contribute to soil stabilization, prevent erosion and participate in key cycles such as carbon and nitrogen fixation. Despite their ecological relevance, their structural complexity has complicated the genetic study of their microbial components. Extracting high quality and high quantity DNA from CBS is a challenge, due to the

interaction between microorganisms and soil. Nowadays, soil DNA extraction has become a crucial step in microorganism identification and characterization studies, allowing the analysis of microbial diversity using techniques such as next-generation sequencing (NGS) and metagenomics. Traditional DNA extraction methods often present challenges due to the complexity of the soil matrix, which includes inhibitory compounds such as humic acids, heavy metals and organic matter. The DNeasy PowerSoil commercial kit, together with the modifications applied in the amount of soil and type of soil used, made possible to obtain DNA of high quality and purity, suitable for subsequent microbial identification analysis. Despite these advances, the need to further improve the efficiency and quality of extracted DNA remains a priority in microbiological research, particularly for complex soil samples, where modifications to standard protocols may be necessary to obtain high integrity DNA.

Key words: Microbial diversity; DNA quality; Soil; CBS

INTRODUCCIÓN

Los suelos poseen una inmensa diversidad bacteriana, que ha sido poco explorada con las técnicas tradicionales o también llamadas de base biológica y debido principalmente al carácter no cultivable de una gran cantidad de microorganismos, diversas comunidades quedan sin poder ser identificadas. Esta limitativa entre otras se han ido compensado por el desarrollo de técnicas que permiten la extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN) provenientes de metagenomas y su análisis (Lozada et al, 2004). Los estudios tradicionales para caracterizar la diversidad bacteriana se basan en la suposición de que es posible recuperar la mayoría de los microorganismos de una muestra, sin embargo, menos del 10% de las bacterias en el ambiente son cultivables (Torsvik y Øvreås, 2002, Schneegurt et al., 2003). Los métodos biológicos para estudiar la diversidad microbiana del suelo han evolucionado desde el método de recuento en placa, utilizado a finales del siglo XIX por Robert Koch, hasta los métodos de base molecular que forman parte del material genético, por ejemplo, el ADN, el ácido ribonucleico (ARN) y las proteínas. Sus ventajas respecto de las técnicas tradicionales es que son altamente sensibles, precisas y rápidas. Dentro de las limitaciones son que ocupan equipo especializado, son complejas y costosas.

El estado de Zacatecas cuenta con 5.5 millones de hectáreas dedicadas al pastoreo extensivo, de ellas, 2.3 millones se consideran con un alto nivel de degradación. El continuo deterioro debido al mal manejo de los recursos naturales y los efectos climáticos, han repercutido sobre la condición del pastizal y el matorral. La producción de materia seca de los agostaderos de Zacatecas, ha ido disminuyendo de manera gradual, como consecuencia de la continua degradación (Echavarría, et al, 2009). En estos pastizales, existen organismos que pueden ayudar a disminuir los procesos de degradación del suelo; estos organismos, conocidos como costras biológicas del suelo, se desarrollan en los primeros milímetros del suelo (Belnap et al., 2001; Quiñones et al., 2009) y son considerados como los primeros colonizadores en la formación y/o recuperación de un suelo degradado. En cuanto a su fertilidad, se afirma que las bacterias autótrofas son capaces de fijar nitrógeno y captar carbono en el suelo, contribuyendo a mantener la vegetación nativa de las zonas áridas. El presente estudio tiene como objetivo optimizar la extracción de ADN del suelo usando un kit comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio

Las muestras de suelo fueron recolectadas en tres sitios representativos del ecosistema uno ubicado en la región norte, en el municipio de Mazapil ($101^{\circ} 30' 24''$ N y $24^{\circ} 38' 57''$ W), otro al Este en el municipio de Pinos ($101^{\circ} 19' 36''$ N y $22^{\circ} 44' 49''$ W) y al Oeste, en el Municipio de Valparaíso ($103^{\circ} 37' 36''$ N y $22^{\circ} 48' 23''$ W) del estado de Zacatecas, la región norte, específicamente bajo la condición de clima subtropical semiárido cálido (Medina, 1998) que a la vez es parte del altiplano Potosino-Zacatecano y la región Oeste, bajo la condición del subtropical semiárido templado. Se tomaron muestras de la capa superficial (0-5 cm) de costras biológicas del suelo utilizando espátulas estériles, asegurando así evitar cualquier tipo de contaminación. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas estériles y transportadas al laboratorio en condiciones refrigeradas a 4°C para su procesamiento posterior.

Extracción de ADN

La extracción de ADN se realizó empleando el kit DNeasy PowerSoil (Qiagen) siguiendo el protocolo del fabricante, con algunas modificaciones específicas para optimizar el rendimiento donde se cambió el diluyente. Para cada extracción, se utilizaron aproximadamente 10 g de suelo seco. El proceso incluyó la lisis mecánica mediante agitación en vórtex para liberar el ADN de las células presentes en el suelo, seguida de una purificación para eliminar contaminantes orgánicos e inhibidores. El ADN purificado se eluyó en $20\ \mu\text{L}$ de agua estéril y se almacenó a -20°C hasta su posterior análisis.

Cuantificación del ADN mediante espectrofotometría

La cuantificación del ADN extraído se llevó a cabo mediante un espectrofotómetro NanoDrop 2000 (Thermo Scientific), midiendo la concentración de ADN en $\text{ng}/\mu\text{L}$ y las razones de absorbancia a 260/280 nm para evaluar la pureza del ADN siguiendo las recomendaciones de Wilfinger et al (2006). Solo se consideraron para los análisis posteriores aquellas muestras con una razón 260/280 entre 1.8 y 2.0, que es indicativa de un ADN de buena calidad.

Electroforesis en gel de agarosa

Finalmente, la integridad del ADN fue verificada mediante electroforesis en gel de agarosa al 1%. Se mezclaron $5\ \mu\text{L}$ de ADN de cada muestra con $2\ \mu\text{L}$ de buffer de carga y se cargaron en los pocillos del gel. La electroforesis se ejecutó a 80 V durante 45 minutos en TAE. (Pérez Cardona, 2018). Posteriormente, el gel se tiñó con bromuro de etidio $10\ \text{mg}/\text{ml}$ y las bandas de ADN se visualizaron bajo luz ultravioleta. Se utilizó un marcador de peso molecular de ADN 1 Kb para confirmar la integridad y tamaño de las bandas de ADN extraído.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ADN obtenido de las costras biológicas del suelo CBS mostró una alta calidad, pureza y concentración, como resultado de las modificaciones implementadas en el procedimiento de extracción y la reducción de la cantidad de muestra procesada a 250 mg, mejorando tanto la cantidad como la calidad del ADN, lo que asegura su idoneidad para futuros análisis moleculares. En la figura 1 se muestra las imágenes de las de los sitios de colecta y el tipo de costra utilizado para la obtención de suelo para la extracción.



Figura 1. Sitios de muestreo (Valparaíso, Pinos, Mazapil), por cada sitio se colecto muestra de suelo asociado a la costra biológica.

En la Cuadro se muestran los resultados obtenidos de la cuantificación de ADN de las muestras extraídas con el protocolo modificado donde se puede observar la concentración de ADN en valores de 1,000 a 500 ng/ μ L y una calidad en valores entre 1.8 y 2.0 de absorbancia. La relación A260/280 es muy estable y se considera que un ADN de pureza óptima tiene un valor entre 1.8-2.0. (Matlock, 2015, Young, 2014).

EXTRACCIÓN DE ADN DE SUELO				
Núm. de muestras	ID Muestras	Concentración de ADN (ng/ μ L)	Calidad	
			260/280	230/260
1	VS1	1384.9	1.9	1.99
2	VS5	1191.1	1.89	1.91
3	PS3	1887.5	1.9	1.88
4	PS6	3015.3	1.9	1.87
5	MS1	848.6	1.88	1.75
6	MS2	619	1.89	1.72

Cuadro 1. Resultados obtenidos de la cuantificación de ADN basados en el kit

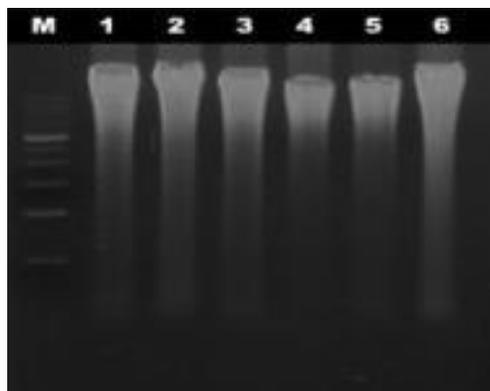


Figura 2. ADN extraído a partir de kit modificado. M) Marcador (1 Kb invitrogen), 1,2,3,4,5,6, Muestras de ADN de suelo asociado a la costra biológica del suelo (VS1, VS5, PS3, PS6, MS1, MS2) dos muestras para cada sitio.

Además, se logró estandarizar el protocolo, facilitando la obtención consistente de ADN de las CBS de los tres sitios estudiados en el estado de Zacatecas.

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que la extracción de ADN del suelo mediante el uso del kit comercial DNeasy PowerSoil, junto con las modificaciones aplicadas en cantidad de suelo y tipo de suelo utilizado, permitió obtener ADN de alta calidad y pureza, apto para análisis posteriores de identificación microbiana.

REFERENCIAS

- Belnap, J.; B. Budel; O.L. Lange 2001. Biological soil crusts: characteristics and distribution. En: Belnap J, Lange OL (eds) *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*. Springer-Verlag, Berlin, 3–30 pp.
- Echavarría, C.F.G.; G. Medina G.; A. F. Rumayor R.; A. Serna P.; H. Salinas G.; J.G. Bustamante W. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP. CIRNOC. Libro Técnico N°10. 174 pp.
- Lozada, A. E.; Lagarda, G. G.; Jiménez, A. M.; Zapata, F. B. 2004. Diversidad bacteriana del suelo: métodos de estudio no dependientes del cultivo microbiano e implicaciones biotecnológicas. *Agrociencia*, 38(6), 583-592.
- Matlock, B. 2015. Assesment of nucleic acid purity. Technicalnote 52646. Thermo fisher scientific, Wilmington, MA. USA. <https://assets.thermofisher.com/TFS-Assets/CAD/Product-Bulletins/TN52646-E-0215M-NucleicAcid.pdf>
- Medina, G. G.; J.A. Ruiz C.; R.A. Martínez P. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. INIFAP- CIRPAC. Libro Técnico Num 1.104 pp.
- Pérez, C. A.; L. M. Gómez P. 2018. Electroforesis de ácido desoxirribonucleico (ADN) en gel de agarosa. IN: Gómez L.; Gómez G. (Edit.) “Del Campo al laboratorio: integración de procedimientos para el estudio de las moscas”. P 163-169. Facultad de derecho y ciencias forenses, Tecnológico de Antioquía. Medellín, Colombia.
- Quiñones, V.J.J.; P.Castellanos E; C.M.Valencia C; J.J. Martínez R; T. Sánchez O.; C.A. Montes G. 2009. Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *TERRA Latinoamericana* 27(4):287-293.
- Schneegurt, M. A.; Dore S. Y.; Kulpa, C. F. 2003. Extracción directa de ADN de suelos para estudios de ecología microbiana. *Temas actuales de biología molecular*, 5(1), 1-8.
- Torsvik, V.; L. Øvreås. 2002. Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion Microbiol* 5:240-245.
- Wilfinger, W. W.; Mackey, K.; Chomczynski, P. 2006. Evaluar la cantidad, pureza e integridad del ARN y el ADN después de la purificación de ácidos nucleicos. *Secuenciación de ADN II optimización de la preparación y limpieza*, 291, 312.
- Young, J. M.; Rawlence, N. J.; Weyrich, L. S.; Cooper, A. 2014. Limitaciones y recomendaciones para la extracción exitosa de ADN de muestras forenses de suelo: una revisión. *Ciencia y justicia: revista de la Sociedad de Ciencias Forenses*, 54(3), 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2014.02.006>

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO EN *Tripsacum dactyloides* L., EN DOS ÉPOCAS DEL AÑO

GROWTH ANALYSIS OF *Tripsacum dactyloides* L., FOR TWO YEAR SEASONS

Raúl Plascencia Jiménez^{1*}, Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, José Alberto Salvador Escalante Estrada¹, Leonor Miranda Jiménez¹, Cándido López Castañeda¹

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.

*Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

La acumulación de materia seca (MS) está determinada por la edad del rebrote y la eficiencia fotosintética del dosel, lo que resulta en el comportamiento productivo vegetal en el tiempo. El objetivo fue determinar la composición morfológica en dos épocas del año y los factores que determinan el área foliar en *Tripsacum dactyloides* L, este estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, “*Campus*” Montecillo. La composición de forraje se evaluó a 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días después del corte de homogeneización (DDC). La biomasa total (BT) se separó por componentes morfológicos: tallo, hoja, material muerto, tallos reproductivos, espiga y cúpulas (semilla). Se determinó altura total de planta (APT), radiación interceptada por el dosel (% RIC) y área foliar (AFT). Las variables se analizaron con el procedimiento GLM de SAS, diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones y Tukey para separación de medias. En otoño, la BT fluctuó entre 5 a 24 ($P < 0.05$; g MS PI^{-1}); AFT, 1729 cm^2 ; APT, 79 cm y % RIC de 73%. En primavera, la BT varió desde 69 a 642 g MS PI^{-1} , con 44 % tallo, 40% hoja, 2.2% material muerto, 6% tallos reproductivos, 4.5% espiga y 4 % cúpulas. Por otra parte, AFT de 34 031 cm^2 , APT de 173 cm y altura de forraje (APF) de 152 cm y 94% de RI. La época del año afecta la composición morfológica; así como variables que afectan el AFT.

Palabras clave: composición morfológica, radiación interceptada, área foliar, altura, biomasa.

ABSTRACT

Forage dry matter (MS) accumulation results from sprouting time and canopy's photosynthetic efficiency, determining plant production behaviour. In order to define *Tripsacum dactyloides* morphological composition for two growing seasons as well as factors defining foliar area for this species, the present study was developed at the Colegio de Postgraduados “*Campus*” Montecillo. Forage dry matter was evaluated at 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, and 112 days after cutting (DDC). Total biomass (BT) was separated by morphology components: stem, leaf, dead material, reproductive stems, spikelet and cupules (seed). Plant whole height (APT) was determined as well as, intercepted radiation by the canopy (%RIC), and foliar area (AFT). Data was analyzed through GLM procedure (SAS) under a Completely Randomized design with split plot arrangement and three replicates, and Tukey test for means separation. During fall, BT fluctuated from 5 to 24 ($P < 0.05$; g MS PI^{-1}); AFT, 1729 cm^2 ; APT, 79 cm y % RIC de 73%. During spring BT fluctuated from 69 a 642 (g MS PI^{-1}), with 44 % tallo, 40% hoja, 2.2% dead material, 6% reproductive stems, 4.5% spikelets, and 4 % cupules (seed). By the other hand AFT was 34 031 cm^2 ; APT, 173 cm, and

forage height (APF) with 152 cm, and 94% of RI. Season of the year influences both plant components as well as variables influencing AFT.

Key words: morphological composition, intercepted radiation, leaf area, height, biomass.

INTRODUCCIÓN

El análisis de crecimiento explica matemáticamente la velocidad de acumulación de materia seca en función del tiempo y la eficiencia fotosintética del dosel vegetal (Escalante y Kohashi, 2015). Para estimar índices de eficiencia en el crecimiento vegetal es necesario obtener el peso seco de las plantas, órganos y área foliar, en intervalos de tiempo, durante el desarrollo vegetal (Hunt, 1981); lo cual, brinda información precisa de la eficiencia con que las plantas acumulan y traslocan fotosintatos. El crecimiento de los pastos (Poaceae) involucra cuatro procesos primarios: aparición de hojas, aparición de tallos, formación de tallos verdaderos y aparición de raíces (Rodríguez *et al.*, 1988). El uso del modelo apropiado que mejor se ajuste a esta dinámica, estará en función de la tendencia de los valores observados. Para esto, se requiere el registro periódico de observaciones tanto de la variable dependiente (y) como de la independiente (x). La dinámica del crecimiento de la producción de materia seca en cultivos anuales como maíz describe una “S”, por lo que el ajuste de la curva se puede realizar mediante un modelo sigmoideo. El modelo matemático permite una curva de ajuste de datos, que define una referencia sobre la cuál medimos la dispersión de los datos registrados. Además, nos indica como es el crecimiento en las diferentes etapas fenológicas de un cultivo. Ajustar el crecimiento a un modelo matemático, permite predecir, en el rango de estudio, aquellas variables de interés agronómico. El objetivo fue determinar la composición morfológica en dos épocas del año y factores que influyen el área foliar en *Tripsacum dactyloides* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en parcelas experimentales del área de forrajes en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27' N y 98° 54' O, a 2220 msnm clima templado subhúmedo, fórmula climática (Cb(wo)(w)(i)g), lluvias en verano, precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15 °C (García, 2004). Coronas de la misma edad y mismo manejo de un ecotipo selecto de *Tripsacum dactyloides* L., se multiplicaron y establecieron en febrero del 2023 en parcelas experimentales de 28 m² (5 m de ancho por 5.6 m de largo), en 12 hileras con 15 plantas en cada hilera (37x40 cm; 2.7 plantas m⁻¹ y 6.756 plantas m²), dichas plantas se mantuvieron bajo riego desde febrero a junio del mismo año para promover su rápida recuperación. Durante el temporal (junio-septiembre, 2023) las parcelas se fertilizaron con dosis de 50 unidades de NPK, respectivamente, usando como fuente triple 17. Se evaluaron dos ciclos productivos, de octubre a febrero (2023-2024), y de mayo a agosto (2024). El 25 de octubre del 2023 se aplicó corte de homogeneización, dejando 35cm de altura de forraje remanente para el primer ciclo y 07 de mayo del 2024 para el segundo ciclo. La composición de forraje (g MS pl⁻¹) se evaluó a los 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días después del corte de homogeneización (DDC). Los muestreos de forraje fueron al azar teniendo como parcela útil la corona de la planta en donde se cosechó el forraje para determinar rendimiento de MS total y por componente morfológico en cada edad de rebrote. El forraje cosechado se separó por

componente morfológico (tallo, hoja, material muerto, tallos reproductivos, espiga y cúpula); posteriormente, las muestras de forraje fueron depositadas en estufa de aire forzado a 80 °C por 72 h y, posteriormente, para obtener peso de MS. La altura (APT; cm) se determinó desde ras del suelo hasta lo más alto de la planta, con un flexómetro. La radiación interceptada por el dosel del cultivo (% RIC; $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), se determinó con Ceptómetro (LP-80-AccuPAR) esta lectura se realizó entre las 12:00 y 13:00 h, debido que es el momento óptimo, cercano al Zenith. Para $\% \text{RIC} = 100 - (\text{LT}/\text{LI} * 100)$, donde: %RIC: porcentaje de radiación interceptada por el cultivo; LI: Luz incidente (Luz que llega al cultivo); LT: Luz transmitida por el cultivo. Área foliar (AFT; cm^2) se determinó con integrador de área foliar electrónico (LI 3100 LICOR Inc), en todas las fechas de corte se utilizaron tres repeticiones. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con el procedimiento GLM en un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas (siendo la parcela grande la época del año y la parcela chica las fechas de muestreo) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$; SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de MS de hoja y biomasa total se incrementó conforme se incrementaron los días después del corte de homogeneización, como se puede observar en la figura 1a, en la época de otoño, se incrementó la cantidad de material muerto desde el primer muestreo, esto se debe a que el pasto es susceptible a las heladas y le afectan las bajas temperaturas, la MS total mostró rango de 5 a 24 ($P < 0.05$; g MS Pl^{-1}). Hernández *et al.*, (2023), mencionan que la presencia de heladas incrementa el material muerto hasta 100% en la estación de invierno en praderas establecidas de trébol blanco. En promedio, en otoño se registró 93% de hoja. Por otro lado, primavera (Fig. 1b), la MS total varió de 69 g MS Pl^{-1} , a 14 DDC hasta 642 ($P < 0.05$), g MS Pl^{-1} , a 112 DDC. Como se puede observar (Fig. 1a), en otoño, las plantas no alcanzaron a producir inflorescencias; por tanto, es necesario determinar la temperatura base de crecimiento de esta especie para determinar las unidades calor son necesarias para que las plantas generen tallos e inflorescencias; lo anterior, debido a que la temperatura tiene la mayor influencia en la presencia de hojas y es importante para su crecimiento (Gutiérrez-Arenas *et al.*, 2018).

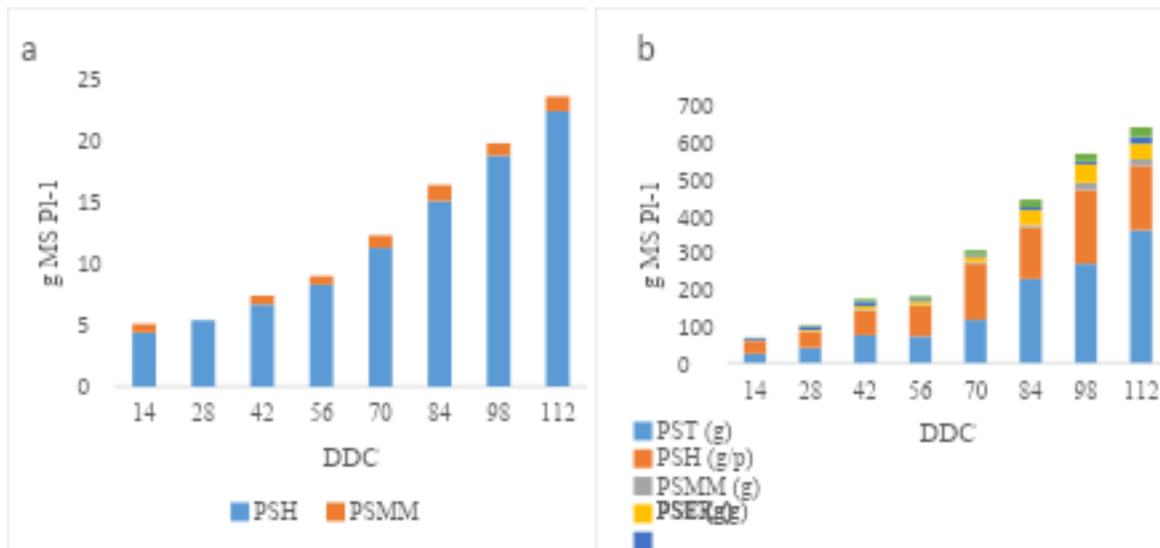


Figura 1. Composición morfológica en otoño (a) y primavera (b) en *Tripsacum dactyloides*. DDC: Días después del corte. PS, peso seco; PST, de tallo; PSH, de hoja; PSMM, de material muerto; PSTR, de tallo reproductivo; PSE, de espiga; PSC, de cúpula (semilla).

Los valores promedio para cada atributo morfológico para la primavera (Fig. 1b), se obtuvo 44 % de tallo y el muestreo a 112 DDC mostró mayores valores ($P < 0.05$) para esta época. Respecto a hoja, se registró 40%; sin embargo, a 70 DDC, se observó el mayor valor (52%: $P < 0.05$). Para material muerto se obtuvo 2.2 % durante el periodo, observando a 98 y 112 DDC, los mayores valores con 3.3 y 2.9 %, respectivamente. La cantidad de tallos reproductivos fue 6%; sin embargo, a 84 DDC se registró el mayor valor (10%; $P < 0.05$). Por tanto, a 84 DDC, se registró la mayor presencia de inflorescencias. Para espiga, se registró 4.5%, a 28 DDC y el mayor valor fue 8.7% ($P < 0.05$). Esto indica que a partir de 14 DDC, las plantas ya presentaban inflorescencia en esta época. Se registró un promedio de 4 % de cúpulas durante el periodo, siendo a los 84 DDC, el mayor porcentaje (5.3 %; $P < 0.05$). Durante el otoño (Fig. 1a) solo se observó hoja y material muerto.

Para la época de primavera la relación hoja no hoja (RHNH; es la relación de peso seco de hoja entre la suma de peso seco de tallo, material muerto, tallos reproductivos, peso seco de espiga y peso seco de cúpula), los valores fueron de 1, 0.8, 0.6, 0.9, 1.1, 0.4, 0.5 y 0.4, a los 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 ddc, respectivamente.

La mayor área foliar por corona (1729 cm²; $P < 0.05$; Fig. 2a) se observó a 84 DDC; en la misma fecha, se registró una altura total de planta de 79 cm y una radiación interceptada por planta de 73%; sin embargo, en otoño, el mayor porcentaje de interceptación (82%) se observó a 112 DDC. Al no interceptarse 95% de luz incidente, se requiere mayor densidad de plantas para lograr la mayor eficiencia fotosintética por área. La densidad de población debe ser mayor a 67,500 coronas por ha utilizadas en el presente estudio.

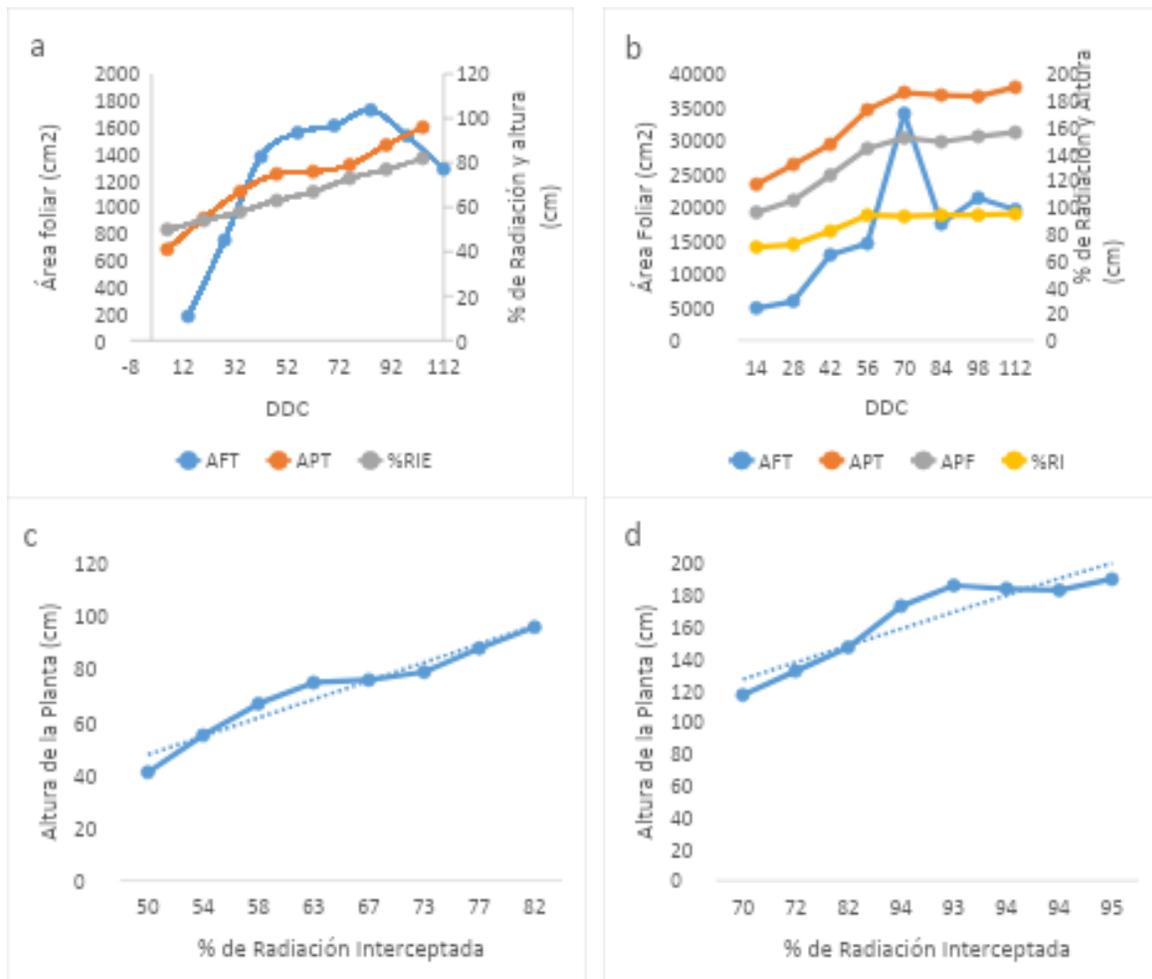


Figura 2. Área foliar (AFT; cm²), altura total de planta (APT; cm), altura de forraje (APF; cm) y porcentaje de radiación interceptada (% RI) por la planta, en otoño (Fig. 2a) y primavera (Fig. 2b). Relación de ATP con % RI por planta, en otoño (Fig. 2c) y relación APT y % RI por planta, en primavera (Fig. 2d).

La mayor área foliar (34,031 cm²; $P < 0.05$; Fig. 2b), se obtuvo a 70 DDC, con una altura total de planta de 173 cm ($P < 0.05$), altura de forraje de 152 cm ($P < 0.05$) y 94% ($P < 0.05$) de radiación interceptada; por tanto, en esta época del año se obtuvo la mayor eficiencia fotosintética y de producción de forraje. La relación entre altura total de la planta y porcentaje de radiación interceptada por la planta (Fig. 2c) mostró, para el otoño, alta relación lineal ($R^2 = 94\%$). Similarmente, una relación polinómica de segundo grado se observó entre la altura total de planta y el porcentaje de radiación interceptada (R^2 de 97%; Fig. 2d); lo anterior, para la primavera.

CONCLUSIONES

Tripsacum dactyloides es afectado por bajas temperaturas invernales. Al disminuir la temperatura las plantas no lograron alcanzar estadios para la presencia de tallos e inflorescencias.

La primavera es la mejor época para la producción forraje en pasto *Tripsacum*, manifestado su potencial genético al alcanzar su mayor producción de hoja (fotosíntesis), como el componente morfológico más importante para la alimentación animal y productividad de la planta.

En otoño, la mayor área foliar por la corona se obtiene a los 84 DDC; por tanto, a la densidad evaluada, es el momento óptimo para aprovechar el forraje en esta época.

En primavera la mayor área foliar se obtiene a 70 DDC, siendo el momento óptimo para esta época.

Se requiere mayor densidad de coronas por hectárea para que las plantas alcancen la intercepción luminosa máxima a menor edad de rebrote.

La densidad de población en el presente estudio, para otoño, no alcanzó 95% de radiación interceptada a ninguna edad de rebrote; mientras que, en primavera lo alcanza a muy avanzada edad del rebrote (56 DDC).

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Investigación Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados, por su valioso apoyo.

LITERATURA CITADA

- Hernández ME, J Ventura R, CY Wilson G, MÁ Maldonado P, JD Guerrero R, GMunguía A, AR Rojas G.2023. Análisis de crecimiento estacional de una pradera de trébol blanco (*Trifolium repens* L). Rev Mex Cienc Pecu 14(1):190-203.
- Escalante, E. J. A. S.; Kohashi, S. J. 2015. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 84 p.
- García E. Modificaciones al sistema climático de Köppen. 2004. 5ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. DF. 90 p.
- Gutiérrez-Arenas, A.F. Hernández-Garay, A. Vaquera-Huerta, H. Zaragoza-Ramírez, J.L. Luna-Guerrero, M.J. Reyes-Castro, S. Gutiérrez-Arenas, D.A. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Agroproductividad 11(5):62-68.
- Hunt, R. 1981. Plant Growth Analysis. The Institute of Biology's Studies in Biology No. 96. Edward Arnold Publishers LTD. London.
- Rodríguez ZC, Larqué-Saavedra A. 1988. Análisis de crecimiento y tasa de uso de agua en cuatro cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Agrociencia 71:401-416.
- Statistical Analysis System (SAS). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.

**RENDIMIENTO DE FORRAJE DE *Bouteloua curtipendula* EN DOS FASES DE
CRECIMIENTO EN TULA, TAMAULIPAS, MÉXICO**
**FORAGE YIELD OF *Bouteloua curtipendula* IN TWO GROWTH PHASES IN
TULA, TAMAULIPAS, MEXICO**

Jesús E. Ochoa-Lechuga¹, Jonathan R. Garay-Martínez^{2*}, Edith Ramírez-Segura³, Fernando Lucio-Ruiz⁴, Santiago Joaquín-Cancino¹, Lizeth Vázquez-Rocha⁵

¹UAT-Facultad de Ingeniería y Ciencias. Centro Universitario, Campus, Ciudad Victoria, Tam. Méx. C.P. 87149.

²INIFAP-Campo Experimental Las Huastecas. Carretera Tampico-Mante km 55, Villa Cuauhtémoc, Altamira, Tam. Méx. C.P. 89610.

³INIFAP-CENID Agricultura Familiar. Carretera Lagos de Moreno - San Luis Potosí, km 8.5, Ojuelos de Jalisco, Jal. Méx. C.P. 47540.

⁴Extensionista, Secretaría de desarrollo Rural de Tamaulipas. Libramiento Naciones Unidas con Prolongación Blvd. Práxedes Balboa S/N, Ciudad Victoria, Tam., Méx. C.P. 87083.

⁵UAT-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Cd. Victoria-Cd. Mante, Km. 5, Ej. Santa Librada, Ciudad Victoria, Tam. Méx. C.P. 87274.

*Autor de correspondencia: garay.jonathan@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de forraje del pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) en el municipio de Tula, Tamaulipas, México, en dos fases fenológicas: reproductiva (FR) y vegetativa (FV). Se midió la altura de planta (AP; cm) y se cosechó el forraje, se pesó, se separó en componentes morfológicos (hoja, tallo, inflorescencia y material muerto) y se secaron, posteriormente se pesaron nuevamente y se estimó el rendimiento (kg ha^{-1}) de materia seca total (MST) y por componente morfológico; además de la relación hoja/tallo. Las variables se analizaron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones (Tukey; $\alpha=0.05$). No se encontraron diferencias significativas para la AP entre las fases evaluadas ($P = 0.3072$), cuyos valores oscilaron entre 62 y 75 cm. Respecto a la relación hoja/tallo en ambas fases no hubo diferencia significativa ($P = 1027$), donde los valores fueron de 1.59 y 1.05 para la FV y FR, respectivamente. En la FR se encontró que el rendimiento de MST fue 109 % mayor ($P = 0.0004$), en comparación con la FV (6,473 vs. 3,095 kg ha^{-1}). No se presentaron diferencias significativas para el rendimiento de hoja ($P > 0.05$); se observó que, en la FR, el rendimiento de tallo, inflorescencia y material muerto fue mayor ($P < 0.05$). El pasto Banderita en FR tuvo mayor rendimiento de MST, sin embargo, el rendimiento de tallo y material muerto aumentaron.

Palabras clave: Componentes morfológicos, clima semiárido, pasto banderita, pastizal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the forage yield of Sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) in the municipality of Tula, Tamaulipas, Mexico, in two phenological phases: reproductive (RF) and vegetative (VF). Plant height (PH; cm) was measured and forage harvested, weighed, separated into morphological components (leaf, stem, inflorescence and dead material) and dried, then weighed again and estimated yield (kg ha^{-1}) of total dry matter

(TDM) and by morphological component; in addition to the leaf/stem ratio. The variables were analyzed in a completely randomized design with three replications (Tukey; $\alpha=0.05$). No significant differences were found for PH between the evaluated phases ($P = 0.3072$), whose values ranged between 62 and 75 cm. Regarding the leaf/stem ratio in both phases, there was no significant difference ($P = 1027$), where the values were 1.59 and 1.05 for VF and RF, respectively. In RF, TDM yield was found to be 109 % higher ($P = 0.0004$), compared to VF (6,473 vs. 3,095 kg ha⁻¹). There were no significant differences for leaf yield ($P > 0.05$); it was observed that, in the RF, the yield of stem, inflorescence and dead material was higher ($P < 0.05$). Sideoats grama in FR had higher TDM yields, however, stem yields and dead material increased.

Keywords: Morphological components, semi-arid climate, sideoats grama, grassland.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales ocupan aproximadamente el 54 % de la superficie terrestre, sin embargo, la mayoría se encuentran en constante deterioro (Onyango *et al.*, 2022). En México los pastizales continúan fragmentándose, donde existe aproximadamente una pérdida del 6 % anual a causa de actividades agropecuarias (Maza *et al.*, 2016). Además, se atribuye que aproximadamente el 55 % del territorio se destina para las actividades ganaderas, propiciando la pérdida de la cobertura vegetal por el sobrepastoreo (Enríquez *et al.*, 2021), esto ha ocasionado el desplazamiento de las especies nativas, dejando suelo desnudo o permitiendo el establecimiento de especies exóticas (Garay-Martínez *et al.*, 2017), no obstante, son pocos los pastos nativos disponibles para la rehabilitación de praderas y agostaderos de zonas áridas y semiáridas (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). En el altiplano de Tamaulipas son predominantes las zonas áridas y semiáridas, a pesar de ello cuenta con una gran diversidad de pastos nativos que son altamente resilientes a las condiciones climáticas y edáficas de las zonas en la que se encuentren establecidas (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2024). En estas zonas predomina la caprinocultura como actividad ganadera utilizando el 90 % de su superficie, por lo que el 80 % de los productores realizan esta actividad bajo sistemas extensivos, en muchas ocasiones causan una sobrexplotación de los recursos forrajeros disponibles (Alva-Pérez *et al.*, 2019). En México el pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] se encuentra distribuido en gran parte de las zonas áridas y semiáridas (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2024) y es considerado de buen valor forrajero, ya que alcanza valores de 140, 725, 652, 384 y 52 g kg⁻¹ de materia seca (MS) de proteína cruda, digestibilidad, fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina, respectivamente (Buttrey y Bean, 2011). Sin embargo, se debe tener en cuenta que, durante el crecimiento de la planta, los valores de proteína y digestibilidad tienden a disminuir, mientras que la FDN, FDA y lignina aumentan (Garay *et al.*, 2020); esto como resultado de los cambios en la composición morfológica de la planta (Álvarez-Holguín *et al.*, 2017). De acuerdo con lo anterior, es importante conocer los atributos de los pastos disponibles de forma natural, para dar un manejo correcto y mejor aprovechamiento; por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento forrajero y por componente morfológico del pasto Banderita en dos fases: vegetativa y reproductiva en Tula, Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una colecta de pastos en el mes de septiembre 2024, en donde se identificó un sitio en el municipio de Tula, Tamaulipas, México. Ubicado en las coordenadas 22° 58' 42.64" N, 99° 37' 51.17" O; a 1,280 msnm. El clima del lugar se clasifica como semicálido subhúmedo [(A)C(w₀); Vargas *et al.*, 2007]. Las condiciones de precipitación y temperatura del lugar se muestran en la Figura 1.

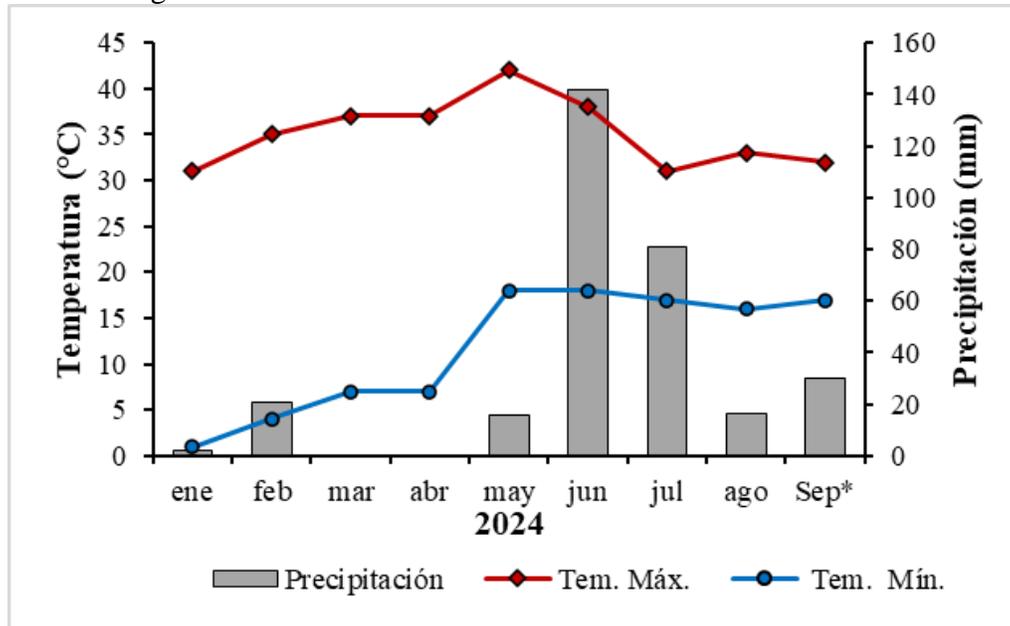


Figura 1. Precipitación, temperatura máxima (Tem. Máx.) y mínima (Tem. Mín.) mensuales en Tula, Tamaulipas. *Información al 15 de septiembre de 2024. Estación climática Olivares Tula (Davis Instruments Vantage Pro2 Plus).

Se colectaron muestras del pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en dos fases: vegetativa (FV) y reproductiva (FR). Al momento del muestreo se colocó un cuadrante de 1 m² y se realizaron tres mediciones de altura de planta (AP, cm) desde la base del macollo a la punta de la inflorescencia. Posteriormente se cosechó el forraje existente se pesó y se tomó una submuestra de 200 g, posteriormente se dividió por componente morfológico: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto (considerando las láminas foliares con más del 50 % de tejido clorótico). Cada componente se colocó dentro de bolsas de papel previamente etiquetadas, las cuales se secaron dentro de una estufa de aire forzado (OMS60, Thermo Scientific, USA) a 65 °C por 48 horas hasta obtener el peso constante. Cada uno de los componentes se pesaron con ayuda de una báscula analítica (CQT 2601, ADAM, USA), para determinar el contenido de materia seca (MS). Después se realizaron los cálculos para estimar el rendimiento (kg ha⁻¹) de materia seca total y por componente morfológico, así mismo se determinó la relación hoja/tallo. Las variables se analizaron con el procedimiento de GLM (SAS Institute Inc., 2004) mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones y cuando se encontró diferencia estadística significativa, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se encontró diferencias significativas para la altura de planta entre las fases evaluadas ($P = 0.3072$), cuyos valores oscilaron entre 62 y 75 cm (Cuadro 1), a pesar de que esta se encontraba en dos fases fenológicas diferentes. Sin embargo, se han reportado alturas de 59 hasta 80 cm siempre y cuando existan precipitaciones que cubran los requerimientos mínimos hídricos necesarios, entre 250 y 550 mm anuales (Beltrán *et al.*, 2013). Respecto a la relación hoja/tallo en ambas fases no hubo diferencia significativa ($P = 1.027$), donde los valores fueron de 1.59 y 1.05 para la FV y FR, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Altura de planta, relación de la hoja/tallo y rendimiento de materia seca total (MST) y por componente morfológico del pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula*) en dos fases fenológicas en Tula, Tamaulipas, México.

Fase fenológica	Altura (cm)	Relación hoja/tallo	Rendimiento (kg ha ⁻¹)				
			MST	Hoja	Tallo	Inflorescencia	Material muerto
Vegetativa	62	1.59	3,095 b	1,755	1,120 b	0 b	220 b
Reproductiva	70	1.05	6,473 a	2,434	2,330 a	1,030 a	678 a
Valor de P	0.3072	0.1027	0.0004	0.0546	0.0004	< 0.0001	0.0111

Literales diferentes entre fases fenológicas (a, b), indican diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha=0.05$).

En la FR se encontró que el rendimiento de MST fue 109 % mayor ($P = 0.0004$), en comparación con la FV (6,473 vs. 3,095 kg ha⁻¹; Cuadro 2). A pesar de que este estudio se llevó a cabo en condiciones de temporal, los rendimientos de MST obtenidos, principalmente durante la FR, fueron similares a los reportado en condiciones de riego, los cuales oscilan entre 6,120 y 9,850 kg ha⁻¹ (Beltrán *et al.*, 2013). Esto puede deberse a que, en este año la precipitación acumulada al mes de agosto 2024 fue 44 % mayor, en comparación con el promedio anual en Tula, Tamaulipas, México (308 vs. 192 mm; SMN, 2024); además de mayo a agosto de 2024, se tuvo una precipitación acumulada de 255 mm (Figura 1), lo que favoreció el crecimiento activo del pasto Banderita. Aunque no se presentaron diferencias significativas para el rendimiento de hoja ($P > 0.05$; Cuadro 1); se observó que, en la FR, los rendimientos de tallo, inflorescencia y material muerto fueron mayores ($P < 0.05$), atribuyéndose a que, a mayor edad de la planta aumenta la proporción de estos componentes (Garay *et al.*, 2020). En cuanto al incremento del material muerto en la FR, está relacionado con una mayor pérdida de agua por transpiración, lo cual favorece la presencia de tejido clorótico; además, que al encontrarse en fase reproductiva los nutrientes reservados en las hojas se movilizan para la formación de semillas (Hernández-Guzmán *et al.*, 2021). Los valores encontrados en este estudio pueden estar influenciados con factores como son: déficit hídrico y temperaturas del sitio de estudio (Ramírez-Ojeda *et al.*, 2024), ya que se ha reportado que Banderita depende totalmente de la precipitación anual para prosperar en los agostaderos, además está altamente relacionada con el tipo de nutrientes y profundidad del suelo en donde se encuentre establecida (Esqueda *et al.*, 2005).

CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos, cuando el pasto Banderita se encontró en FR tuvo mayor rendimiento de MST, sin embargo, el rendimiento de tallo y material muerto aumentaron. Se

sugiere realizar análisis químicos del forraje para conocer el valor nutritivo, así mismo evaluar este pasto bajo condiciones diferentes y controladas, con la finalidad de observar el comportamiento en las diferentes fases fenológicas, para obtener el mayor rendimiento de forraje y valor nutritivo.

LITERATURA CITADA

- Alva-Pérez, J.; L. E. López-Corona; C. C. Zapata-Campos; J. Vázquez-Villanueva; H. B. Barrios-García. 2019. Condiciones productivas y zoonositarias de la producción caprina del altiplano de Tamaulipas, México. *Interciencia* 44: 154-160.
- Álvarez-Holguín, A.; C. R. Morales-Nieto; R. Corrales-Lerma; J. Sierra-Tristán; F. Villarreal-Guerrero. 2017. Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. *Tecnociencia Chihuahua* 11: 25-32.
- Beltrán, S.; C. A. García; J. A. Hernández; C. Loredó; J. Urrutia; L. A. Gonzáles; H. G. Gámez. 2013. “Banderilla Diana” *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4: 217-221.
- Buttrey, E. K.; B. W. Bean. 2011. Yield, water use efficiency, and nutritive value of six warm-season perennial grasses in response to irrigation level. *Forage & Grazinglands* 9(1):1-8.
- Enríquez, J. F.; V. A. Esqueda; D. Martínez. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3: 243-260.
- Esqueda, M. H.; A. Melgoza; M. Sosa; R. Carrillo; J. Jiménez. 2005. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. *Técnica Pecuaria en México* 43: 101-115.
- Garay, J. R.; B. Estrada; Y. Bautista; A. Bernal-Flores; S. I. Mendoza; J. C. Martínez; E. Sosa; S. Joaquín 2020. Forage yield and quality of buffel H-17 and *Urochloa* hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. *Grassland Science* 66(4): 277-284.
- Garay-Martínez, J. R.; S. Joaquín-Cancino; B. Estrada-Drouaillet; J. C. Martínez-González; A. G. Limas-Martínez. 2017. Importancia del pasto buffel (*Pennisetum ciliare* L.) en el estado de Tamaulipas, México. *Agroproductividad* 10(10): 110-115.
- Hernández-Guzmán, F. J.; L. T. Rodríguez-Ortega; M. Velásquez-Martínez; P. Landa-Salgado; A. Rodríguez-Ortega; J.L. Castrellón-Montelongo. 2021. Influencia del tamaño de cariósipide y embrión en el desarrollo de plántulas de pastos. *Interciencia* 7: 309-316.
- Jurado-Guerra, P.; M. Velásquez-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 las zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuarias*. 12: 261-285.
- Maza, M.; I. Banda; G. Mendoza; O. A. Leal; G. Rendón. 2016. Reporte del estado de los pastizales en el Desierto Chihuahuense. Una perspectiva sobre Gestión. Pronatura Noreste A. C. Monterrey, Nuevo León, México. 58 p.
- Onyango, V.; B. Masumbuko; J. Somda; A. Nianogo; J. Davies. 2022. Gestión sostenible de la tierra en pastizales y praderas-Documento de trabajo. FAO y UICN. Roma y Gland. 54 p.
- Ramírez-Ojeda, G; E. Ramírez-Segura; L. A. Barrera-Guzmán; A. Vázquez-González. 2024. Ecogeography and climate change in forage grasses from arid and semi-arid regions of Mexico. *Grasses* 3(2):110-129.
- SAS Institute Inc. 2004. SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User’s Guide; SAS Institute Inc.: Cary, North Carolina, USA.
- SMN. 2024. Normales climatológicas. Servicio meteorológico nacional. Consultado en línea 15/09-2024. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales8110/tamps/no_r8110_28091.txt
- 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.

CALIDAD Y CURVAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE GRAMINEAS FORRAJERAS BAJO DOS CONDICIONES CLIMÁTICAS EN HIDALGO QUALITY, AND ANNUAL GROWTH CURVES OF FORAGE GRASSES UNDER TWO CLIMATIC CONDITIONS IN HIDALGO

Mario Alberto Larios-Huidobro^{1*}, Enrique Cortés Díaz¹, Cesar Cortés Romero²

¹Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México – Texcoco Km. 38.5, Texcoco, Edo de México.

²Colegio de Postgraduados – Campus San Luis Potosí, Iturbide No 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.

*Autor por correspondencia: lariosalbertochido@gmail.com

RESUMEN

En las regiones tropicales de México, la producción de rumiantes se basa principalmente en el pastoreo de gramíneas; sin embargo, el manejo de praderas y las condiciones climáticas inciden directamente en la calidad y crecimiento de dichas gramíneas. Por lo que el objetivo principal de este estudio fue evaluar la calidad y el crecimiento de gramíneas nativas e introducidas en dos condiciones climáticas con altitudes distintas en el municipio de Molango, Hidalgo. Se realizaron muestreos mensuales en praderas establecidas en 2021 de las gramíneas: pasto Maralfalfa (*Pennisetum violaceum*), pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*), pasto Estrella mejorado (*Cynodon nlemfuensis*), Mulato II (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II), pasto Mombasa (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa), Camello Blend (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido), gramas nativas (*Axonopus affinis-Paspalum conjugatum*) y Mestizo Blend (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido). Se realizaron análisis bromatológicos para determinar Proteína Cruda (PC) por el método de Kjendahl.

Palabras clave: regiones tropicales, gramíneas, calidad, biomasa.

ABSTRACT

In the tropical regions of Mexico, ruminant production is mainly based on the grazing of grasses; however, pasture management and climatic conditions directly affect the quality and growth of these grasses. Therefore, the main objective of this study was to evaluate the quality and growth of native and introduced grasses in two climatic conditions with different altitudes in the municipality of Molango, Hidalgo. The following grasses were sampled monthly in meadows established in 2023: Maralfalfa grass (*Pennisetum violaceum*), Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*), improved Star Grass (*Cynodon nlemfuensis*), Mulato II (*Urochloa* or *Brachiaria* hybrid cv. Mulatto II), Mombasa grass (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa), Camel Blend (*Urochloa* or *Brachiaria* hybrid), native grama (*Axonopus affinis-Paspalum conjugatum*) and Mestizo Blend (*Urochloa* or *Brachiaria* hybrid). Bromatological analyses were carried out to determine Crude Protein (CP) by the Kjendahl method.

Key words: tropical regions, grasses, nutritional quality, biomass.

INTRODUCCIÓN

La producción sostenible de forraje es un elemento fundamental en la agricultura y la ganadería, lo cual influye directamente en la calidad nutricional del alimento para el ganado. En este contexto, las gramíneas forrajeras representan una parte integral de la dieta del bovino, las cuales proporcionan nutrientes esenciales para su desarrollo y producción. Sin

embargo, la calidad, la acumulación de biomasa y el patrón de crecimiento anual de estas gramíneas pueden variar significativamente según las condiciones climáticas en las que se desarrollan.

El bajo valor nutritivo de los pastos forrajeros en las regiones tropicales y subtropicales representa una limitación en la productividad de los bovinos en pastoreo, debido al elevado contenido de paredes celulares y la baja concentración de proteína bruta; estas variables afectan la digestibilidad y el consumo voluntario (Lara *et al.*, 2009). Según Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011), la época del año es el principal factor que afecta la calidad nutritiva del forraje, sobre todo en la temporada de lluvias, debido a la alta producción de forraje y al aumento en el contenido de pared celular, con lo que disminuye el contenido de proteína y la digestibilidad de la pared celular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y duración del experimento

Se seleccionaron superficies de 0.1 (30 x 35 m) a 0.25 (50 x 55 m) ha en dos microclimas para el establecimiento de las parcelas: 1) templado (Sitio 1), 20° 51' 13'' N y 98° 43' 54'' O y 1445 m de altitud; 2) subcálido (Sitio 2), 20° 50' 54'' N y 98° 45' 30'' O y altitud 884 m. Las áreas de muestreo se ubicaron en dos sitios, realizando colecta cada cuatro semanas durante un año (a partir de junio 2023 hasta junio 2024), de las siguientes gramíneas (en hojas y tallos) con tres repeticiones fijas con un cuadro de 0.5 x 0.5 m.

Sitio 1: Pasto Maralfalfa (*Pennisetum violaceum*), Pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*), Pasto Estrella mejorado (*Cynodon nlemfuensis*) y Mulato II (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II). **Sitio 2:** Pasto Mombasa (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa), Mulato II (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II), Camello Blend (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido), Pasto Estrella mejorado (*Cynodon nlemfuensis*), Grama nativa (*Paspalum conjugatum*) y Mestizo Blend (*Urochloa* o *Brachiaria* híbrido).

Determinación de materia seca, proteína cruda y fibras

Para la determinación de materia seca (MS) se usó estufa de aire forzado a una temperatura de 60° C; para determinar Proteína Total (PT) se empleó el método de Kjeldahl (1883) y para fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) el método de Van Soest (1991). Se registraron las variables climáticas (temperatura, humedad y precipitación) en todos los meses de la evaluación.

Análisis estadístico

Se empleó un modelo estadístico para un diseño completamente al azar de parcelas divididas. La parcela mayor fue la especie o variedad forrajera y la parcela menor los muestreos realizados cada cuatro semanas. Para llevar a cabo una comparación de medias se realizó una prueba de Tukey y usando el procedimiento GLM en el programa SAS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Valor nutricional. Proteína Total (PT)

Para alimentar un animal de manera eficiente se requiere conocer la composición nutricional del alimento y los requerimientos para una producción esperada (Hess, 1998).

Además de conocer la producción de forraje (kg MS ha⁻¹) de las especies, es importante tener en cuenta que la PT cumple funciones indispensables en la nutrición de los rumiantes.

El cuadro 1 compara el porcentaje de PT en planta completa de las diferentes especies a lo largo del año en el Sitio 1 (Clima templado) mientras que el cuadro 2 compara el porcentaje de PT en planta completa de las especies forrajeras establecidas en el Sitio 2 (clima cálido). En el Sitio 1 Taiwan ($8.7\% \pm 0.59$) y Mulato II ($8.5\% \pm 0.67$), mostraron un contenido similar ($p > 0.05$) de proteína cruda, mientras que en las especies del Sitio 2 fue Mulato II la especie con contenido similar a las del sitio 1 que presentó un promedio de ($7.79\% \pm 0.7$).

Las especies Estrella y Mulato II están presentes en los dos sitios, el contenido de proteína determinado fue mayor en el Sitio 1, respecto al Sitio 2; Mulato II presentó $8.5\% \pm 0.67$, respecto al Sitio 2 ($7.79\% \pm 0.7$), el pasto estrella presentó mayor contenido en el Sitio 1 ($4.4\% \pm 0.9$) respecto al Sitio 2 ($4.12\% \pm 1.7$) y puede ser a que el sitio 1 está con menores temperaturas, lo cual impacta en contenidos mejores de proteína.

Lo anterior se evidencia de julio a octubre que fue cuando se presentaron los mejores contenidos de proteína ($10.23\% \pm 0.69$ y $10.25\% \pm 0.5$ respectivamente); mientras que en el Sitio 2 fue en julio con 12.4 ± 0.69 y septiembre con $12.3\% \pm 2.25$, semejante al Sitio 1 por mayor precipitación y posiblemente mayor rebrote y contenido de hoja.

En los cuadros 3 y 4 se comparan el rendimiento de kg MS ha^{-1} correspondientes al acumulado de cada especie por mes durante un año. En el Sitio 1 fue en los meses de junio (3563.8), julio (2946.7) y agosto (2840) en los que se obtuvo un mayor rendimiento en kg MS ha^{-1} a comparación de los demás meses del año. Mientras que en Sitio 2 solo es en el mes de agosto en donde el promedio de todas las especies es de $4144 \text{ kg MS ha}^{-1}$, siendo mayor a la del sitio 1 en la misma fecha.

En el Sitio 1 las especies evaluadas no mostraron diferencias en su promedio durante todo el año, mientras que en Sitio 2 la especie con mayor rendimiento fue Mombasa con un promedio de $1884.72 \text{ kg MS ha}^{-1}$.

Variables climatológicas

Los cuadros 4 y 5 son de gran ayuda para conocer la relación de planta-clima, y saber como interviene los factores climáticos en la calidad de las gramíneas forrajeras. Los cuadros contienen información de ambos microsítios; hace falta más información como la precipitación y HR para poderlos comparar y conocer como intervienen en el crecimiento y calidad de las plantas.

Cuadro 4. Variables climatológicas del Sitio 1.

Variables climatológicas del Sitio 1													
Variables	2023							2024					
	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Temperatura (°C)	.	.	.	21.2	17.5	14.9	13.2	14.1	16.4	19.5	21.1	26	23
Precipitación (mm)	.	.	.	48.8	204	85.8	53.4	1.8	29.1	30	28.2	1.2	198.6

Cuadro 5. Variables climatológicas del Sitio 2.

Variables climatológicas del Sitio 2		
Variables	2023	2024

	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Temperatura (°C)	16.12	17.27	19.17	22.03	24.91	29.96	26.74
HR%	84.99	83.28	69.52	71.71	62.05	58.36	69.81

HR% = porcentaje de Humedad relativa

El mes de octubre presentó mayor precipitación en el Sitio 1 con 204 mm; coincidiendo con el mayor contenido de proteína ($10.25\% \pm 0.5$), lo cual puede influir en mayor rebrote y contenido de hoja ($13.57\% \pm 0.58$ de PC), lo que influye en el mayor contenido de proteína.

Cuadro 1. Medias y Error estándar de las medias para Proteína Cruda en Planta completa de las gramíneas forrajeras del Sitio 1(templado).

Especie	Periodo													Promedio
	2023						2024							
	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Taiwan	5.54±0.05 rq	10.65±0.4 3 fghi	6.85±0.3 4 opq	7.84±0.5 7 klmnop	9.46±0.38 ijk	10.34±0.47 hij	.	8.51±0.58 kl	14.13±0.08 a	12.58±0.08 bcd	13.54±0.18 abc	6.87±0.001 opq	6.86±0.003 opq	8.70±0.5 9 A
Maralfalfa	5.33±0.003 r	6.45±0.14 pqr	6.94±0.0 3 nop	7.5±0.02 klmnop	7.52±0.53 klmnop	7.84±0.5 5 klmnop	.	8.13±0.03 klmno	14.46±0.08 a	12.17±0.14 cde	11.04±0.11 efgh	7.28±0.08 klmno p	8.42±0.08 klm	7.94±0.5 5 B
Estrella	8.3±0.38 klmn	13.72±0.2 8 ab	13.07±0.3 3 abcd	9.99±0.0 4 hij	12.23±0.3 4 cde	.	.	.	.	.	.	.	.	4.4±0.9 C
Mulato II	7.06±0.08 mnop	10.11±0.0 9 hij	10.57±0.5 5 ghij	12.39±0.0 6 bcde	11.8±0.02 defg	12.51±0.4 1 bcd	.	.	9.35±0.47 ijk	11.98±0.08 def	9.25±0.1 4 jk	10.18±0.04 hij	5.29±0.08 r	8.5±0.67 A
Promedio	6.56±0.24E	10.23±0.6 9 ^a	9.36±0.4 7B	9.62±2.2 B	10.25±0.5 A	7.67±0.8 D	.	4.16±0.81 G	9.48±1.63 B	9.18±1.0 2B	8.46±1.0 6C	6.08±0.76 E	5.14±0.6 7F	

Medias con las mismas literales mayúsculas por fila no son diferentes (p>0.05)

Medias con las mismas literales mayúsculas por columna no son diferentes (p>0.05)

Medias con las mismas literales minúsculas no son diferentes (p>0.05)

Cuadro 2. Medias y Error estándar de las medias para PC en Planta completa de las gramíneas forrajeras del Sitio 2 (Cálido).

Especie	Periodo													Promedio
	2023						2024							
	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Ab	Ma	Jun	
Mombasa	3.77±0.1 25 bc	12.88±0.39 abc	6.99±0.16 bc	8.63±0.1 2 bc	4.18±0.1 3 bc	9.92±0.02 bc	10.57±0.2 3 bc	10.46±0.16 bc	13.43±0.12 abc	7.68±0.3 1 bc	.	.	7.55±0.0 8 bc	7.44±0.6 7 A
Mulato II	6.16±0.1 1 bc	15.12±1.18 ab	9.79±0.16 bc	10.84±0.26 bc	5.52±0.0 1 bc	8.3±0.32 bc	14.16±0.0 8 abc	7.64±0.5 6 bc	6.50±0.4 3 bc	9.31±0.1 7 bc	.	.	7.96±0.0 4 bc	7.79±0.7 A
Estrella	6.89±0.2 5 bc	7.25±0.0 9 bc	6.16±0.22 bc	26.55±19.9 a	6.77±0.1 9 bc	.	.	.	.	.	.	.	.	4.12±1.7 A
Camello	6.77±.20 bc	17.64±0.17 ab	9.49±0.03 bc	9.96±0.1 9 bc	6.27±0.0 9 bc	10.19±0.4 bc	13.92±0.0 38 abc	4.23±0.2 bc	5.29±0.2 8 bc	10.11±0.1 2 bc	.	.	6.39±0.0 9 bc	7.71±0.7 7 A

Mestizo	6.91±0.0 6 bc	9.29±0.1 7 bc		5.64±0.4 5 bc	6.2±0.09 bc	8.47±0.15 bc								3.04±0.6 2 A
Promedio	6.1±0.24 B	12.4±0.6 9 ^a	8.13±0.47 AB	12.3±2.2 5 A	5.92±0.5 B	7.3AB±0.83	7.73±1.2 AB	4.46±0.8 19 BC	5.04±1.1 4 BC	5.4±1.02 B			4.38±0.6 7 BC	

Cuadro 3. Medias y Error estándar de las medias para kg MS ha⁻¹ en planta completa de las gramíneas forrajeras del Sitio 1(templado).

Especie	Periodo												Promedio	
	2023						2024							
	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Taiwan	2535 ± 162.35 abcdefg	3173.33 ± 1254.18 abcd	3000 ± 808.29 abcd	734.66 ± 386.78 fghijk	600 ± 115.47 hijk	292 ± 64.29 jk		933.33 ± 179.38 fghijk	309.33 ± 47.57 jk	180 ± 22.03 jk	128 ± 18.33 jk	666.66 ± 371.18 fghijk	266.66 ± 66.66 jk	986.1 A
Maralfalfa	4373.33± 428.53 ab	4266.67 ± 141.1 ab	2600 ± 115.47 abcdef	1720 ± 80 defghijk	1266.67 ± 266.66 defghijk	510.66 ± 74.80 ijk		653.33 ± 214.57 ghijk	324 ± 43.87 jk	753.33 ± 274.89 fghijk	194.66 ± 34.66 jk	466.66 ± 66.66 ijk	666.66 ± 176.38 ghijk	1359.7 A
Estrella	2933.33 ± 231.32 abcde	2320 ± 244 cdefghi	1826.67 ± 347.43 defghijk	2466.67 ± 346.66 bcdefgh	1466.67 ± 466.66 defghijk									847.2 A
Mulato II	4413.33± 1079.84 a	2026 ± 70.55 cdefghij	3933.33 ± 635.95 abc	1840 ± 568.97 defghijk	1080 ± 183.30 efghijk	636 ± 146.86 ghijk			940 ± 364 fghijk	514.66 ± 76.74 ijk	285.33 ± 68.13 jk	426.66± 93.33 ijk	1600 ± 305 defghijk	1361.2 A
Promedio	3563.8 A	2946.7 A	2840 A	1687.6 B	1103.3 BC	359.7 CD	0 D	396.7 CD	393.3 CD	362 CD	152 D	390 CD	633.3 CD	

Medias con las mismas literales minúsculas no son diferentes (p>0.05)

Cuadro 4. Medias y Error estándar de las medias para kg MS ha⁻¹ en planta completa de las gramíneas forrajeras del Sitio 2 (Cálido).

Especie	Periodo												Promedio	
	2023			2024										
	Jun	Jul	Ags	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
Mombasa	773.33± 135.31 hi	2240 ± 520.51 defghi	6320 ± 1030.99 a	1573.33 ± 246.93 fghi	5866.67 ± 1729.48 ab	1492 ± 40.06 fghi	1106.67 ± 104.13 hi	2586.67 ± 1070.91 defgh	468 ± 64.66 hi	808 ± 71.1 hi	.	.	1266 ± 66.66 ghi	1884.72 A
Mulato II	1760 ± 222.71 efghi	1093.33 ± 227.84 hi	5133.33 ± 768.83 abc	480 ± 105.83 hi	4600 ± 1058.3 abcd	2004 ± 484.08 efghi	640 ± 23.09 hi	1240 ± 450.77 ghi	734.66 ± 293.99 hi	501.33 ± 77.5 hi	.	.	1066.67 ± 176.38 hi	1481.03 B
Estrella	1480 ± 40 fghi	2240 ± 240 defghi	3866.67 ± 592.54 abcdef	2660 ± 190.08 cdefgh	2333.33 ± 66.66 defghi	.	.	.	.	.	.	.	.	967.69 C
Camello	1533.33 ± 174.86 fghi	1520 ± 80 fghi	5400 ± 305.5 ab	1386.67 ± 127.19 ghi	2866.67 ± 371.18 cdefgh	905.33 ± 271.51 hi	506.66 ± 48.07 hi	1240 ± 693.97 ghi	1433.33 ± 43.71 fghi	542.66 ± 39.62 hi	.	.	2066.67 ± 176.38 efghi	1492.41 AB
Mestizo	2346.7±577.5 defghi	1946.67 ± 301.4 efghi	.	4146.67 ± 906.96 abcde	3600 ± 503.32 bcdefg	1013.33 ± 346.76 hi	.	.	.	.	.	.	.	∩
Promedio	1578.7 BCD	1808 BC	4144 A	2049.3 B	3853.3 A	1082.9 CDE	450.7 EF	1013.3 CDE	527.2 EF	370.4 EF	0 F	0 F	880 DEF	

CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas intervienen directamente en el desarrollo de las especies forrajeras, se puede observar en los porcentajes de PT, sin embargo, para conocer información más detallada hace falta conocer las normales climatológicas durante todo el año, esto por la falta de datos. Así mismo, el cambio climático nos demuestra mediante estos resultados lo importante de hacer un correcto plan de manejo de las praderas ya que hay épocas en las que se obtienen niveles óptimos de %PT y kg MS, mientras que en otras la acumulación y calidad es prácticamente nula.

LITERATURA CITADA

- Hess, H. D. 1998. Calidad nutricional y producción bovina. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia. 28 p.
- Jarillo-Rodríguez, J.; Castillo-Gallegos, E.; Flores-Garrido, A. F.; Vallesde la Mora, B.; Ramírez, L.; Avilés, L.; Escobar-Hernández, R. and Ocaña-Zavaleta, E. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13:417-427.
- Kjeldahl, J., Neue Methods zur Bestimmung des Stickstoffs in Organischen Korpern, *Z. Anal. Química*. 22 : 366–382 (1883).
- Lara P., Canché M., Magaña H., Aguilar E., Sanginés J. 2009. Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 43(3): 273-279.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. and Lewis, B.A. (1991) Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non-Starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

DIAGNÓSTICO EXPLORATORIO DE LA PERCEPCIÓN DE LA SEQUÍA POR GANADEROS DE SONORA, MÉXICO. EXPLORATORY DIAGNOSTIC ABOUT THE DROUGHT PERCEPTION FOR LIVESTOCK PRODUCERS OF SONORA, MEXICO

Yazuri Reynosa-Sánchez ^{1*}, J. Javier Ochoa-Espinoza ², Lorenzo Alejandro López-Barbosa³, Jorge Enrique Ramírez-Albores ⁴ y José Antonio Hernández-Herrera ².

¹ Especialidad en Manejo de Recursos Naturales de Zonas Áridas y Semiáridas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP.25315.

² Departamento de Recursos Naturales Renovables. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP.25315.

³ Departamento de Ciencias Socioeconómicas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP.25315.

⁴ Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP.25315.

*Autor por correspondencia: yazurirey@gmail.com

RESUMEN

Las condiciones climáticas extremas, caracterizadas por altas temperaturas y baja precipitación, reducen la disponibilidad de agua y pasto, afectando la productividad del ganado y la economía de los ganaderos. Reconocer cómo los ganaderos comprenden y perciben la sequía es importante para implementar estrategias de manejo más efectivas y relevantes. Se aplicó una encuesta a 29 ganaderos en el estado de Sonora, con tres áreas principales de percepción: conceptualización de la sequía, almacenamiento de agua y ajustes en el manejo de pastizales. El objetivo fue mostrar la percepción que los ganaderos de Sonora tienen sobre la sequía y cómo influye en sus prácticas de manejo. La mayoría de los productores atribuyen la sequía a efectos relacionados con el cambio climático. En términos económicos, la mayoría de los encuestados tuvo que aumentar su inversión en un 75% por unidad animal durante la temporada crítica. Su principal fuente de agua es el uso de aguas subterráneas; los productores realizan ajustes en el manejo de los pastizales observando directamente el estado del pasto y las condiciones del ganado para tomar decisiones de manejo. El diagnóstico proporcionó una diversidad de enfoques, relevantes para desarrollar estrategias de adaptación que fortalezcan la capacidad de los productores para mantener su productividad durante todo el año.

Palabras clave: adaptación, cambio climático, ganadería extensiva, manejo de ganado, sequía.

ABSTRACT

Extreme climatic conditions, characterized by high temperatures and low rainfall, reduce the availability of water and grass, affecting livestock productivity and the economy of ranchers. Understanding how livestock farmers perceive and interpret drought is important to implement more effective and relevant management strategies. A survey was conducted with 29 ranchers in the state of Sonora, focusing on three main areas of perception: conceptualization of drought, water storage, and adjustments in grassland management. The

objective was to show how Sonoran ranchers perceive drought and how it influences their management practices. About 31% attribute the drought to the effects of climate change, about 15% of respondents had to increase their investment by more than 75% per animal unit during the critical period, about 43% identified the use of groundwater as the main source of water and 28% % of producers base their grazing adjustments on direct observation of pasture and livestock conditions to make decisions about grazing management. The diagnosis provided a variety of approaches, relevant to developing adaptation strategies that strengthen the capacity of producers to maintain productivity throughout the year.

Keywords: adaptation, drought, climate change, extensive ranching, livestock management.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, los principales retos por afrontar en el ámbito socio ambiental son el cambio climático y la producción de alimentos para una población creciente (FONNOR 2022; Gómez-Villalva *et al.*, 2019). La ONU ha creado los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), a los cuales el sector ganadero contribuye directamente, especialmente en áreas como: mitigación de la pobreza y el hambre, cuidado de la salud, la igualdad de género y, atención a la acción climática. La sequía es una característica climática que se manifiesta por un periodo prolongado sin lluvias o que estas se presentan por debajo de la cantidad normal, frecuentemente las altas temperaturas, de manera que la humedad en el suelo se reduce hasta el límite en que la vegetación es afectada por la escasez hídrica (Vásquez-Aldape *et al.*, 2022). Este fenómeno natural tiene impacto directo en la ganadería bovina extensiva, especialmente en el norte de México, reduciendo la productividad y sostenibilidad del sector. La ganadería extensiva impacta negativamente el medio ambiente, fragmentando territorios y afectando la cultura rural (Juárez-Delgado *et al.* 2018).

Algunas de las acciones realizadas para combatir la sequía son la administración de las presas, regeneración natural de los ecosistemas, siembra y mantenimiento de árboles dispersos para bienestar animal, arboles dispersos para disminución de temperatura, siembra de árboles, conservación de fuentes hídricas (Esparza, 2014). En Sonora, predomina un clima desértico cálido y la ganadería es una actividad económica clave. Las sequías prolongadas en las regiones áridas y semiáridas, especialmente en el norte de México, está estrechamente relacionado con el cambio climático, la degradación de los ecosistemas tiene impactos significativos en la producción ganadera, principalmente la escasez del agua acompañada del sobrepastoreo reduce la disponibilidad de forraje y fomenta la compactación de los suelos, afectando el desarrollo animal, al medio ambiente y disminuyendo la productividad ganadera, lo que repercute en la economía del productor. Ante esta problemática, el objetivo del diagnóstico fue identificar la percepción que tienen los ganaderos de Sonora ante la sequía, sus fuentes principales de abastecimiento de agua y las estrategias de manejo de los pastizales durante esta temporada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció una colaboración con el Centro de Capacitación Ganadera de México (CCGM), adscrito a la Unión Ganadera Regional de Sonora, para facilitar la participación de los productores en el proceso de diagnóstico. El CCGM coordinó la participación de 29 productores de 13 municipios del estado de Sonora. Como parte de las actividades de

recolección de datos, se aplicó una encuesta enfocada en detectar: 1) la conceptualización general de la sequía; 2) la atención en el tema de almacenamiento de agua y 3) los ajustes implementados en términos de manejo de pastizales. Estos instrumentos se aplicaron en formato digital y físico, según la preferencia de cada ganadero, con el objetivo de maximizar la accesibilidad y asegurar una mayor participación. Los datos recopilados fueron integrados y organizados en Excel para el análisis cuantitativo y el sitio web Mentimeter como apoyo para la visualización y análisis de datos cualitativos, permitiendo una interpretación más dinámica de las respuestas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conceptualización de la sequía. En la suma de opiniones de la muestra encuestada se percibe que “la sequía es la falta de lluvias, que tiene como consecuencia la disminución en la cantidad y calidad de los forrajes, afectando la productividad del ganado; esta temporada, acentuada por el cambio climático, requiere ajustes en el manejo, inversión y toma de decisiones para mitigar sus impactos en la economía, salud animal y los recursos naturales”. Adicionalmente, al preguntar el conocimiento del dato del volumen anual de precipitación, el promedio de las respuestas fue de 306.2 mm, mientras que el dato reportado por el Servicio Meteorológico Nacional para la región fue de 231.5 mm en promedio anuales, el dato no es muy distante con respecto a la estadística, lo que denota que los encuestados están documentados al respecto. Cuando se pregunto acerca de las principales causas de la sequía (Figura 1) el 31% (n= 9) la atribuyo a los efectos del cambio climático, 24% (n= 7) a otros factores y el restante 45% no fue concluyente en sus respuestas. Acerca de los desafíos que significa la sequía (Figura 2) del universo total de respuestas (n= 108), los dos retos más persistentes fueron la escasez de agua y la escasez de pasto, concentrando el 43.5% de las opiniones, el resto de las opiniones consideradas desafíos tuvieron una connotación de afectación económica de manera directa, con excepción de la muerte del ganado por causa de enfermedades (16.6%; n= 18) que se considera un efectos secundario a las dos que tuvieron mayor porcentaje.

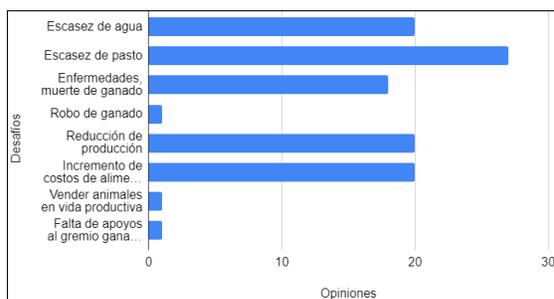


Figura 1. Principales causas de la sequía

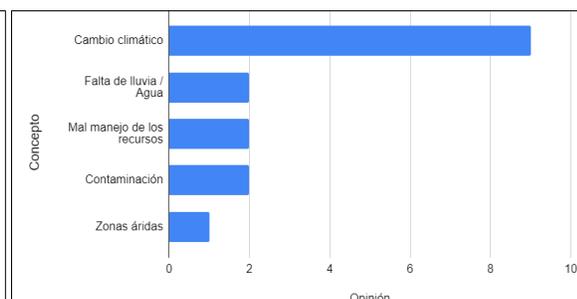


Figura 2. Desafíos durante la sequía

Involucrando el factor de afectación económica, el 44.8% de los productores (n=13) indicaron que han incrementan su inversión por unidad animal durante la temporada más crítica de la sequía a razón de un 25%, mientras que 12 productores (41.3%) reportaron un aumento del 50%, el resto mencionó aumentos en la inversión iguales o mayores al 75%, lo

que podría estar significando el mantener la operación de la unidad productiva a la misma proporción de las pérdidas.

Almacenamiento de agua. Al cuestionamiento acerca de las principales fuentes de agua se obtuvieron 68 respuestas, de las cuales el 42.6% (n= 29) identificaron el aprovechamiento de agua subterránea como la principal fuente de agua (pozos profundos y de aguas superficiales; en un segundo nivel los embalses artificiales (represas, abrevaderos y/o jagüeyes) concentraron el 30.8% de las opciones de almacenamiento, mientras que otras opciones como los ríos, arroyos o el agua de reciclaje constituyeron parte del restante 26.6%. Las respuestas a la pregunta de las estrategias utilizadas para el cuidado de las fuentes de agua destacan que la reforestación y el manejo responsable del pastoreo son las principales prácticas utilizadas para el cuidado de las fuentes de agua, con un 45% y 42% respectivamente, por otro lado, la protección de riberas no se reporta en absoluto, lo que podría ser un área de mejora significativa.

Ajustes en el manejo de pastizales. Se aplicaron dos reactivos en relación a este tema, el primero cuestionó acerca del tipo de sistema de pastoreo que lleva a cabo durante la sequía y el segundo reactivo fue acerca de la identificación de los efectos positivos al implementar prácticas de ganadería sostenible; al respecto, las respuestas versaron en que el 28% de los productores basan sus ajustes en el pastoreo basado en la observación directa del estado del pasto y las condiciones del ganado para tomar decisiones sobre el manejo del pastoreo, en segundo nivel (26% de las respuestas) usa pastoreo rotativo o controlado, el resto de las respuestas involucraron a decir de los encuestados modelos de pastoreo similares que involucran altas cargas animales (no selectivo, racional voisin y móvil o intensivo). Por tanto, la implementación de prácticas de ganadería sostenible se presenta como una solución para enfrentar el principal reto que enfrentan los ganaderos durante la temporada de sequía: la disponibilidad de agua y forraje. Esto ayuda a reducir los costos de producción y también es para los productores la actividad más votada para fortalecer sus ganaderías proteger las fuentes de agua.

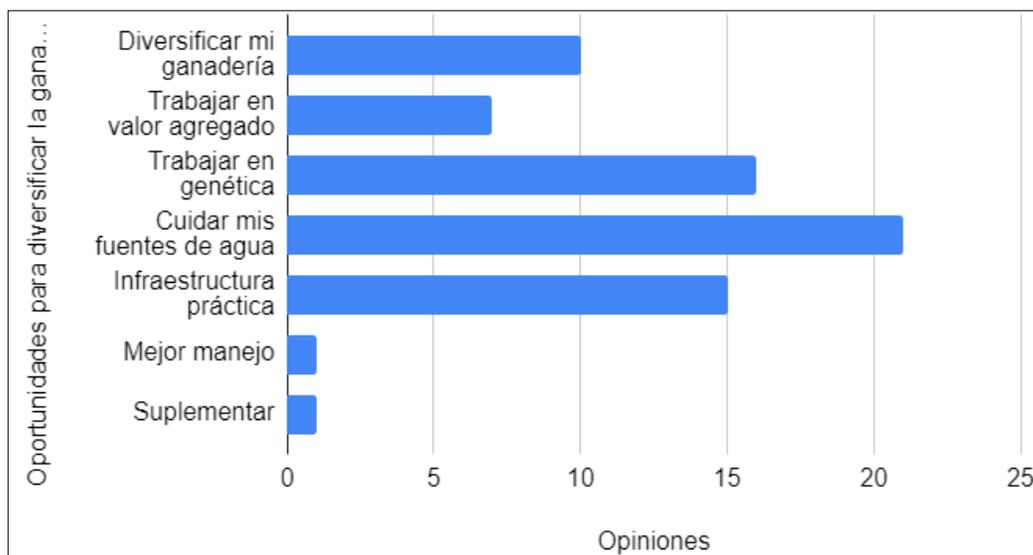


Figura 3. Oportunidades para mejorar la producción ganadera en el estado de Sonora.

Finalmente, cuando se les pregunto a los productores acerca de las opciones que ellos identificaban como oportunidades de mejora para enfrentar la sequía (Figura 3) más de la mitad de las respuestas involucraron además del cuidado de las fuentes de agua, a la opción de migrar hacia mejoramiento genético de ganado más adaptado a condiciones difíciles de escasez de agua, como las principales oportunidades de mejora.

En un estudio llevado a cabo en Chile, Aldunce *et al.* (2017) encontraron que la percepción social de la causa de la sequía era atribuida en 30% a causas humanas y solo el 12.7% al cambio climático, mientras que la opinión de que los principales impactos son en el medio ambiente (36.3%) supera a que se manifiesta mayormente en los sectores productivos (28.7%); por otro lado, Bahta *et al.* (2016) atribuye una fuerte carga social a las políticas relacionadas al apoyo de los gobiernos para afrontar la sequía, lo que no se percibió de manera prioritaria en el presente diagnóstico.

CONCLUSION

En el diagnóstico se identificó que los ganaderos perciben la temporada de sequía como uno de los mayores desafíos para sus sistemas de producción. La falta de agua afecta directamente la disponibilidad de forraje, la salud del ganado y, en general, la viabilidad económica de sus actividades. Esta percepción ha generado una creciente preocupación sobre cómo adaptarse a las condiciones cada vez más extremas del clima. La capacitación en el manejo eficiente de recursos naturales, especialmente en la reforestación con plantas forrajeras y la conservación del agua y suelo, se presenta como una necesidad urgente.

Es necesario que las Uniones Ganaderas, en colaboración con los gobiernos, universidades y centros de investigación, den seguimiento a cada una de las capacitaciones impartidas a los productores. Es importante que se esfuercen en capacitar a los ganaderos en los temas más relevantes, como el cuidado del agua y el manejo de los recursos naturales, tal como se identificó en el diagnóstico. Si cada ganadero dejara de implementar prácticas de explotación de los recursos naturales habremos dado el primer paso para restaurar ambientalmente más de la mitad del territorio nacional.

LITERATURA CITADA

- Aldunce, P., D. Araya, R. Sapiain, I. Ramos, G. Lillo, A. Urquiza y R. Garraud. 2017. Local perception of drought in a changing climate: The Mega-Drought in Central Chile. *Sustainability*, 9-2053. doi:10.3390/su9112053
- Bahta, Y. T., Jordaan, A., & Muyambo, F. (2016). Communal farmers' perception of drought in South Africa: Policy implication for drought risk reduction. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 20, 39-50.
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2), 199-200.
- FONNOR. (2022). Diagnóstico ambiental y socioeconómico para la implementación de procesos de ganadería regenerativa en Jalisco, México P. Bauche-Petersen & J. Machorro-Reyes. Agencia Francesa de Desarrollo-Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, México.

- Gómez-Villalva, J., Cobos-Mora, F., & Hasang-Moran, E. (2019). Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Revista Ciencia e Investigación*, 180. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3594078>
- Juárez-Delgado, J. C., Monroy-Martínez, R., Colin-Bahena, H., Monroy-Ortiz, R., & Dorado-Ramírez, O. (2018). Los subsidios de las unidades productivas tradicionales a la ganadería extensiva en Huautla Morelos, México. *Polibotánica*, 46, 329-330. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.21>
- Vásquez Aldape, R., Ayala Ortega, M. J., & Cantú Brito, J. E. (2024). *Glosario de pastizales y praderas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.

PLAN DE MANEJO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA GORDA DE QUERÉTARO MANAGEMENT PLAN FOR A SILVOPASTORAL SYSTEM IN THE SIERRA GORDA BIOSPHERE RESERVE, QUERÉTARO

Nora Lilia Hernández Santos¹, Iván Gómez Sánchez¹, Marcela Quiroz Sodi¹, María Piedad Olvera Escamilla^{1*}, Gervasio Vázquez Martínez¹, David Linoe Sangerman Arcos¹

¹Modulo Pecuario, Universidad Autónoma de Querétaro, campus Conca, Arroyo Seco, Querétaro, 76410, México.

*Autor por correspondencia: molvera161@alumnos.uaq.mx

RESUMEN

El proyecto aborda problemas de producción ganadera causados por cambios climáticos y métodos agrícolas insostenibles mediante la implementación de un sistema silvopastoril, que combina gramíneas, leguminosas, arbustos y árboles para ofrecer beneficios económicos y ecológicos. Se realizó en el módulo pecuario de la Universidad Autónoma de Querétaro, con un área de 2,592 m² en un ecosistema de Selva Baja Subcaducifolia, caracterizado por un clima cálido subhúmedo. En el proyecto se sembraron 60 árboles de *Leucaena* y se llevaron a cabo actividades como poda de formación, riego manual, mantenimiento, tutorado, deshierbe y control de plagas. También se realizaron cortes y siembra de nopales, construcción de prensas para secado y cálculo de materia seca del forraje recolectado. La supervivencia de las *Leucaenas* fue del 89%, con un crecimiento uniforme, y el contenido promedio de materia seca del forraje fue del 35%, adecuado para la alimentación del ganado. Aunque el sistema de riego manual fue efectivo, se recomienda considerar el riego por goteo para mayor eficiencia. El estudio, basado en un único ciclo estacional, podría beneficiarse de un seguimiento más prolongado para obtener datos más robustos. En general, el sistema silvopastoril demostró ser una alternativa viable y sostenible frente a los métodos tradicionales, optimizando el uso del suelo y mejorando tanto la productividad como la sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: Agroforestería, Recursos, Degradación, Biodiversidad

ABSTRACT

The project addresses issues in livestock production caused by climate change and unsustainable agricultural methods by implementing a silvopastoral system that combines grasses, legumes, shrubs, and trees to provide economic and ecological benefits. It was carried out at the livestock module of the Universidad Autónoma de Querétaro, with an area of 2,592 m² in a Subdeciduous Low Forest ecosystem, characterized by a warm subhumid climate. The project involved planting 60 *Leucaena* trees and included activities such as formative pruning, manual irrigation, maintenance, staking, weeding, and pest control. It also included cutting and planting prickly pears, building presses for drying, and calculating the dry matter content of the collected forage. The survival rate of the *Leucaena* trees was 89%, with uniform growth, and the average dry matter content of the forage was 35%, which is suitable for livestock feed. Although the manual irrigation system was effective, it is recommended to consider drip irrigation for greater efficiency. The study, based on a single

seasonal cycle, could benefit from longer-term monitoring to obtain more robust data. Overall, the silvopastoral system proved to be a viable and sustainable alternative to traditional methods, optimizing land use and improving both productivity and long-term sustainability.

Keywords: Agroforestry, Resources, Degradation, Biodiversity.

INTRODUCCIÓN

Las pérdidas económicas, el desmejoramiento de la producción ganadera, a causa de los cambios en los patrones climáticos, y el implemento de métodos de cultivos, insostenibles, representan un desafío a escala mundial. Una alternativa que ha demostrado buenos resultados en la práctica, además de ser compatible con el cuidado del ecosistema son los sistemas silvopastoriles (Castellanos 2022). Una modalidad de la agroforestería, donde se combinan dentro de un mismo espacio gramíneas y leguminosas rastreras con especies arbustivas y árboles. En la actualidad los sistemas tradicionales de uso del suelo para la producción pecuaria emplean prácticas inadecuadas como el sobrepastoreo y la quema, que van en detrimento de los recursos naturales que son la base ecológica de la productividad. Esto crea la necesidad de buscar nuevas tecnologías de producción ecológicamente sostenibles, económicamente competitivas y atractivas para el productor (Agrotendencia, 2022). Interactuando cinco componentes: el componente arbóreo, el componente ganadero, el forrajero, el suelo y el clima. De éstos se consideran como primarios el arbóreo (por eso “silvo” que denota la palabra bosque) y el forrajero (por ello “pastoril”). Mientras que los sistemas forestales tienen por objetivo la obtención de mayor volumen por unidad de superficie, el sistema silvopastoril busca lograr rollizos de mayor diámetro, lo cual es una característica que le otorga mayor calidad (Luccerini, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el módulo pecuario de la Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Conca, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Arroyo Seco, Querétaro (21°25'45.58"N - 99°37'52.44"O). La superficie del módulo ronda los 18,235 m², no obstante, el proyecto del Sistema Silvopastoril cuenta con un área estimada de 2,592 m². El sitio de estudio se encuentra en un ecosistema de Selva Baja Subcaducifolia por lo que el clima es cálido subhúmedo con lluvias temporales en verano, alcanzando temperaturas de 38°C máximo y 14°C mínimas en temporada de invierno. El suelo está conformado principalmente de tipo leptosol seguido de luvisol y vertisol, lo cual lo hace apto para la agricultura (INEGI,2010), actividad que se destaca en la zona que, a su vez, se realizó en el área de estudio años antes de ser propiedad de la universidad.



Figura 1. Mapa informativo del módulo pecuario, lugar designado para el proyecto y área designada para el sistema silvopastoril

Al estar en el área de trabajo, se delinearon 4 surcos, donde ya había algunas plantas de *Leucena*. Utilizamos estas plantas como guía y se colocaron nuevas plantas cada 2 metros a lo largo de los surcos. Se sembraron 60 ejemplares de *Leucaena*, continuando el trabajo después de la siembra, se les hizo un rodete de aproximadamente 50 cm de diámetro, para que ningún pasto le impidiera su crecimiento.

Se podaron los árboles de *Leucaena* ya existentes dentro del área, para darle forma y orientar su crecimiento, de manera que tenga una estructura y altura adecuada para su manejo y aprovechamiento por el ganado, a modo que facilite el acceso a los animales sin dañarlos. Esto ayudará a la luz del sol a tener mayor acceso, que a su vez fomenta la producción de pasto.

El riego de las *Leucaenas* y de los nopales se realiza de manera manual, con cubetas de 20 lts, aproximadamente 3 veces por semana. Para el mantenimiento se vigiló el estado sanitario de los árboles, el riego frecuente, algunas podas de mantenimiento como eliminar ramas secas, enfermas o mal posicionadas en busca de garantizar el buen estado de los árboles. Se empleó el residuo vegetal de las podas para generar bloques nutricionales enfocados en el ganado. Se aplicaron técnicas de control de plagas y fertilización. En las nuevas plantaciones de *Leucaena* se realizó control de plagas mecánico con ayuda de botellas de plástico, que fueron colocadas alrededor de los ejemplares junto con los tutores (Figura 2), esto para evitar que las hormigas subieran a defoliar. Así como también se colocó cal alrededor de los nuevos árboles para evitar que plagas ataquen y que los árboles puedan crecer favorablemente (Figura 3).



Figura 2. Colocación de botella como barrera



Figura 3. Aplicación de sal dentro del rodete para evitar plagas.

Para el mantenimiento del área se realizó la práctica de deshierbe al final de las líneas (Figura 4), debido al rápido crecimiento de plantas herbáceas, esto con el objetivo de evitar que los árboles queden por debajo de estas y pierdan luz solar que impidan su desarrollo. Cabe resaltar que el suelo no perdió en su totalidad la cobertura vegetal para evitar la deshidratación del mismo.



Figura 4. A) Antes de la práctica de deshierbe al final de las líneas. B) Después del deshierbe.

Tutoreo: Se colocaron tutores a los árboles, esencial para guiar el crecimiento vertical de los árboles jóvenes y protegerlos del viento, del ganado o de posibles daños mecánicos. Esto ayuda a que adquieran una estructura recta y sólida. Para ello se identificaron los árboles que presentaran inclinaciones y se colocaron tutores de esquejes de las Leucaenas que se les dio mantenimiento de poda previamente.

Etiquetado: Para el etiquetado primero se contabilizaron los árboles existentes en el sistema, después se cortaron pequeños rectángulos de latas de aluminio, con ayuda de un objeto punzocortante se escribió el número del árbol, y con cinta se colocaron en cada uno de ellos tratando de seguir la formación, como se muestra en la figura 6 y 7. Esto con el fin de evitar que se deslave o se pierda la visibilidad de numeración de los árboles.

Geocalizado de los árboles de Leucaena: Con ayuda del GPS se tomaron las coordenadas de cada árbol para tener un control de todos, los datos se colocaron en un excel y se elaboró un mapa para localizar cada árbol.



Figura 5. Elaboración de etiquetas.



Figura 6. Colocación de etiquetas.

Despencado de nopal: Se cortaron cladodios de las plantas de nopal, con el fin de reproducirlas, optimizar el crecimiento y facilitar su uso.

Siembra de pencas: Previo a la siembra, se colocaron a secar las pencas en un tiempo aproximado de una a dos semanas para favorecer la cicatrización, prevención de la pudrición y favorecer el enraizamiento.

Formación de rodetes: Se realizaron rodetes como medida de manejo preventivo para el crecimiento de maleza, esto para favorecer el crecimiento adecuado de las Leucaenas, así mismo evita la erosión del suelo permitiendo un riego uniforme de la misma.

Construcción de prensas: Se realizó una práctica para la elaboración de las prensas en la cual se cortaron 18 pedazos de madera de 50 cm de largo y 18 pedazos de 30 cm de largo, se formaron y se unieron con clavos de media pulgada, de los cuales se obtuvieron tres prensas.

Colecta: Por equipos se colectaron tres ejemplares de pastos para cada uno, se les retiró las impurezas, esto se hizo de tres espacios; del estacionamiento del módulo pecuario, área de los nopales y donde se encuentra el sistema silvopastoril. Como primer paso en la base de la prensa, se colocó un cartón, luego el ejemplar cubierto de una hoja de papel donde se puso; nombre, medidas, algunas características simples, fecha, número de planta y se tapó con más hojas recicladas, en seguida se puso otro cartón y el siguiente ejemplar siguiendo los pasos del anterior, así hasta colocar los tres ejemplares, se le puso el último cartón y luego la base de la prensa amarrándose con presión, por último se colocó en una secadora de luz durante 7 días.

Cálculo de materia seca: Se calculó la materia seca, se tomó del peso inicial (peso húmedo) de cada una de las muestras para su registro. Para continuar con el cálculo de materia seca, se colocaron las muestras en la secadora por un tiempo aproximado de 3 días (72 hrs), para finalmente retirarlas y proceder a su pesaje y obtener el peso final (peso seco).

RESULTADOS

De las Leucaenas sembradas el 89 % sobrevivió aproximadamente, de las cuales la mayoría han tenido crecimiento vegetativo, un crecimiento vertical uniforme, la cantidad promedio de materia seca obtenida en las muestras fue de un promedio de 35% de materia seca, lo que sugiere que tiene promedio adecuado y bueno, ya que el valor de materia en pastos puede variar entre 20 y 40 %. Es adecuado para la alimentación del ganado, ya que es lo suficientemente denso en nutrientes, no es demasiado seco, lo que significa que el forraje es aún palatable y fácil de digerir.

DISCUSIÓN

El sistema de riego utilizado resultó efectivo para mantener el crecimiento de las plantas de Leucaena, aunque, se podría implementar el riego por goteo para uso de agua eficiente en el crecimiento de las especies.

De acuerdo con Gonzalo 2015, el sistema silvopastoril ofrece una alternativa viable y sostenible frente a los sistemas convencionales, al integrar especies arbóreas y pastizales. Este enfoque no solo mejora la producción de forraje, sino que también contribuye a la sostenibilidad del suelo y la biodiversidad. Este proyecto fue trabajado por estudiantes con un rango de edad de 21 a 30 años, sin embargo, como menciona Velazco, 2014, en sus resultados, que el 74 % de los productores concluyen que los jóvenes no tienen interés ni

apego al campo. Por esta razón queremos inducir a las generaciones jóvenes a este apasionado trabajo del campo.

CONCLUSIONES

En conclusión, la implementación de un sistema silvopastoril en el módulo pecuario demuestra una alternativa viable y sostenible frente a los sistemas ganaderos tradicionales. con la integración de especies arbóreas como la Leucaena y nopales, se optimiza el uso del suelo, mejorando tanto la productividad a corto plazo como la sostenibilidad a largo plazo. Las prácticas como el manejo adecuado del riego, control de plagas y podas formativas, junto con el monitoreo del estado de los suelos y el crecimiento de las plantas, permiten que el sistema funcione de manera eficiente. Este enfoque no solo favorece la producción ganadera, sino que también ayuda a mitigar el deterioro de los recursos naturales. A medida que se avanza en el desarrollo de este sistema, se espera que continúe generando beneficios económicos y ecológicos, promoviendo una producción más sustentable y competitiva en la región.

LITERATURA CITADA

- Agrotendencia.Tv. (2022, 20 septiembre). Sistemas silvopastoriles: manejo, ventajas y desventajas. Agrotendencia.tv. <https://agrotendencia.tv/agropedia/ganaderia/sistemassilvopastoriles-impacto-productivo-y-ambiental/>
- Castellanos (2022, 11 febrero). Sistemas silvopastoriles, qué son y tipos. ventajas. Naturaleza y ecología. <https://naturaleza.animalesbiologia.com/ecologia/sistemas-silvopastoriles>
- Gonzalo, G. V. R. (2015, 13 octubre). *Sistemas Silvopastoriles como alternativa en la conservación de la biodiversidad en el municipio de San Diego, Dpto. del Cesar*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/9109>
- Luccerini, S. A., Subovsky, E. D., & Borodowski, E. D. (2013). *Sistemas silvopastoriles : una alternativa productiva paraguayés*. http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/apuntes/document/AA2013lucce_rinisabrina

VALOR NUTRICIONAL DE LA DIETA DEL GANADO BOVINO PASTOREANDO EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO EN EL NORTE DE ZACATECAS MÉXICO

NUTRITIONAL VALUE OF THE DIET OF CATTLE GRAZING IN A MEDIUM SHORT GRASSLAND IN THE NORTHERN OF ZACATECAS

Daniel Rodríguez Tenorio*¹, José Contreras Bañuelos¹, Ramón Gutiérrez Luna², Alberto Muro Reyes, Luis Humberto Díaz García¹, Alejandro Espinoza Canales¹, Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas¹ y Daniel García Cervantes¹.

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia km. 31.5 Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, 98500 Gral. Enrique Estrada, Zac.

² Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500, Calera Zacatecas, México.

*Autor por correspondencia: rtenorio00@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue determinar el valor nutricional de la dieta del ganado bovino, se llevó a cabo un experimento en un pastizal mediano abierto en el municipio de Sombrerete, Zacatecas, durante las cuatro épocas del año, encontrando que los porcentajes de proteína encontrados fueron más altos en los meses de la época verde que en los meses de la época de sequía. Para obtener el valor nutricional de las muestras se determinó Proteína Cruda, según la técnica de la A.O.A.C., las fracciones de Fibra Ácido Detergente y Fibra Neutro Detergente por el método de Van Soest y la Digestibilidad in Vitro de la Materia seca se determinó por el Método de Tilley y Terry. Los valores promedio de proteína encontrados en la dieta de los bovinos son superiores a los requerimientos para todas las etapas fisiológicas en la época verde, contrario a lo que sucede en la época seca, en la cual solo se alcanzó a satisfacer los requerimientos de mantenimiento del animal. La Digestibilidad in Vitro de la Materia Orgánica (DIVMO) y Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca (DIVMS) presentaron valores promedio mayores para la época verde aún y cuando no se encontraron diferencias significativas ($P > .05$) entre épocas. La energía digestible (ED) presentó valores más altos en la época verde en relación con la época seca, se encontró que la vegetación aporta la ED suficiente solo en la época de crecimiento del pastizal durante el verano, para las demás épocas del año fue insuficiente para todos los estados fisiológicos del animal en ninguna época de muestreo.

Palabras clave: Dieta, ganado, pastoreo.

ABSTRACT

The objective was the determining the nutritional value of the diet of cattle, an experiment was carried out in a short grassland in the municipality of Sombrerete, Zacatecas, during the four seasons of the year, finding that the percentages of protein found were higher. in the months of the green season than in the months of the dry season. To obtain the nutritional value of the samples, Crude Protein was determined, according to the A.O.A.C. technique, the fractions of Acid Detergent Fiber and Neutral Detergent Fiber by the Van Soest method

and the In Vitro Digestibility of the dry matter was determined by the Method by Tilley and Terry. The average protein values found in the bovine diet are higher than the requirements for all physiological stages in the green season, contrary to what happens in the dry season, in which only the maintenance requirements of the cattle were met. animal. The In Vitro Digestibility of Organic Matter (DIVMO) and In Vitro Digestibility of Dry Matter (DIVMS) presented higher average values for the green season even though no significant differences ($P>.05$) were found between seasons. The digestible energy (DE) presented higher values in the green season in relation to the dry season, it was found that the vegetation provides sufficient DE only in the grassland growth season during the summer, for the other times of the year it was insufficient for all physiological states of the animal at any sampling time.

Keywords: Diet, cattle, grazing.

INTRODUCCIÓN

La ganadería extensiva es una de las actividades primarias del norte de México. Sin embargo, también es una de las menos reguladas, sobre todo a nivel del manejo de agostaderos a tal grado que en la actualidad la falta de ordenamiento en esta actividad ha puesto en riesgo la permanencia física de recursos naturales vitales y del ambiente que estos proveen. Los pastizales representan la mayor fuente de forraje para la ganadería extensiva de bovinos (Bedunah, 2012) También, los pastizales juegan un papel importante en la conservación del suelo, calidad del agua y hábitat de la flora y fauna. Sin embargo, la degradación de los agostaderos es un problema que se ha incrementado en México, al igual que en todo el mundo (Medrano, 2012).

La importancia de las tierras de pastoreo como base de la alimentación de los animales, es evidente si consideramos que en promedio el 75% de los alimentos para el ganado, a nivel mundial, lo proporcionan las tierras de pastizales. En México las tierras de pastizales proporcionan el 95% del alimento del ganado, de las cuales el 70% de estas tierras se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del país, en Europa este porcentaje es estimado en 50%.

Por otro lado, en el norte de México existe una gran diversidad de comunidades vegetales, que son consumidas por los animales domésticos y la fauna silvestre. Consecuentemente, la ganadería de tipo extensivo representa una actividad importante, que requiere de investigación para hacerla eficiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el rancho “la Copa” ubicado en la comunidad de Felipe Carrillo Puerto (El Arenal) en Sombrerete, Zacatecas., con una localización geográfica del sitio de estudio es: LN 23°61'72.1" y LW 103°45'86.9". La temperatura promedio anual es de 18°C. La topografía es plana con lomeríos suaves, la precipitación promedio anual es de 400 mm. El tipo de vegetación corresponde a un Pastizal Mediano Abierto, donde las principales especies de gramíneas del estrato herbáceo son: *Bouteloua curtipendula* (Banderilla), *Bouteloua hirsuta* (Navajita), *Bouteloua gracilis* (Navajita), *Muhlenbergia phleoides* (Lobero), *Bouteloua dactyloides* (Búfalo). También, encontramos plantas como el

Astragalus mollissimus (Hierba loca) y arbustivas como el mezquite (*Prosopis juliflora*), huizache (*Vachellia farnesiana*) y gatuño (*Mimosa biuncifera*) (COTECOCA, 1980).

Con la finalidad de conocer los atributos de la vegetación, se realizaron muestreos en las diferentes épocas del año. Los atributos de la vegetación que fueron considerados son los siguientes: cobertura basal relativa, densidad, composición botánica y cobertura basal. La colecta de las plantas se efectuó mediante la técnica de línea de Canfield, mientras que la producción de materia seca a través de la técnica de metro cuadrado.

La composición botánica, se evaluó a través de la técnica de línea de Canfield

Se muestreó durante las cuatro épocas de año de acuerdo a Stobbs (1973).

Los parámetros que se midieron fueron el valor nutricional por medio del análisis proximal o esquema de Wende (Horwitz et al., 1975); el total de nutrientes digestibles (TND), las fracciones de fibra ácido detergente (FAD) y fibra detergente neutra (FDN) Van Soest and Robertson, 1991.

RESULTADOS

En el Cuadro 1 se muestran los estadísticos descriptivos de las variables estudiadas en este trabajo clasificados por época. En una intervención preliminar se notó que el predio no explicaba suficiente variabilidad, por lo que, de aquí en adelante, se le decidió dejarlo fuera de los modelos de análisis.

Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar geométricos observados de las variables estudiadas.

Nutriente	Proporción de nutrientes por época de muestreo							
	Promedios geométricos y desviaciones estándar multiplicativas (D.E.M.)							
	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.
Materia seca (%)	93.5	1.00	93.9	1.00	93.4	1.00	93.3	1.01
Proteína cruda (%)	3.65	1.38	11.1	1.16	7.70	1.24	3.66	1.19
Fibra cruda (%)	40.7	1.16	29.8	1.08	30.8	1.06	41.9	1.04
Extracto etéreo (%)	0.582	1.43	0.579	1.33	0.757	1.13	0.543	1.19
Cenizas (%)	7.63	1.62	15.5	1.38	13.9	1.07	5.82	1.14
TND (%)	48.7	1.06	46.8	1.08	48.0	1.02	50.6	1.02

Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar geométricos observados de la variables estudiadas.

Proporción de nutrientes por época de muestreo
Promedios geométricos y desviaciones estándar multiplicativas (D.E.M.)

Nutriente	Primavera		Verano		Otoño		Invierno	
	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.	Promedio	D.E.M.
FAD (%)	56.6	1.03	45.8	1.07	46.2	1.09	57.3	1.01
FDN (%)	82.7	1.03	79.4	1.04	79.7	1.07	85.8	1.02

Para el caso de Proteína cruda, considerado un nutriente fundamental para la producción de rumiantes en pastoreo, se encontró que fue alta durante la época de verano (11.1%), y en la época de otoño, de lo que supone que este nutriente se encuentra disponible debido al crecimiento de las especies vegetales, fundamentalmente gramíneas durante la época de verano, tendiendo a disminuir durante el otoño, aun así, satisfaciendo las necesidades de bovinos en todas su etapas fisiológicas.

En relación la Fibra cruda la evolución de la disponibilidad de este componente se presentó conforme a la fenología de las plantas del pastizal, fundamentalmente gramíneas, ya que el mayor porcentaje de este nutriente se da durante las épocas de primavera e invierno que son las épocas donde las plantas se encuentran en estado de latencia, y donde la digestibilidad es más baja por el incremento en la fracción de fibra, presentando sus niveles más bajos durante el verano, que es donde el Contenido celular de las plantas es más alto, por consecuencia el porcentaje de la fracción fibra disminuye.

En relación con el Total de nutrientes digestibles (TND), el comportamiento fue muy similar durante las cuatro épocas del año, no existiendo diferencias significativas entre épocas.

En lo que se refiere a las Fracciones de Fibra cruda (FDN y FAD) el comportamiento de estos componentes tuvo una tendencia similar al desarrollo de las etapas fenológicas de las plantas del pastizal, teniendo un incremento en las épocas de madurez de la planta y los porcentaje más bajo durante la etapa de crecimiento de las mismas, que corresponde a la época de verano como se aprecia en el Cuadro 1.

Para la Materia seca se establece según los resultados obtenidos en el estudio que la disponibilidad se mantiene de manera constante durante las época del año, viéndose incrementada durante la época de verano, sin ser estadísticamente superior a las demás épocas del año, lo que supone que el rancho tiene un buen manejo de tal manera que existe suficiente disponibilidad de forraje, según se muestra en el Cuadro 2.

Se muestran los porcentajes de materia seca obtenidos en las épocas muestreadas. Se observa que los valores son muy similares. Sin embargo, las muestras son muy homogéneas. A continuación, se muestran los cuadros con los resultados, que despliegan la estimación puntual y de intervalo de confianza a 95% de los valores medios de cada una de las variables.

Se consideró como diferencias significativas apareadas cuando el promedio no se encontrara dentro de otro intervalo de confianza.

Se muestran los resultados para la Materia seca, e indican que el promedio del verano fue estadísticamente superior (<0.05), con un valor del 93.9%, al de las otras épocas debido a éste no cae dentro de los demás intervalos de confianza. Sin embargo, la diferencia parece ser prácticamente nula porque la diferencia entre el promedio más alto, el del verano, y el del menor, el del invierno, es 0.6%, y esto se debe a la gran homogeneidad de las muestras.

Cuadro 2. Comparación de las proporciones de materia seca entre las épocas del año.

Efecto de la época sobre la materia seca			
Proporciones			
Época	Promedio	Intervalo de confianza 95%	
		2.5 %	97.5 %
Primavera	0.935	0.933	0.937
Verano	0.939	0.936	0.941
Otoño	0.934	0.932	0.937
Invierno	0.933	0.931	0.935

CONCLUSIONES

- 1.- La proteína cruda disponible en el pastizal es suficiente para satisfacer los requerimientos de los bovinos en cualquier etapa fisiológico del animal durante la época de verano y otoño.
- 2.- El comportamiento de la Fibra cruda en el pastizal mediano abierto es alto durante la época de primavera e invierno y presenta los porcentajes más bajos durante la época de verano que es cuando la disponibilidad de forraje verde es mayor en el agostadero.
- 3.- El comportamiento de las fracciones de fibra, tuvieron un comportamiento similar a la fibra cruda en el pastizal mediano abierto.
- 4.- Se requiere realizar este tipo de estudios durante un tiempo considerable para optimizar el uso del pastizal por parte de los bovinos en pastoreo.

LITERATURA CITADA

- Bedunah, D. J., & Angerer, J. P. 2012. Rangeland degradation, poverty, and conflict: how can rangeland scientists contribute to effective responses and solutions. *Rangeland Ecology & Management*, 65(6), 606-612.
- Coefficientes de agostadero de la república mexicana. 1980. Estado de Zacatecas y Aguascalientes. SARH-COTECOCA. Torno I y II.

- Horwitz, William et al. 1975. Official Methods of Analysis. Vol. 222. Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Medrano, F. G. (2012). Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Instituto Nacional de Ecología.
- Stobbs, T. H. 1973. The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24(6), 809-819.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. "Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition." *Journal of Dairy Science* 74 (10): 3583–97. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

EFECTO DE LA DENSIDAD ANIMAL SOBRE EL FLUJO DE ÓXIDO NITROSO EFFECT OF HERD DENSITY ON NITROUS OXIDE FLUX

Josué Jonathan Ríos Hilario^{1*}, Claudia María Isabel Hidalgo Moreno², Sergio Iban Mendoza Pedroza¹, Adelaido Rafael Rojas García³, 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.

²Posgrado en Edafología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.2, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Acapulco – Pinotepa Nacional km 197, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940.

⁴Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México – Texcoco km 38.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

*Autor de correspondencia: rios.josue@colpos.mx

RESUMEN

El óxido nitroso (N₂O) es un potencial gas efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, dentro de los suelos dedicados a las actividades agropecuarias, las praderas y pastizales son considerados la mayor fuente de N₂O. El objetivo del estudio fue cuantificar las emisiones de N₂O del suelo en respuesta a tres niveles de carga animal: 0, 1 y 2 unidad animal (UA). El estudio se realizó bajo condiciones de campo durante los meses de marzo a septiembre de 2024, en el Centro Experimental del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México ubicado (19° 27' 38 N y 98° 54' 11 O). Las variables evaluadas fueron: contenido de N inorgánico en suelo, flujo diario y acumulado de N₂O. Los datos se analizaron mediante un diseño en bloques al azar y comparación múltiple de medias (Tukey, $p < 0.05$). La carga animal mayor (2 UA) mostró el mayor contenido de N inorgánico en suelo, flujo diario y acumulado de emisiones de N₂O. La carga animal modifica las emisiones de N₂O.

Palabras clave: gases efecto invernadero, cambio climático, pradera, óxido nitroso, flujo de emisión

ABSTRACT

Nitrous oxide (N₂O) is a potential greenhouse gas that contributes to global warming, within soils dedicated to agricultural activities, grasslands are considered the largest source of N₂O. The objective of the study was to quantify soil N₂O emissions in response to three levels of herd density: 0, 1 and 2 AU. The study was carried out under field conditions during March to September 2024, at the Experimental Center of the Colegio de Postgraduados, Texcoco, State of Mexico located (19° 27' 38 N and 98° 54' 11 W). The variables evaluated were inorganic N content in soil, daily flow and accumulated N₂O. Data were analyzed using a randomized block design and multiple comparison of means (Tukey, $p < 0.05$). The highest herd density (2 AU) showed the highest content of inorganic N in soil, daily flow and accumulated N₂O emissions. Herd density modifies N₂O emissions.

Key words: greenhouse gases, climate change, grassland, nitrous oxide, emission flux.

INTRODUCCIÓN

El óxido nitroso (N_2O) es un potencial gas de efecto invernadero y se produce en suelos por acción microbiana (IPCC, 2007). Las actividades agropecuarias en México son la segunda causa de generación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) con un contribución de $166.84 \text{ Gg CO}_2 \text{ eq año}^{-1}$. Las praderas y pastizales son la principal fuente de emisión de N_2O debido a la entrada de N proveniente de la orina y heces de los animales (Lou *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de campo durante los meses de marzo a septiembre de 2024, en el Centro Experimental del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México ubicado a $19^\circ 27' 38 \text{ N}$ y $98^\circ 54' 11 \text{ O}$, a una altura de 2240 m.s.n.m. El clima del lugar es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636 mm y régimen de lluvia en verano y temperatura media anual de 15.2°C , siendo mayo el mes más cálido y enero el más frío. El suelo del área es franco arenoso de estructura en bloques, ligeramente alcalino (pH 8.1) con 5.9 % de materia orgánica.

Para cuantificar las emisiones de N_2O en el suelo en respuesta de la carga animal, se evaluó el pastoreo de borregos hembra raza Pelibuey en una pradera de pasto ovillo (*Dactylois glomerata*) a razón de tres niveles de carga animal: 0, 1 y 2 unidad animal (UA). La asignación del área de pastoreo se realizó a partir de la estimación del rendimiento de la pradera y el consumo de una unidad animal.

La medición de las emisiones de N_2O se realizaron *in situ* a través de la metodología de la cámara cerrada estática permanente (Mogge *et al.*, 1999). La cuantificación de gases se realizó por cromatografía (SHIMATZU® GC240 GREENHOUSE GAS ANALYSER). El flujo de N_2O se calculó en función de la pendiente de la relación entre el tiempo y la concentración del gas (mg L^{-1}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de nitrógeno inorgánico del suelo ($N\text{-NO}_3^- + N\text{-NH}_4^+$) fue superior en 2 UA, seguido de 1 UA. La menor concentración se mostró en 0 UA y 1 UA. Las principales fuentes de N disponible para las plantas en los sistemas pastoriles son la orina y heces de los animales, los fertilizantes químicos, la fijación biológica de nitrógeno y mineralización del N orgánico de suelo (Oenema *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Nitrógeno inorgánico del suelo en respuesta a la carga animal.

Tratamiento	$N\text{-NO}_3^-$	$N\text{-NH}_4^+$
	mg kg^{-1}	
0 UA	16.88 ± 1.1^b	15.06 ± 2.1^b
1 UA	16.38 ± 2.3^b	15.71 ± 2.4^b
2 UA	18.78 ± 1.1^a	17.63 ± 1.1^a

^{a,b} letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

El flujo diario promedio de N_2O fue similar en 1 UA y 2 UA, sin embargo, significativamente mayor respecto a la pradera sin pastoreo con $2.8 \text{ g N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ (Figura 1).

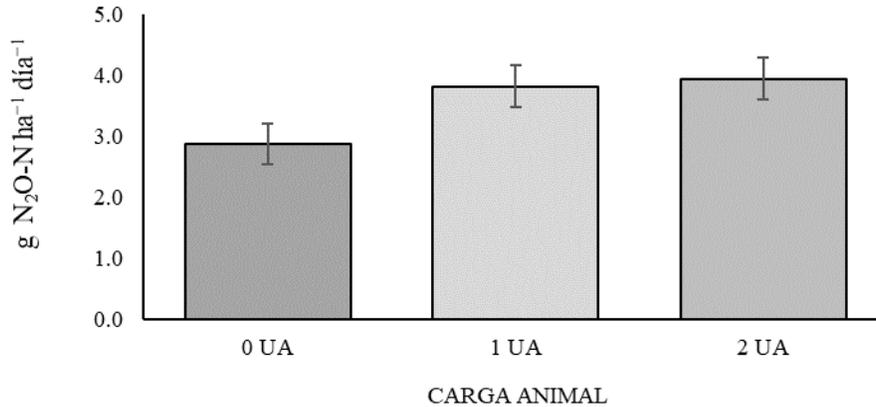


Figura 1. Emisiones diarias de N₂O del suelo en respuesta a la carga animal

El flujo acumulado de N₂O para 2 UA durante la estación primavera – verano fue 2.4 veces mayor respecto a 0 UA (Figura 2). La orina y heces depositas durante el pastoreo son una fuente importante de emisiones de N₂O en los pastizales o praderas (De Klein y Ledgard, 2005; Oenema *et al.*, 2005). La emisión de N₂O en los sistemas de pastoreo es el resultado del proceso microbiano de nitrificación (oxidación biológica de NH₄⁺ a NO₃⁻ + NO₂⁻) y desnitrificación (transformación anaeróbica del NO₃⁻ a N₂) (Firestone y Davidson, 1989). La especie y número de animales, la excreción de N por animal, la gestión de los desechos animales, la fertilización inorgánica de las praderas y pastizales determinan el flujo de las emisiones de N₂O (Oenema *et al.*, 2005; Urissi y Lal, 2013).

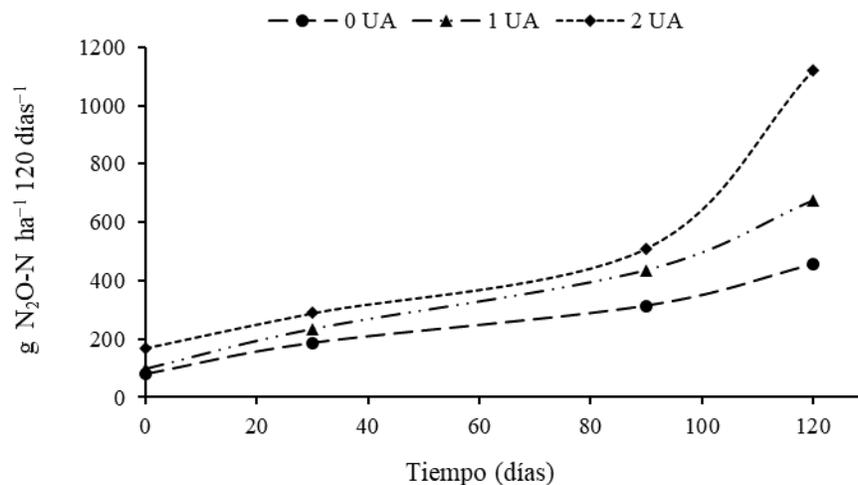


Figura 2. Flujo acumulado de N₂O del suelo con diferente carga animal.

CONCLUSIÓN

La carga animal en praderas de pastoreo influye sobre el flujo de emisiones de N₂O.

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. A Biol. Diana Rosa Santillán Balderas por su participación en el desarrollo de los análisis de laboratorio.

LITERATURA CITADA

- De Klein, C.A.M. y Ledgard S.F. 2005. Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture – key sources and mitigation strategies. *Nutr Cycl Agroecosyst*, 72:77–85.
- Firestone, M.K. y Davidson, E.A. 1989. Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. In: M.O. Andreae, D.S. Schimel (eds). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*. Wiley, Chichester, pp 7–21.
- IPCC. 2007. *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis*. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (ed.). pp. Cambridge University Press, New York, NY, USA, and Cambridge, UK
- Luo, J.; de Klein, C.A.M.; Ledgard, S.F.; Saggat, S. 2010. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: a review. *Agric. Ecosystem and Environment*, 136, 282–2.
- Oenema, O.; Wrage, N.; Velthof, G.L.; van Groenigen, J.W.; Dolfing, J.; Kuikman, P.J. 2005. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*72(1), 51–65. <https://doi.org/10.1007/s10705-004-7354-2>
- Ussiri, D., Lal, R. (2013). Mitigation Options for Livestock and Pasture Lands. In: *Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5364-8_9

**USO Y APROVECHAMIENTO DEL PASTO ROSADO (*Melinis repens* (Willd.)
Zizka)**

**USE AND EXPLOITATION OF ROSE NATAL GRASS (*Melinis repens* (Willd.)
Zizka)**

Adriana Herlinda Cabral Frías¹, Alejandro Espinoza Canales^{1*}, Ada Rebeca Contreras Rodríguez², Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas¹

¹UAZ- Unidad Académica de Medicina, Veterinaria y Zootecnia. Km 31.5 Carr. Panamericana, Gral. Enrique Estrada, Zacatecas, C.P. 98500. ²UAZ-Unidad Académica de Ciencia y Tecnología de la Luz y la Materia. Quantum Ciudad del Conocimiento., Zacatecas, México, C.P. 98000.

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

RESUMEN

El Pasto Rosado (*Melinis repens*) es una planta introducida de origen africano, y ampliamente propagada en México y en otros países. Por ello, investigadores de varias partes del mundo han realizado estudios con el fin no solo de controlar su propagación, sino de encontrar alternativas para su aprovechamiento. Es así, que el objetivo de esta revisión fue compilar dichos estudios, encontrando artículos desarrollados en ocho países, donde hablan de: la mejora para que sea mayormente aceptado como alimento por el ganado; aprovechamiento como ornamento; como antibacteriano contra patógenos asociados a la mastitis bovina; para la tos, la fiebre y los resfriados; para controlar la diabetes; para realizar procesos de fitorremediación para suelos contaminados por metales pesados; para generar una red protectora de suelo al ser plantado en laderas y evitar la erosión del suelo; como concentradora de carbono para contribuir a la mitigación del cambio climático. Además, al realizar estudios de su caracterización y valores nutricionales, los investigadores han detectado alto contenido de lignina, siendo un valor importante para la obtención de carbonos activados, los cuales pueden tener una gran diversidad de aplicaciones. Por lo anterior, y a pesar de que el *Melinis repens* es un pasto invasor, se puede concluir que es factible aprovecharlo para una variedad de aplicaciones. Cabe mencionar, que la mayoría de las investigaciones analizadas, solo son estudios y aún no se emplean, por lo cual es importante continuar con investigaciones para su real aplicación.

Palabras claves: Pastizales, plantas invasoras, gramíneas, zacates.

ABSTRACT

Natal Grass (*Melinis repens*) is an introduced plant of African origin, and widely spread in Mexico and other countries. Therefore, researchers from various parts of the world have conducted studies in order not only to control its spread, but to find alternatives for its use. Thus, the objective of this review was to compile these studies, finding articles developed in Mexico, France, India, the United Kingdom, Spain, United States of America, Thailand and Australia, where they talk about: improvement so that it is more widely accepted as food by cattle; use as an ornament; as an antibacterial against pathogens associated with bovine mastitis; for cough, fever and colds; to control diabetes; to carry out phytoremediation processes for soils contaminated by heavy metals; to generate a protective soil network when planted on slopes and prevent soil erosion; as a carbon concentrator to contribute to the

mitigation of climate change. Furthermore, when carrying out studies on its characterization and nutritional values, researchers have detected a high lignin content, which is an important value for obtaining activated carbons, which can have a wide variety of applications. Therefore, and even though *Melinis repens* is an invasive grass, it can be concluded that it is feasible to use it for a variety of applications. It is worth mentioning that most of the research analyzed is only studies and is not yet used, so it is important to continue with research for its real application

Keywords: Grasslands, invasive plants, grasses, weeds.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son de gran importancia, cubriendo el 40% de la superficie de la tierra (Hewins *et al.*, 2018). En México existen 1437 especies de gramíneas, de estas, 189 son especies introducidas (Enciclovida, 2023). El Pasto Rosado (*Melinis repens*), de origen africano, es una de las gramíneas con mayor propagación en el país. La Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) a través de los Lineamientos para la Prevención de la Pérdida de Biodiversidad causada por Especies Invasoras Exóticas, establece acuerdos que buscan, ya sea, erradicarlas, controlarlas o aprovecharlas. La especie *Melinis repens* se considera una planta arvense y ruderal, debido a que se puede encontrar entre cultivos agrícolas, caminos, vías, y zonas alteradas por el ser humano. Normalmente cuando se habla de especies introducidas, se piensa en los efectos negativos, encontrando mayormente información que hablan del control de estas, y no es su aprovechamiento. En esta revisión, se encontraron artículos realizados en México, Francia, India, Reino Unido, España, Estados Unidos de América, Tailandia y Australia, donde se describen estudios sobre: la mejora para que sea mayormente aceptado como alimento por el ganado; aprovechamiento como ornamento en su fase de floración; como antibacteriano contra patógenos asociados a la mastitis bovina; para la tos, la fiebre y los resfriados; para controlar la diabetes; para realizar procesos de fitorremediación para suelos contaminados por metales pesados; para generar una red protectora de suelo al ser plantado en laderas y evitar la erosión del suelo; como concentradora de carbono para contribuir a la mitigación del cambio climático. Además, al realizar estudios de su caracterización y valores nutricionales, los investigadores han detectado alto contenido de lignina, siendo un valor importante para la obtención de carbonos activados, los cuales pueden tener una gran diversidad de aplicaciones. Por lo cual, este artículo tiene como objetivo difundir los usos y aprovechamientos de *Melinis repens*, ofreciendo información relevante sobre los usos benéficos que estas plantas pudieran tener, y quizás, en el futuro convertirse en una alternativa de cultivo para los campesinos o agricultores, sobre todo, en épocas con condiciones ambientales adversas, donde comúnmente las especies invasoras se adaptan rápidamente a estas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de literatura del *Melinis repens* iniciando con la información de taxonomía, morfología y distribución. Posteriormente se identificaron publicaciones donde se describen los usos y aplicaciones. De las referencias encontradas, se consideraron 22, de las cuales 9 se realizaron en México, 3 de Francia, 3 de la India, 2 del Reino Unido, 2 de España, 2 de Estados Unidos de América, 1 Tailandia y 1 de Australia.

RESULTADOS

Taxonomía. En México existen 1437 especies de gramíneas, de las cuales 189 son especies introducidas, siendo *Melinis repens* una de las especies con mayor presencia en el país (Enciclovida, 2023). Es una planta monocotiledónea de la familia de las gramíneas, conocida comúnmente como Pasto Africano Rosado (Enciclovida, 2023). Su clasificación taxonómica se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de *Melinis repens* (Naturalista, 2023), (WFO, 2023)

Reino	<i>Plantae</i>	Plantas	Nombre común en español
Filo	<i>Tracheophyta</i>	Plantas vasculares	Pasto Africano Rosado, Cola de Zorra Africana
Subfilo	<i>Angiospermae</i>	Plantas con flores	
División	<i>Magnoliophyta</i>	Plantas con tallo, raíz y hojas	Nombre común en inglés
Clase	<i>Liliopsida</i>	Monocotiledóneas	Natal Grass, Red Natal Grass, Natal red-top
Orden	<i>Poales</i>	Pastos, Juncos, Bromelias y Afines	
Familia	<i>Poaceae</i>	Zacates, Gramíneas	Nombre común en África
Subfamilia	<i>Panicoideae</i>	Planta con espiguillas	Natal-rooipluim, Rooihaargras
Tribu	<i>Paniceae</i>	Paniceas	
Subtribu	<i>Melinidinae</i>	Pastos Rosados	
Género	<i>Melinis</i>	Pastos Rosados	
Especie	<i>Melinis repens</i>		

Los sinónimos homotípicos (por transferencia de género) que ha tenido la especie *Melinis repens* son: *Erianthus repens*, *Rhynchelythrum repens*, *Saccharum repens*, *Tricholaena repens* (Kew, 2023).

Morfología. Es una planta anual, raramente perenne, mayormente visible a mediados o finales del ciclo de los cultivos, entre los meses de julio y noviembre (PlantNet, 2023). Puede llegar a medir un metro de alto, esto dependerá de las condiciones ambientales, se caracteriza por contar con una inflorescencia compuesta de ramas largas con espiguillas densamente recubiertas de un color blanco sedoso a rosado (IDAO, 2023). En la figura 1 se puede observar a detalle su morfología (Wessapak y Ngernsaengsaruy, 2022).

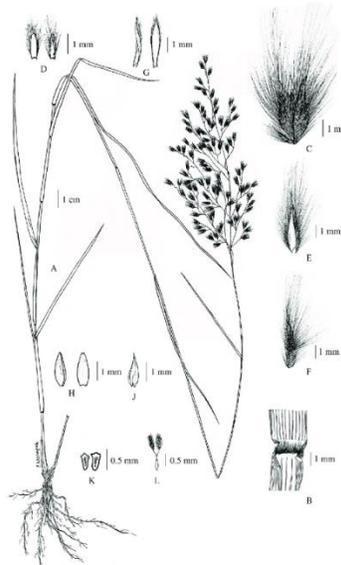


Figura 1. *Melinis repens* (Willd.) Zizka: A. Tallo; B. Lígula; C. Espiguilla; D. Gluma inferior; E. Gluma superior; F. Lema inferior; G. inferior pálea; H. Lema superior; J. Palea superior; K. Lodículas; L. Pistilo. Ilustración por Paweena Wessapak

Distribución. Es una planta nativa de África y el sureste de Asia (Kew, 2023). Fue introducido a los Estados Unidos de América como planta ornamental durante el siglo XIX, dispersándose poco a poco hacia el sur de América (Melgoza-Castillo, 2014). Se cree que a Europa también fue introducida con fines ornamentales, forrajeros y para reducir la erosión de los suelos en pendientes (Hidalgo-Triana *et al.*, 2022). Es una especie ruderal que se desarrolla principalmente en las orillas de caminos y barbechos o tierras recientemente cultivadas (PlantNet, 2023). En la figura 2, se muestra su distribución hasta el 2023.

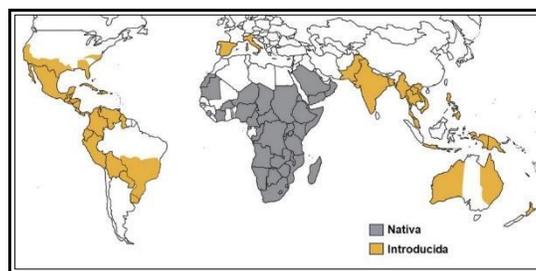


Figura 2. Distribución *Melinis repens* (Adaptada de Kew, 2023)

Usos y aplicaciones. En los últimos años, la *Melinis repens* ha despertado interés de los investigadores para realizar diversos estudios en búsqueda de su control y mejor aprovechamiento. Algunos se muestran a continuación:

Alimento. Se han realizado estudios donde se evalúa el aporte nutricional como alimento forrajero, concluyendo que la especie de *Melinis repens* es de regular a bueno para este uso (Avendaño-Arrazate, 2018). También, se han realizado estudios para buscar aumentar su valor nutricional a partir de la mutagénesis inducida por la radiación gamma (Corrales-Lerma, 2022).

Ornamento. En su ciclo de inflorescencia se aprovecha como planta ornamental (Sherin, 2018; Vibrans, 2023).

Medicinal. Uso de extracto de *Melinis repens* como antibacteriano contra patógenos asociados a la mastitis bovina (Doss *et al.*, 2012). También para la tos, la fiebre y los resfriados (Ragasudha *et al.*, 2019). Además, se ha utilizado para regular la diabetes y se estudia ampliamente por sus propiedades hipoglucémicas (NLM, 2024).

Biorremediación. Se ha documentado que *Melinis repens* puede ser utilizado en procesos de fitorremediación para suelos contaminados por metales pesados (Alarcón, 2012). En Australia se ha comprobado con estudios científicos que puede absorber metales traza como Cu, Pb, Ni y Zn (Pratt y Lottermoser, 2007). Como concentradora de carbono, ya que los pastizales contribuyen en gran medida a la concentración de carbono, donde según un estudio, *Melinis repens* tiene un promedio de concentración de 34.2 % en el vástago y 36.5 % en la raíz (Yerena-Yamallel, 2020). Como red protectora de suelo, al ser plantadas en laderas, evitando la erosión del suelo (Hidalgo-Triana *et al.*, 2022).

Además, existen estudios de su caracterización morfológica y sus valores nutricionales, donde se determina un alto contenido de lignina (González-García, 2016) (Correles-Lerma, 2017), el cual, indica que pudiera usarse para obtener carbón activado.

CONCLUSIONES

Aunque el *Melinis repens* es un pasto invasor, se puede concluir que es factible aprovecharlo en una diversidad de aplicaciones. Cabe señalar, que la mayoría de las investigaciones analizadas, solo son estudios sin llegar aún a su ejecución, por lo cual, es importante continuar con investigaciones, pero buscando contribuir a la resolución de un problema por medio del aprovechamiento y uso real de la planta.

LITERATURA CITADA

- Alarcón, H. M. T. 2012. Potencial del zacate rosado *Melinis repens* en fitoremediación.
- Avendaño-Arrazate, C. 2018. Caracterización morfológica y nutricional de Pasto Rosado (*Melinis repens* (willd.) zizka) en el estado de Chihuahua. *Agro Productividad*, 10(10). Recuperado a partir de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/77>
- Corrales-Lerma, R.; Morales-Nieto, C. R.; Avendaño-Arrazate, C. H.; Álvarez-Holguín, A.; Martínez-Salvador, M.; Villarreal-Guerrero, F. 2022. Gamma radiation on seeds of natal grass [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] induced plant's morphological and nutritional variability. *Plos one*, 17(7), e0270935.
- Corrales-Lerma, R.; Morales-Nieto, C. R.; Villarreal-Guerrero, F.; Santellano-Estrada, E.; Melgoza-Castillo, A.; Álvarez-Holguín, A.; Avendaño-Arrazate, C. H. 2017. Caracterización morfológica y nutricional de pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] en el estado de Chihuahua. *Agroproductividad*, 10(10), 103-109.
- Doss, A.; Mubarak, H. M.; Vijayasanthi, M.; Venkataswamy, R. 2012. In-vitro antibacterial activity of certain wild medicinal plants against bovine mastitis isolated contagious pathogens. *Asian J Pharm Clin Res*, 5(2), 90-93.
- Enciclovida. 2023. Conabio Biodiversidad Mexicana. Gramíneas. Consultado en línea 19/12/2023. Recuperado de: <https://enciclovida.mx/busquedas/resultados?utf8=%E2%9C%93&nombre=Gramineas&nivel=%3D>

- &cat=7000&busqueda=avanzada&id=135776&dist%5B%5D=3&dist%5B%5D=7&dist%5B%5D=10&dist%5B%5D=6®%5B%5D=35&por_pagina=50&commit=
- Enciclovida. 2023. Conabio. Biodiversidad Mexicana. *Melinis repens*. Consultado en línea 19/12/2023. <https://enciclovida.mx/especies/177531-melinis-repens>
- González-García, H.; Sánchez-Maldonado, A.; Sánchez-Muñoz, A. J.; Orozco-Erives, A.; Castillo-Castillo, Y.; Martínez-De la Rosa, R.; González-Morita, J. A. 2016. Valor nutritivo del zacate rosado (*Melinis repens*) y del zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) en Chihuahua. *Ciencia en la Frontera*, 14(2).
- Hewins, D. B.; Lyseng, M. P.; Schoderbek, D. F.; Alexander, M.; Willms, W. D.; Carlyle, C. N.; Bork, E. W. 2018. Grazing and climate effects on soil organic carbon concentration and particle-size association in northern grasslands. *Scientific Reports*, 8(1), 1336.
- Hidalgo-Triana, N.; Casimiro-Soriguer, S. F.; Solakis, T. A.; Pérez-Latorre, A. V.; García-Sánchez, J. 2022. *Melinis repens* (Willd.) Zizka subsp. repens (Poaceae) in Europe: distribution, ecology and potential invasion. *Botany Letters*, 169(3), 390-399.
- IDAIO. 2023. *Melinis repens* (Willdenow) Zizka - Poaceae – Monocotylédone. Consultado en línea 20/12/2023. https://idaio.cirad.fr/SpecieSheet?sheet=adventrop/species/r/rhyre/rhyre_fr.html
- Kew, Royal Botanic Gardens. 2023. Plants of the World Online. *Melinis repens* (Willd.) Zizka. Consultado en línea 20/12/2023. <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:2945817-1>
- Melgoza-Castillo, A.; Balandrán, V. M. I.; Mata-González, R.; Pinedo, A. C. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control.
- Naturalista. 2023. Pasto Africano Rosado (*Melinis repens*). Consultado en línea 14/12/2023.: <https://www.naturalista.mx/taxa/77987-Melinis-repens>
- NLM, National Library of Medicine. 2024. *Melinis repens*. Consultado en línea 16/02/2024. <https://meshb.nlm.nih.gov/record/ui?ui=D057665>
- PlantNet. 2023. Información sobre las especies. *Melinis repens* (Willd.) Zizka. Consultado en línea 22/12/2023. http://publish.plantnet-project.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/RHYRE
- Pratt, C.; Lottermoser, B. G. 2007. Trace metal uptake by the grass *Melinis repens* from roadside soils and sediments, tropical Australia. *Environmental Geology*, 52, 1651-1662.
- Ragasudha, R.; Priya, V. 2019. Ethnobotanical survey of Irular tribes in perumal Swamy temple Hills, Theethipalayam, Coimbatore, Tamil Nadu. *Journal of Medicinal Plants*, 7(2), 45-48.
- Sherin, V. K.; Vimala, M. 2018. Taxonomic survey and spikelet variation of grasses in Vilavancode Taluka of Kanyakumari district. *Journal of Global Biosciences*, 7(4), 5411-5418.
- Vibrans, L. Heike. 2023. Malezas de México. Ficha técnica de *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb. Consultado en línea 22/12/2023. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/rhynchelytrum-repens/fichas/ficha.htm>
- Wessapak, P.; Ngernsaengsaruy, C. 2022. Taxonomy of the genus *Melinis* (Poaceae) in Thailand, with lectotypification of three names. *Thai Forest Bulletin (Botany)*, 50(1), 40-51.
- WFO, The World Flora Online. 2023. *Melinis repens* (Willd.) Zizka. Consultado en línea 15/12/2023. <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000879582>
- Yerena-Yamallel, J. I.; Jiménez-Pérez, J.; Alanís-Rodríguez, E.; Aguirre-Calderón, O. A. 2020. Concentración de carbono en vástagos y raíces de diferentes especies de pastos en Nuevo León, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(2), 189-195. Epub 24 de marzo de 2021.

**ALMACENES DE CARBONO EN UN PASTIZAL AMACOLLADO
ARBORESCENTE EN CHIHUAHUA
CARBON STOCKS OF AN OAK-BUNCHGRASS RANGELAND IN CHIHUAHUA**

Pedro Jurado Guerra^{1*}, Gabriel Sosa Pérez¹, 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.

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

RESUMEN

El carbono es un elemento de gran importancia en los pastizales que refleja la condición del pastizal y el potencial del sitio para la captura de carbono. Sin embargo, existe poca información del almacén y captura de carbono en pastizales de Chihuahua. El objetivo fue estimar el almacén de carbono del suelo directamente y con el Modelo CarbonPast y de los encinos en un pastizal amacollado arborescente. El estudio se realizó en el Rancho Experimental La Campana, con clima semi-seco templado, en Chihuahua, México. El sitio presenta una dominancia de 45.1% de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), 22.1% de zacate colorado (*Schizachyrium scoparium*) y baja densidad de encinos (*Quercus* spp.) en el estrato arbóreo. Se tomaron 20 muestras de suelo al azar a una profundidad de 0.30 m. A estas muestras se les determinó la concentración de carbono orgánico y la densidad aparente. Con esta información se estimó el almacén de carbono en suelo, el cual fue de 14.1 ± 1.1 ton C ha⁻¹ a 0.30 m de profundidad. Se estimó también el almacén de carbono en los encinos con mediciones alométricas, volumen, densidad y concentración de carbono, el cual fue de 3.57 ± 0.58 ton C ha⁻¹. El almacén de carbono del suelo y en los encinos fueron bajos y el modelo CarbonPast sobreestimó el almacén de carbono del suelo. Esta información es importante con el fin de manejar, conservar, monitorear y estimar el almacén y la captura de carbono bajo las condiciones climáticas y el manejo del pastoreo en estos sitios.

Palabras Clave: pastizal semiárido, mitigación cambio climático, almacén carbono encinos.

ABSTRACT

Carbon plays an important role in rangelands, showing its range conditions and carbon sequestration potential. The objective was to determine soil and biomass carbon stocks directly from soil samples and using the CarbonPast model in an oak-bunchgrass rangeland. The study was conducted in La Campana Experimental Station, with a semi-arid climate, in Chihuahua, Mexico. Dominant grass species in the study site are lehmann lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*) showing 45.1% of the floristic composition, little bluestem (*Schizachyrium scoparium*) with 22.1%, and scattered oaks (*Quercus* spp) throughout the site. Twenty soil samples were randomly taken at a 0.30 m depth. Organic carbon and bulk density were estimated at soil samples, and soil carbon stock was calculated with 14.1 ± 1.1 ton C ha⁻¹ at 0.30 m depth. Carbon stock also was calculated at oak biomass, using allometric equations, wood density, and carbon concentration, resulting in 3.57 ± 0.58 ton C ha⁻¹. Soil carbon stock as well as oak carbon stock were low, and CarbonPast model over-estimated soil carbon stock at the site. This information is important to manage, conserve, monitor, and

estimate carbon stock and sequestration under climatic conditions and grazing management in these rangelands.

Keywords: semiarid rangeland, climate change mitigation, oak carbon stock.

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero (GEI) más abundante en la atmósfera y es un componente fundamental de los pastizales. La materia orgánica del suelo, constituida en su mayoría por carbono, es la responsable de la fertilidad del suelo y afecta directamente otras propiedades del suelo como la hidrología y la biodiversidad, afectando directamente su productividad. Sin embargo, el incremento de las concentraciones de GEI está provocando un caos climático. Por esto, la captura de carbono es una práctica que debe ser promovida para la mitigación del cambio climático. En los últimos años, se ha intensificado el estudio de los almacenes y flujos de carbono en los diferentes ecosistemas, con el fin de conservar, monitorear y determinar el potencial de captura de carbono. En el caso de los pastizales, es conocido que el manejo del ganado tiene influencia en 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, el suelo y la vegetación presente. Para los pastizales del norte de México tanto nativos como aquellos invadidos por zacates introducidos como el zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), que son la base de la ganadería extensiva y sustento de un gran número de productores, existen pocos estudios sobre el almacén y captura de carbono.

De los pocos trabajos realizados, Zermeño *et al.* (2011) encontraron un potencial de captura de carbono de 54 kg ha⁻¹ día⁻¹ en un pastizal natural de Coahuila. Montañón *et al.* (2016) reportan que el carbono orgánico del suelo representa alrededor del 90% del almacén de carbono total en los pastizales. Por su parte, Jurado-Guerra *et al.* (2021) estimaron el almacén de carbono del suelo de los pastizales nativos de Chihuahua el cual varía de 15.5 a 67.7 ton C ha⁻¹ a 0.3 m, dependiendo de su cobertura vegetal y la precipitación principalmente, desarrollando el modelo CarbonPast, el cual incluye variables climáticas y del suelo, para estimar el almacén de carbono en pastizales.

El objetivo de este trabajo fue estimar el almacén de carbono del suelo y biomasa y validar el modelo CarbonPast en 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 isotermas de 14 a 16°C, con relieve de Bajada y suelos Phaeozem y Regosol (INEGI, 2010). Originalmente, este sitio fue un pastizal amacollado arborescente, con pastos de los géneros *Bouteloua*, *Muhlenbergia*, *Elyonurus*, *Trachypogon* y *Schizachyrium*, asociados con encino (Royo y Melgoza, 2001). Actualmente, el 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). El sitio tiene un historial de manejo con carga moderada-alta 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.

Durante el verano de 2023, se tomaron 20 muestras de suelo de aproximadamente 1 kg a 0.30 m de profundidad en transectos distribuidos al azar en una superficie de 256 ha. En dichas muestras, se realizó análisis de carbono orgánico y textura de acuerdo a la Norma Oficial NOM-021-RECNAT-2000. En cinco de las 20 muestras de suelo, se estimó la densidad aparente del suelo por medio del método de excavación. Con esta información, se estimó el almacén de carbono con la fórmula $Y = \text{COS} (\text{mg kg}^{-1} * 10) * \text{Dap} (\text{g cm}^{-3}) * (1 - \% \text{Grava}) * \text{Profundidad de Suelo} (\text{cm}) * 0.1$ (FAO, 2019). Para la validación del modelo CarbonPast, se utilizó información de cuatro variables: cobertura basal de pastos forrajeros, precipitación promedio anual del sitio, contenido de arena del suelo y altitud promedio del sitio. Para obtener la cobertura de pastos, se realizaron muestreos de cobertura basal y composición florística, por medio de la metodología “punta de pie”, en cada transecto de 50 lecturas cada uno. La precipitación promedio anual se obtuvo de la base de datos CHELSA (Karger *et al.*, 2017). El contenido de arena del suelo se obtuvo de los análisis de textura y la altitud promedio fue estimada con lecturas de GPS tomadas en cada transecto.

El almacén de carbono se calculó con el modelo CarbonPast de la siguiente manera:

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

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.

También se estimó el almacén de carbono de la biomasa en los encinos presentes en el área de estudio. En la primavera del 2004, se realizaron mediciones alométricas de los encinos, incluyendo diámetro normal, altura y dos diámetros de copa, en 30 parcelas de 0.1 ha, distribuidas al azar en el sitio de estudio. Con las mediciones alométricas, se utilizaron las ecuaciones correspondientes para estimar el volumen de los encinos (CONAFOR, 2014), el cual sirvió de base, junto con una densidad de 0.77 (Silva-Arredondo y Nívar-Chaidez, 2012), para estimar la biomasa de los árboles. Enseguida se calculó el almacén de carbono, con un factor de 0.484 de concentración de carbono para los encinos (Jiménez *et al.* 2013). Se realizaron análisis de correlación de todas las variables como la cobertura de plantas, la textura del suelo y la altitud con el almacén de carbono, con el fin de conocer su influencia. Se realizó una prueba de “t” para comparar los resultados de la estimación directa de carbono y con el modelo CarbonPast.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El almacén de carbono del suelo estimado en las muestras de suelo, fue de 14.1 ± 1.1 ton C ha⁻¹ a 0.30 m. Dicho valor podría atribuirse parcialmente a las condiciones adversas de sequía de los últimos años. El alto contenido de grava en el suelo (62% del peso total) de este pastizal, disminuyó significativamente el almacén de carbono. El almacén de carbono fué

bajo comparado con un sitio de pastizal amacollado en Chihuahua que presentó un valor de 32 ton C ha⁻¹ (Jurado *et al.*, 2021), aunque este último sitio tiene una precipitación promedio anual más alta y una mayor cobertura de zacates perennes. Las variables que mayormente influenciaron el almacén de carbono fueron el mantillo orgánico ($r = 0.242$; $P < 0.001$), el suelo desnudo ($r = -0.548$; $P < 0.0007$) y la cantidad de grava en suelo ($r = P < 0.00001$) (Figura 1).

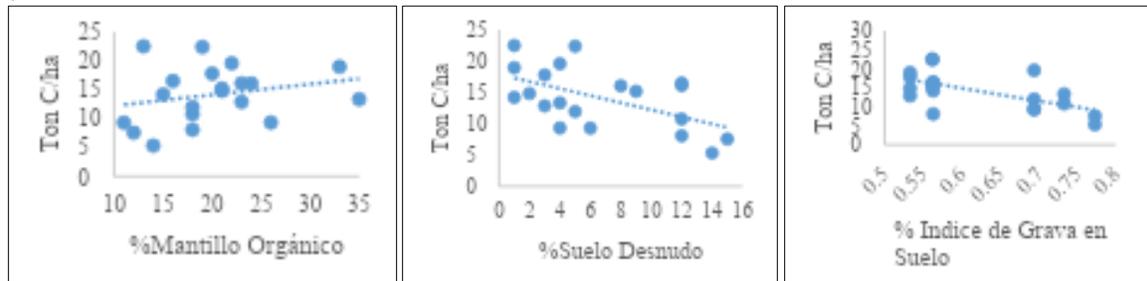


Figura 1. Influencia del mantillo orgánico del suelo, porcentaje de suelo desnudo y el contenido de grava del suelo en el almacén de carbono del suelo en un pastizal amacollado arborescente de Chihuahua.

La cobertura basal de pastos perennes fue de $22.4 \pm 1.7\%$, precipitación media anual, de acuerdo con la base de datos CHELSA, es de 411 mm, el suelo con 74.8% de arena y la altitud promedio del sitio fue de 1,714 msnm. Con estos datos, el carbono del suelo con el modelo CarbonPast fue de 30.4 ton C ha⁻¹ a 0.3 m. Este valor fue mucho más alto que el estimado en forma directa con el análisis de las muestras de suelo. Al respecto, (Burke *et al.*, 1989), concluyen 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. Otros 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).

Dado que las variables utilizadas en el modelo están dentro de los límites del modelo CarbonPast, se asume que las estimaciones son apropiadas, sin embargo, un factor que influyó directamente en el valor del almacén de carbono fue el alto contenido de grava en el suelo. Por lo anterior, es importante, considerar esta característica del suelo cuando se haga una estimación real de los almacenes en los pastizales.

El almacén de carbono en la biomasa de encinos en el sitio fue de 3.57 ± 0.58 ton C ha⁻¹. Este valor es bajo comparado con otros sitios con encino, lo cual puede ser atribuido a la baja densidad de arbolado, así como las condiciones propias del sitio, el cual tiene baja precipitación, causando un bajo crecimiento de la vegetación en general.

CONCLUSIONES

Los almacenes de carbono del suelo y de la biomasa de encinos fueron bajos en el Pastizal Amacollado Arborescente. El modelo CarbonPast sobre-estimó el almacén de carbono del suelo en este sitio, por lo que el modelo no sirve y se tendría que ajustar con otras variables para lograr una mejor estimación. Estos datos servirán como línea base para el monitoreo del

almacén de carbono en pastizales y su respuesta a prácticas de manejo de los ranchos como el manejo del pastoreo y las condiciones climáticas específicas de estos sitios.

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.
- CONAFOR. (2014). Inventario Estatal Forestal y de Suelos - Chihuahua 2013.
- 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.
- Jiménez, P.J.; E. Treviño; J. Yerena. 2013. Concentración de carbono en especies del bosque de pino-encino en la Sierra Madre Oriental. *Rev. Mex. Ciencias Forestales*. 4(17): 50-61.
- 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.
- Montaño, N.; F. Ayala; S. Bullock; O. Briones; F. García *et al.* 2016. Almacenes y flujos de carbono en ecosistemas áridos semiáridos de México: Síntesis y perspectivas. *Terra Latinoamericana*. 34: 39-59.
- 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.
- Silva-Arredondo, F. y J.J. Návar-Chaidez. 2012. Estimación de la densidad de madera de árboles de comunidades forestales templadas del norte del estado de Durango, México. *Madera y Bosques*. 18(1): 77-88.
- Zermeño-González, A.; J. Ríos-Estudillo; J. Gil; M. Cadena; J.A. Villareal. 2011. Dinámica del flujo de bióxido de carbono y de energía sobre un pastizal natural del norte de México. *Bioagro*. 23(1): 35-42.

ESTUDIO AGROSTOLÓGICO EN ALMOLOYA, HIDALGO PARA LA DETERMINACIÓN DE PLANTAS CON POTENCIAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL
AGROSTOLOGICAL STUDY IN ALMOLOYA, HIDALGO FOR THE DETERMINATION OF PLANTS WITH POTENTIAL FOR ANIMAL FEEDING

José Manuel Olvera Aguilar¹, José Guadalupe Martínez Martínez^{1*}, Joshua Álvarez Acacio¹, Juan José Gutiérrez Sánchez¹

¹UACh- Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Km. 38.5 Carretera México – Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230.

*Autor por correspondencia: jmartinezm@chapingo.mx

RESUMEN

Este estudio agrostológico se realizó en Almoloya, Hidalgo, México, con el objetivo de identificar y evaluar especies de la familia Poaceae con potencial forrajero para mejorar la sostenibilidad de la producción ganadera local. Se llevaron a cabo cinco colectas botánicas entre noviembre de 2022 y julio de 2024, utilizando el método de muestreo de 5 oros. Se identificaron 26 especies de gramíneas pertenecientes a 4 subfamilias y 7 tribus, de las cuales 20 son nativas y 4 introducidas. El clima de la región se clasificó como Cb(w1)(i')g según el sistema de Köppen modificado por Enriqueta García. Se seleccionó *Elymus trachycaulus* para una evaluación más detallada debido a sus características favorables como plantas forrajeras. El análisis bromatológico de *E. trachycaulus* en estado de senescencia y henificado en pie mostró un contenido de proteína cruda de 2.37%, FDA de 66.58 % y FDN de 83.19% sugiriendo valores nutricionales potencialmente más altos en etapas tempranas de crecimiento.

Palabras clave: Agrostología, forraje, Poaceae, *Elymus trachycaulus*, *Bouteloua gracilis*, análisis bromatológico.

ABSTRACT

This agrostological study was conducted in Almoloya, Hidalgo, Mexico, with the aim of identifying and evaluating species of the Poaceae family with forage potential to improve the sustainability of local livestock production. Five botanical collections were carried out between November 2022 and July 2024, using the 5-point sampling method. A total of 26 grass species belonging to 4 subfamilies and 7 tribes were identified, of which 20 are native and 4 are introduced. The region's climate was classified as Cb(w1)(i')g according to the Köppen system modified by Enriqueta García. *Elymus trachycaulus* was selected for more detailed evaluation due to their favorable characteristics as forage plants. The bromatological analysis of *E. trachycaulus* in a senescent state showed a crude protein content of 2.37%, ADF of 66.58%, and NDF of 83.19%, suggesting potentially higher nutritional values in early growth stages.

Keywords: Agrostology, forage, Poaceae, *Elymus trachycaulus*, *Bouteloua gracilis*, bromatological analysis.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en México enfrenta desafíos relacionados con la disponibilidad y calidad de forrajes, los cuales están influenciados por variaciones climáticas y patrones estacionales de crecimiento (Castro *et al.*, 2012). En este contexto, el estudio agrostológico se vuelve fundamental para identificar y evaluar especies de la familia Poaceae con potencial forrajero, especialmente en regiones como Almoloya, Hidalgo, donde la ganadería es una actividad económica importante.

La identificación de especies forrajeras nativas o adaptadas a las condiciones locales puede contribuir a mejorar la sostenibilidad de la producción ganadera, reducir la dependencia de insumos externos y preservar los recursos genéticos vegetales (Quero *et al.*, 2007). Además, el conocimiento de la diversidad de gramíneas y su potencial nutritivo puede ayudar a optimizar el manejo de praderas y mejorar la calidad de los productos ganaderos.

Este estudio se centró en realizar un inventario de las especies de Poaceae presentes en Almoloya, Hidalgo, evaluar su distribución y características, seleccionar especies con potencial forrajero para un análisis más detallado. El objetivo principal fue contribuir al conocimiento de la diversidad de gramíneas en la región y su posible aplicación en la alimentación animal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Almoloya, Hidalgo, siguiendo estos pasos:

1. **Recolección botánica:** Se realizaron 5 colectas de plantas en floración en noviembre 2022, mayo 2023, agosto 2023, diciembre 2023 y Julio 2024 utilizando el método de muestreo de 5 oros en la ubicación 19°46'14"N 98°18'13"W. Las muestras se prensaron y secaron naturalmente mediante el uso de prensas y periódico.
2. **Identificación taxonómica:** Se utilizaron claves dicotómicas, monografías y literatura especializada para identificar las especies recolectadas.
3. **Caracterización y distribución:** Se describieron las características reproductivas y vegetativas de las especies identificadas. Se verificó su distribución según Villaseñor *et al.*, (2021).
4. **Determinación climática:** Se elaboró un climograma con datos de temperatura y precipitación promedio del Sistema Meteorológico Nacional, para así conocer la fórmula climática del lugar usando las Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática Koppen por García (2004).
5. Se realizó un cuadro con el listado de especies encontradas incluyendo su subfamilia, tribu, subtribu y origen para poder clasificarlas e identificar aquellas con posible potencial.
6. **Selección de especies:** Se eligieron *Elymus trachycaulus* ya que es una planta de la tribu Triticeae lo cual indica que es un pariente cercano de los cereales como la cebada y el trigo, es perenne, amacollada, resistente a sequías y heladas, buena producción de biomasa, así como también por su adaptación a suelos pobres y salinos, y *Bouteloua gracilis* por ser perenne, su resistencia a sequías, bajas temperaturas y adaptándose a suelos pobres y erosionados para realizarles una evaluación medular.

7. Análisis bromatológico: Se realizó un análisis de *E. trachycaulus* en estado de senescencia y henificadas en pie, determinando materia seca, proteína cruda (método Kjeldahl), fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y cenizas (método Van Soest).
8. Se establecieron características que, según Dávila *et al.*, (1996) una gramínea puede tener potencial forrajero si tiene un ciclo de vida perenne, tiene abundancia de follaje, presente un buen nivel de proteína, y además posee de minerales necesarios para la productividad animal, además de una buena palatabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se demuestra que se identificaron 26 especies de gramíneas pertenecientes a 4 subfamilias y 7 tribus. De estas, 20 son nativas y 4 introducidas. La subfamilia Pooideae fue la más representada con 10 especies, seguida por Chloridoideae con 9 especies. Se encontraron varias especies con potencial forrajero, aunque fueran descartadas debido a que algunas son introducidas, otras como del género *Bromus*, *Poa*, *Bouteloua* y *Eragrostis* son de temporalidad anual, en el caso de las Panicoideae requieren de una mayor precipitación anual lo cual puede ser una limitante, de la tribu Eleusininae son poco tolerantes a bajas temperaturas.

El climograma (Cuadro 2) reveló una temperatura promedio anual de 11.8°C y una precipitación anual de 684 mm, con una temporada de lluvias de mayo a septiembre, ausencia de canícula dando como resultado la fórmula Cb(w_i)(i')g. Estas condiciones climáticas influyen en la diversidad y distribución de las especies encontradas.

La verificación de la distribución mostró que 23 de las 24 especies coinciden con lo reportado por Villaseñor *et al.*, (2021). *Elymus trachycaulus* no estaba previamente reportado para la zona, lo que representa un hallazgo significativo para la región.

El análisis bromatológico de *E. trachycaulus* en estado de senescencia y henificado en pie (Cuadro 3) mostró un contenido de proteína cruda de 2.37%, materia seca de 96.88%, fibra detergente ácido de 66.58%, fibra detergente neutro de 83.19% y cenizas de 6.24%. Aunque el contenido de proteína es relativamente bajo, es importante considerar que la muestra estaba en estado de senescencia y henificada en pie, lo que sugiere que, en etapas más tempranas de crecimiento, los valores nutricionales podrían ser más altos comparado con Glover *et al.*, (2004) donde muestra niveles de proteína cruda de 16.9% antes de la floración, 8.8% durante la floración y 6.8% después de la floración.

La presencia de especies nativas como *E. trachycaulus* y *B. gracilis* con potencial forrajero sugiere la posibilidad de desarrollar sistemas de alimentación animal más adaptados a las condiciones locales y potencialmente más sostenibles.

CONCLUSIONES

1. Se identificaron 26 especies de gramíneas en Almoloya, Hidalgo, de las cuales hay 22 especies nativas contribuyendo al conocimiento de la diversidad florística de la región.
2. El hallazgo de *Elymus trachycaulus*, no reportado previamente en la zona, amplía el conocimiento sobre la distribución de esta especie en México.
3. La presencia de especies nativas con potencial forrajero ofrece oportunidades para el desarrollo de sistemas de alimentación animal más adaptados y sostenibles en la región.

4. Este estudio sienta las bases para futuras investigaciones sobre el manejo y aprovechamiento de gramíneas nativas en sistemas ganaderos de Almoloya, Hidalgo.
5. Es importante continuar con la investigación de *Elymus trachycaulus* ya que existe poca literatura acerca de la especie, por lo cual se generará nuevo conocimiento.

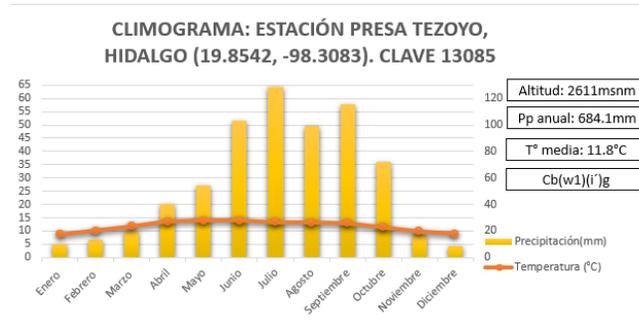
LITERATURA CITADA

- Castro Rivera, R., Hernández Garay, A., Vaquera Huerta, H., Hernández Girón, J. P., Quero Carrillo, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., & Martínez Hernández, P. A. (2012). Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(1), 87-95.
- Dávila Aranda, Patricia. Sánchez Ken, Jorge. 1996. La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Ciencias*, núm. 44, octubre-diciembre, pp. 32-34. [En línea].
- García de Miranda, Enriqueta (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. México. UNAM, Instituto de Geografía.
- Glover, D. E., Kielly, G. A., Jefferson, P. G., & Cohen, R. D. H. (2004). Agronomic characteristics and nutritive value of 11 grasses grown with irrigation on a saline soil in southwestern Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science*, 84(4), 1037-1050.
- Quero Carrillo, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., & Miranda Jiménez, L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. *Interciencia*, 32(8), 566-571.
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional). 2020. Normal Climatológica Presa Tezoyo, Hidalgo, México. Consultado en línea 30/08/2024. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RECURSOS/Normales_Climatologicas/Normales9120/hgo/nor9120_13085.txt
- Villaseñor, J. L., Ortiz, E., & Sánchez-González, A. (2022). Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 93.

ANEXOS

Subfamilia	Tribu	Subtribu	Especie	Origen	
Pooideae	Bromeae	--	<i>Bromus diandrus</i> Roth	Introducido	
			<i>Bromus carinatus</i> Hook. & Arn.	Nativo	
			<i>Bromus catharticus</i> Vahl	Introducido	
	Poeae	Calathecinae	<i>Chascolytrium subaristatum</i> (Lam.) Desv.	Nativo	
		Aveninae	<i>Avena fatua</i> L.	Introducido	
		Poinae	<i>Poa annua</i> L.	Introducido	
	Triticeae	--	<i>Elymus cordilleranus</i> Davidse & R.W. Pohl	Nativo	
			<i>Elymus trachycaulus</i> (Link) Gould ex Shinners	Nativo	
			<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	Nativo	
			<i>Nassella mucronata</i> Kunth	Nativo	
Aristidoideae	Aristideae	--	<i>Aristida laxa</i> Cav	Nativo	
			<i>Aristida schiedeana</i> Trin. & Rupr.	Nativo	
			<i>Aristida divaricata</i> Humb. & Bonpl. ex Willd	Nativo	
			<i>Muhlenbergia trifida</i> Hack.	Nativo	
Chloridoideae	Cynodonteae	Muhlenbergiinae	<i>Muhlenbergia rigida</i> Kunth	Nativo	
			<i>Muhlenbergia macroura</i> (Kunth) Hitchc.	Nativo	
			<i>Muhlenbergia cenchroides</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.)	Nativo	
		<i>Muhlenbergia repens</i> (J. Presl) Hitchc.	Nativo		
		Boutelouinae	<i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) Columbus	Nativo	
			<i>Bouteloua gracilis</i> (Kunth) Lag. ex Griffiths	Nativo	
	Eragrostideae	Eragrostidinae	Eleusininae	<i>Eleusine multiflora</i> Hochst. ex A. Rich.	Introducido
			<i>Chloris submutica</i> Kunth	Nativo	
			<i>Eragrostis lugens</i> Nees	Nativo	
			<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link	Nativo	
Panicoideae	Paniceae	Cenchrinae	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguéle	Nativo	
			<i>Cenchrus clandestinus</i> Morrone	Introducido	

Cuadro 1. Listado de especies identificadas.



Cuadro 2. Climograma de la Estación Presa Tezoyo, Hidalgo.

Análisis bromatológico en estado de senescencia	
<i>Elymus trachycaulus</i> (Link) Gould ex Shinner.	
Materia seca	9.88±0.05
Proteína cruda	2.37±0.17
FDA	66.58±3.07
FDN	83.19±1.35
Cenizas	6.24±0.29

Cuadro 3. Resultados del análisis bromatológico.

COBERTURA Y VARIABLES DEL SUELO QUE AFECTAN LA EROSIÓN HÍDRICA DE UN AGOSTADERO EN ZACATECAS SOIL COVER AND VARIABLES AFFECTING WATER EROSION IN A ZACATECAS RANGELAND

Alfonso Serna Pérez*¹, José Israel Casas Flores¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

¹ INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas

*Autor por correspondencia: serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los agostaderos semiáridos del centro norte de México es importante conservar y mejorar la condición de los pastizales. La presión del pastoreo resulta en incremento en erosión hídrica. Lo que hace necesario identificar los factores de vegetación, edáficos, geomorfológicos y su interrelación para modelarlos y ubicarlos de manera geográfica para diseñar formas de manejo y mejora de las áreas de pastoreo. El objetivo de este trabajo fue determinar las variables de la cobertura vegetal y del suelo que afectan la erosión hídrica de un agostadero semiárido en Zacatecas. En una red de muestreo de 16 sitios geolocalizados en un agostadero semiárido se registró la cobertura vegetal, se determinó en campo altura de pedestales, densidad aparente, pendiente y se tomaron muestras para estimar en laboratorio variables físicas, químicas y de retención de humedad del suelo. La cobertura total de vegetación presentó correlación significativa y negativa con la erosión hídrica. La humedad volumétrica aprovechable, densidad aparente y el frente de humedad se correlacionaron, de forma positiva y significativa, con la erosión hídrica estimada.

Palabras Clave: Pastizal, Interpolación, Geomática

ABSTRACT

In the semiarid rangelands of north-central Mexico, it is important to conserve and improve the condition of grasslands. Grazing pressure results in increased water erosion. This makes it necessary to identify vegetation, soil, and geomorphological factors and their interrelation in order to model and locate them geographically to design forms of management and improvement of grazing areas. The objective of this work was to determine the variables of vegetation and soil cover that affect water erosion in a semiarid rangeland in Zacatecas. In a sampling network of 16 geolocated sites in a semiarid rangeland, vegetation cover was recorded, pedestal height, bulk density, and slope were determined in the field, and samples were taken to estimate physical, chemical, and soil moisture retention variables in the laboratory. Total vegetation cover had a significant and negative correlation with water erosion. Available volumetric moisture, bulk density, and moisture front were positively and significantly correlated with estimated water erosion.

Keywords: Rangeland, Interpolation, Geomatics

INTRODUCCIÓN

En los agostaderos semiáridos del centro norte de México es muy importante conservar y mejorar la condición de los pastizales. El cambio en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y los procesos ecológicos asociados suceden a cambios importantes en

la vegetación de los sitios de pastoreo (Herrick *et al.*, 2002). Por lo que la presión del pastoreo puede dar como resultado la degradación física del suelo. La reducción de la cobertura vegetal expone al suelo a los efectos de la precipitación pluvial resultando en encostramiento del suelo, reducción de la infiltración e incremento en la producción de sedimentos o erosión hídrica. Lo que hace necesario identificar los factores relacionados con la vegetación, edáficos, geomorfológicos y su interrelación, así como de manejo asociados con los ciclos de energía, nutrientes y agua con la finalidad de entender los procesos involucrados, modelarlos y ubicarlos de manera geográfica para diseñar formas de manejo y de mejora de las áreas de pastizal. El objetivo de este trabajo fue determinar las variables de la cobertura vegetal y del suelo que afectan la erosión hídrica de un agostadero semiárido en Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

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 donde la vegetación presentó diferencias en su composición y condición, suelo, erosión, pendiente y geomorfología (Figura 1A). Al final de la estación lluviosa (final de septiembre a inicio de octubre de 2022) en cada sitio de muestreo se estimó la cobertura del suelo con transecto de 40 m de longitud con el método de intercepción línea-punto a cada metro de acuerdo con Herrick *et al.*, (2005 a y b). Se registran todos los elementos de la cobertura interceptados desde la superficie del suelo hasta el dosel superior, reportándose la cobertura de dosel (foliar) y basal. Se usó como parte del estudio la cobertura de dosel (%) por ser la proyección visible desde un observador aéreo y la definimos como cobertura foliar. Los elementos registrados fueron pastos y herbáceas, pasto salino, arbusto espinoso, arbusto no espinoso, cactáceas, costras biológicas del suelo (CBS), material vegetal seco (MVS), grava, rocas y suelo desnudo.

En cada sitio se localizaron tres pedestales en vegetación predominante midiendo su altura (cm) con respecto al suelo circundante inmediato. Se estimó la pendiente del terreno en ocho repeticiones, en el caso anterior y este se usó una regla graduada y nivel (Matias *et al.*; 2020). Se determinó la densidad aparente (D_{ap} , $g\ cm^{-3}$) con cilindro de volumen conocido (Black, 1965). Con una barrena de caja se determinó la profundidad del suelo fértil y la total del suelo hasta la capa dura, en el poso se observó la profundidad de la humedad visible resultado de lluvias próximas anteriores registrándola como frente de humedad (cm). Se tomó muestra de suelo compuesta a partir de tres submuestras de la capa superficial (20- 30 cms). En el laboratorio se estimó el contenido de humedad ($\Theta_{g/g}$) a 0.03 y 1.5 Mpa con el método de ollas y membranas de presión y se estimó la humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v/v}A = \{\Theta_{g/g[0.03MPa]} - \Theta_{g/g[1.5MPa]}\} \times D_{ap}$). Además, con métodos recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2003) se determinó textura, contenido de materia orgánica (%), Nitrógeno inorgánico y Fosforo ($mg\ Kg^{-1}$), pH, conductividad eléctrica ($dS\ m^{-1}$) y aniones y cationes solubles (Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio en $meq\ L^{-1}$). También 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 volando a una altura de 95 m para alcanzar una resolución espacial de 5 cm² por pixel (Figura 1A). Se estimó la erosión hídrica (Ero, kgm⁻²) a partir de la altura promedio del pedestal (hpprom, cm) y la densidad aparente de cada sitio con la siguiente relación: $Ero = hpprom \times Dap \times 10$. Además de los elementos de la cobertura foliar mencionados anteriormente, se obtuvieron tres grupos mediante adición, a saber, CNV (grava+rocas+suelo desnudo), todos los pastos y herbáceas (pas+herb), todos los arbustos y cactáceas (arb+cacta) y la cobertura total de vegetación (ctv). Todas las variables reportadas como porcentaje fueron ajustados a la distribución normal usando la transformación: arco senopercentaje. Por sitio, la erosión hídrica estimada (Ero) se correlaciona linealmente (r) con el resto de la información obtenida. Solo las correlaciones estadísticamente significativas (P=0.05 y P=0.01) son reportadas. Con fines de comparación y para ayudar a la presentación y discusión de los resultados se obtuvieron mediante técnicas geomáticas mapas de las variables con correlación estadísticamente significativas con la erosión (Ero), de las cuales solo se presentan de manera gráfica la erosión, cobertura total de vegetación (CTV), densidad aparente (Dap) y humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v(A)}$). Para ello se creó una base de datos de los sitios y su correspondiente valor, después 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los coeficientes de correlación entre elementos de la cobertura foliar y variables del suelo determinadas en el sitio o en el laboratorio que resultaron estadísticamente significativos. De todas las variables de cobertura foliar (%) solo la cobertura total de vegetación y la de material vegetal seco presentaron una correlación estadísticamente significativa con la erosión hídrica estimada. Como era de esperarse la correlación fue negativa en el caso de la cobertura total de vegetación, lo que indica que una cubierta foliar mayor reduce el efecto de la erosividad de la lluvia y la velocidad de flujo del agua sobre el suelo reduciendo la erosión, mientras que el material vegetal seco por ser mayormente de arbustivas muertas o restos de vegetación no ofrece resistencia a la lluvia o al flujo del agua resultando en una correlación positiva.

Cuadro 1. Correlación lineal entre la erosión hídrica (Ero) estimada a partir de pedestales y grupos de cobertura foliar, y variables del suelo determinadas en el sitio y el laboratorio. Villa de Cos, Zacatecas.

Cobertura de material vegetal seco (MVS, %)	Cobertura total de vegetación (CTV, %)	Humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v(A)}$, %)	Densidad aparente (Dap, gcc ⁻¹)	Frente de humedad (cm)
0.462*	-0.521*	0.434*	0.776**	0.481*

VARIABLES DETERMINADAS A TRAVÉS DE 16 SITIOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. * $r \geq 0.426$ (P=0.05); ** $r \geq 0.574$ (P=0.01).

De las variables del suelo, la humedad volumétrica aprovechable, densidad aparente y el frente de humedad se correlacionaron, de forma positiva y estadísticamente significativa, con la erosión hídrica estimada (Cuadro 1). De acuerdo con este resultado los sitios con una mayor

densidad aparente presentaron una mayor facilidad a ser erosionados (mayor erodabilidad), además a través del área de estudio una buena proporción de los suelos que presentan una mayor capacidad para retener humedad (mayor humedad volumétrica aprovechable) así como una mayor infiltración del agua de lluvia (frente de humedad) coincidieron con sitios en donde la erosión es mayor. La pendiente del terreno no mostro una buena correlación con la erosión, tal vez debido a que el terreno es relativamente uniforme como puede observarse en el ortomosaico (Figura 1 A). La media de la pendiente es de 3.9 % y varía desde 1 hasta 8 % con una desviación estándar de 1.6 %.

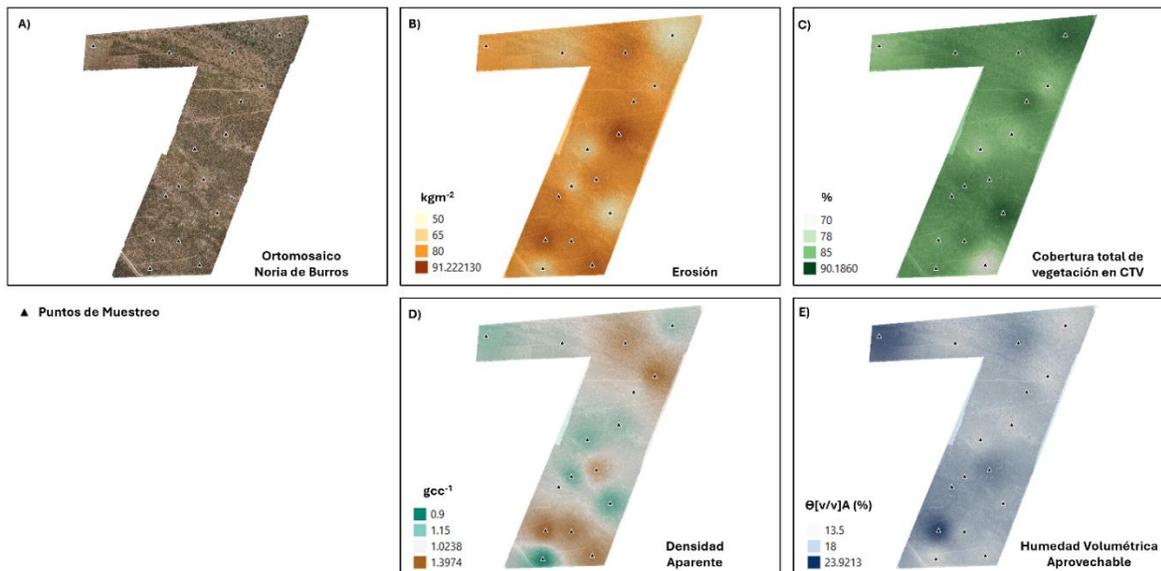


Figura 1. (A, B, C, D y E). Ortomosaico y distribución a través del área de estudio de la erosión hídrica, cobertura total de vegetación, densidad aparente y humedad volumétrica aprovechable. Noria de Burros, Villa de Cos, Zacatecas.

En la figura 1 (A, B, C, D y E) se muestra el Ortomosaico y la distribución, a través del área de estudio, de la erosión hídrica estimada, cobertura total de vegetación (foliar), densidad aparente y humedad volumétrica aprovechable. El sentido de la correlación entre cobertura vegetal total y erosión presentada anteriormente puede ser mejor comprendido de la observación de las figuras 1 A, B y C. En general las áreas con un verde más intenso o de mayor cobertura (Figura 1C) corresponden a los tonos anaranjados más claros o de menor erosión (Figura 1B). La erosión varió desde 24 hasta un poco más de 92 kgm^{-2} . Los valores parecen muy altos, pero es necesario resaltar que la erosión estimada a partir de pedestales generalmente representa la acumulación en un período de varios años, además de no ser una erosión distribuida a través de toda la superficie, dado que en áreas con buena cobertura por anuales y pastos los pedestales presentaron alturas de poca magnitud. En un estudio anterior en un agostadero con vegetación parecida a la del área de estudio actual se encontró que la erosión anual potencial puede llegar hasta 7 toneladas por hectárea cada año (Serna y Echavarría, 2004). Comparando las figuras 1B, 1D y 1E es posible ver que no siempre los valores altos de densidad aparente o humedad volumétrica aprovechable coinciden con una mayor erosión.

CONCLUSIONES

La cobertura total de vegetación y la de material vegetal seco presentaron correlación significativa con la erosión hídrica estimada. La primera tuvo una correlación negativa indicando que una mayor cobertura reduce la erosividad de la lluvia y el flujo del agua sobre el suelo reduciendo la erosión. La segunda por carecer de follaje no ofrece resistencia a la lluvia resultando en una correlación positiva. La humedad volumétrica aprovechable, densidad aparente y el frente de humedad se correlacionaron, de forma positiva y significativa, con la erosión hídrica estimada.

LITERATURA CITADA

- Black CA (editor). 1965. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Agronomy Monograph Series. Amer Soc Agron. Madison, Wis., USA.
- Herrick JE, Brown JR, Tugel AJ, Shaver PL, Havstad KM. 2002. Application of soil quality to monitoring and management: Paradigms from rangeland ecology. *Agron J.* 94(1):3-11.
- 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.
- Matías Ramos, Moisés, Jesús David Gómez Díaz, Alejandro Ismael Monterroso Rivas, Miguel Uribe Gómez, Bartolo de Jesús Villar Hernández, Patricia Ruíz García, y Carlos Asencio. 2020. Factores Que Influyen En La erosión hídrica Del Suelo En Un Bosque Templado. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales.* 11:(59). México, ME. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i59.673>
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 2003.
- Serna P.A., Echavarría C.F.G. 2002a. Caracterización hidrológica de un agostadero Comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México: I Pérdidas de suelo. *Téc Pecu Méx;* 40(1):37-53.

**COBERTURA VEGETAL EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD EDÁFICA
DISPONIBLE EN UN AGOSTADERO SEMIARIDO DE ZACATECAS
PLANT COVER AS A FUNCTION OF AVAILABLE SOIL MOISTURE IN A
SEMIARID RANGELAND IN ZACATECAS**

José Israel Casas Flores¹, Alfonso Serna Pérez*¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹

INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas

*Autor por correspondencia: serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los agostaderos son de gran valor debido a sus recursos ganaderos, faunísticos e hidrológicos, y como fuente de alimento en el ámbito pecuario. El uso de nuevas tecnologías geoespaciales basadas en Sistemas de Información Geográfica son una alternativa para obtener información de sitios de pastoreo de manera rápida. Así como mapear la información obtenida de muestreos directos en campo de vegetación, suelo y geomorfología. De esta forma es posible analizar la información de campo y laboratorio usando herramientas geomáticas y estadísticas y derivar recomendaciones para la conservación o el manejo de las áreas de pastoreo. El objetivo de este trabajo fue estimar la correlación entre variables de la cobertura vegetal y del suelo con la humedad edáfica disponible en un agostadero semiárido en Zacatecas. En una red de muestreo de 16 sitios geolocalizados en un agostadero semiárido se registró la cobertura vegetal, densidad aparente, pendiente y se tomaron muestras para estimar en laboratorio variables físicas, químicas y de retención de humedad del suelo. Las coberturas de pasto salado, arbusto no espinoso, pastos+herbáceas y arbustos+cactáceas, presentaron correlación significativa con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable. De igual forma lo hicieron el contenido de arena y arcilla y la pendiente del terreno.

Palabras Clave: Pastizal, Geomática, Interpolación

ABSTRACT

Rangelands are of great value due to their livestock, fauna and hydrological resources, and as a source of food in the livestock sector. The use of new geospatial technologies based on Geographic Information Systems are an alternative to obtain information on grazing sites quickly. As well as mapping the information obtained from direct field sampling of vegetation, soil and geomorphology. In this way, it is possible to analyze field and laboratory information using geomatic and statistical tools and derive recommendations for the conservation or management of grazing areas. The objective of this work was to estimate the correlation between plant and soil cover variables with available soil moisture in a semiarid grazing land in Zacatecas. In a sampling network of 16 geolocated sites in a semiarid grazing land, plant cover, apparent density, and slope were recorded, and samples were taken to estimate physical, chemical and soil moisture retention variables in the laboratory. Salt grass, non-thorny shrub, grasses+herbaceous plants, and shrubs+cacti covers showed significant correlation with volumetric moisture content at 0.03 MPa, 1.5 MPa, and usable volumetric moisture. Sand and clay content and terrain slope also did so.

Keywords: Rangeland, Geomatics, Interpolation

INTRODUCCIÓN

Los agostaderos son de gran valor debido a sus recursos ganaderos, faunísticos e hidrológicos, y como fuente de alimento en el ámbito pecuario (Rebollo y Gómez, 2003). Pero la presión del pastoreo puede dar como resultado cambios significativos en la vegetación y como consecuencia la alteración de las propiedades y variables del suelo y los procesos ecológicos asociados (Herrick *et al.*, 2002). El uso de nuevas tecnologías geoespaciales basadas en Sistemas de Información Geográfica (GIS) son una alternativa para obtener información de los sitios de pastoreo de manera rápida teniendo en cuenta su gran extensión. Así como mapear la información obtenida de muestreos directos en campo de variables de vegetación, suelo y geomorfología que sirvan de soporte para el análisis, predicción y validación de posibles modelos. Pero dejando de ser demasiados extensivos y enfocarlos a zonas específicas que presenten contraste, ya sea en vegetación o cualquier característica de sitio que permita identificar diferencia o variación. De esta forma es posible analizar la información de campo y laboratorio mediante el uso de herramientas geomáticas y estadísticas y derivar recomendaciones útiles para la conservación y manejo de las áreas de pastoreo. El objetivo de este trabajo fue estimar la correlación entre variables de la cobertura vegetal y del suelo con la humedad edáfica disponible en un agostadero semiárido en Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en un área 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 donde la vegetación presentó diferencias en su composición y condición, suelo, erosión, pendiente y geomorfología (Figura 1A). Al final de la estación lluviosa (final de septiembre a inicio de octubre de 2022) en cada sitio de muestreo se estimó la cobertura del suelo con transecto de 40 m de longitud con el método de intercepción línea-punto a cada metro de acuerdo con Herrick *et al.*, (2005 a y b). Se registraron todos los elementos de la cobertura interceptados desde la superficie del suelo hasta el dosel superior, reportándose la cobertura de dosel (foliar) y basal. Se usó como parte del estudio la cobertura de dosel (%) por ser la proyección visible desde un observador aéreo y la definimos como cobertura foliar. Los elementos registrados fueron pastos y herbáceas, pasto salado, arbusto espinoso, arbusto no espinoso, cactáceas, costras biológicas del suelo (CBS), material vegetal seco (MVS), grava, rocas y suelo desnudo.

En cada sitio se estimó la pendiente del terreno en ocho repeticiones usando una regla graduada y nivel y se determinó la densidad aparente (D_{ap} , gcc^{-1}) con un cilindro de volumen conocido (Black, 1965). Con una barrena de caja se determinó la profundidad del suelo fértil y la total del suelo (en cm) hasta la capa dura. Se tomó muestra de suelo compuesta a partir de tres submuestreos de la capa superficial (20- 30 cms). En el laboratorio se estimó el contenido de humedad ($\Theta_{g/g}$) a 0.03 y 1.5 Mpa con el método de ollas y membranas de presión y se estimó la humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v/v}A = \{\Theta_{g/g[0.03MPa]} - \Theta_{g/g[1.5MPa]}\} \times D_{ap}$). Además, con métodos recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2003) se determinó textura, contenido de materia

orgánica (%), Nitrógeno inorgánico y Fosforo (mg Kg^{-1}), pH, conductividad eléctrica (dS m^{-1}) y aniones y cationes solubles (Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio en meq L^{-1}). También 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 volando a una altura de 95 m para alcanzar una resolución espacial de 5 cm^2 por pixel (Figura 1A). Además de los elementos de la cobertura foliar mencionados anteriormente, se obtuvieron tres grupos mediante adición, a saber, cobertura no vegetal (CNV, grava+rocas+suelo desnudo), todos los pastos y herbáceas (pas+herb), todos los arbustos y cactáceas (arb+cacta) y la cobertura total de vegetación (CTV). Todas las variables reportadas como porcentaje fueron ajustados a la distribución normal usando la transformación: arco senoporccentaje. Por sitio, el contenido volumétrico de humedad ($\Theta_{v/v}$) a 0.03 y 1.5 Mpa y la Humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v/vA}$) se correlacionaron linealmente (r) con el resto de la información obtenida. Solo las correlaciones estadísticamente significativas ($P=0.05$ y $P=0.01$) son reportadas.

Con fines de comparación y para ayudar a la presentación y discusión de los resultados se obtuvieron mediante técnicas geomáticas mapas de las variables con correlación estadísticamente significativas, de las cuales solo se presentan de manera gráfica la humedad volumétrica aprovechable ($\Theta_{v/vA}$), cobertura de pasto salado (%), cobertura de arbustos no espinosos (%), y el contenido de arcilla y arena del suelo (%). Para ello se creó una base de datos de los sitios y su correspondiente valor, después 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los coeficientes de correlación entre elementos de la cobertura foliar y variables del suelo determinadas en el sitio o en el laboratorio que resultaron estadísticamente significativos. De las variables de cobertura foliar (%), las coberturas de pasto salado, arbusto no espinoso, pastos+herbáceas y arbustos+cactáceas, presentaron una correlación estadísticamente significativa con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable. La correlación con el pasto salado y el grupo integrado por todos los pastos y herbáceas (pastos+herbáceas) fue positiva indicando una preferencia de este tipo de plantas por áreas con mejores condiciones de humedad, es decir en donde hay la capacidad de almacenar más humedad pluvial. Por su parte la cobertura de arbustos no espinosos y el grupo integrado por todos los arbustos y cactáceas (arbustos+cactáceas) mostro una correlación negativa, lo que sugiere que este grupo de plantas se distribuye más ampliamente en las áreas más secas, o sea en donde la capacidad de almacenar la humedad pluvial es más limitada.

De las variables del suelo solo el contenido de arena y arcilla se correlacionaron de forma estadísticamente significativa con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable (Cuadro 1). El contenido de arena se correlaciono de forma negativa, mientras que la arcilla mostro una correlación positiva. La arcilla es el

componente mineral más pequeño de los tres que conforman la textura del suelo de tal forma que su superficie específica es mayor propiciando una mayor retención de la humedad mediante el proceso de adsorción (Salcedo-Pérez et al, 2007). La pendiente del suelo se correlaciono de forma estadísticamente significativa solo con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa y 1.5 MPa y negativamente, indicando que los suelos con mayor pendiente corresponden también con los suelos con menor capacidad de almacenar la humedad pluvial.

Cuadro 1. Correlación lineal entre el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable y grupos de cobertura foliar, componentes de la textura del suelo y pendiente. Villa de Cos, Zacatecas.

Variable	Contenido vol. de humedad (Θ_{vv} , %) a 0.03MPa	Contenido vol. de humedad (Θ_{vv} , %) a 1.5MPa	Humedad volumétrica aprovechable (Θ_{vA} , %)
Cobertura de pasto salado (%)	0.882**	0.869**	0.830**
Cobertura de arbusto no espinoso (%)	-0.631**	-0.629**	-0.587**
Cobertura de pastos+herbáceas (%)	0.598**	0.603**	0.473*
Cobertura de arbustos + cactáceas (%)	-0.530*	-0.585**	-0.432*
Contenido de Arena (%)	-0.582**	-0.628**	-0.490*
Contenido de Arcilla (%)	0.583**	0.648**	0.469*
Pendiente del suelo (%)	-0.451*	-0.549*	-0.313 ^{ns}

VARIABLES DETERMINADAS A TRAVÉS DE 16 SITIOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. * $r \geq 0.426$ (P=0.05); ** $r \geq 0.574$ (P=0.01).

En las figuras 1 (A,B,C,D,E y F) se muestran el Ortomosaico y la distribución de la humedad volumétrica aprovechable, las coberturas (foliar) de pasto salado y arbustos no espinosos, y contenido de arena y arcilla. A excepción de la figura 1A, el resto se construyó con interpolación IDW (ponderación de distancia inversa) a partir de información puntual por sitio de muestreo, creando un modelo gráfico que muestra la distribución de cada variable a través del área de estudio. De tal forma que a partir del mapa de cada una de las variables, por ejemplo la humedad volumétrica aprovechable (Figura 1B), es posible hacer interpretaciones útiles para derivar recomendaciones. En el caso de la figura ya mencionada es posible ubicar geográficamente las áreas con buen contenido de humedad volumétrica aprovechable y con baja cobertura de pastos para realizar resiembras e incrementar su cobertura.

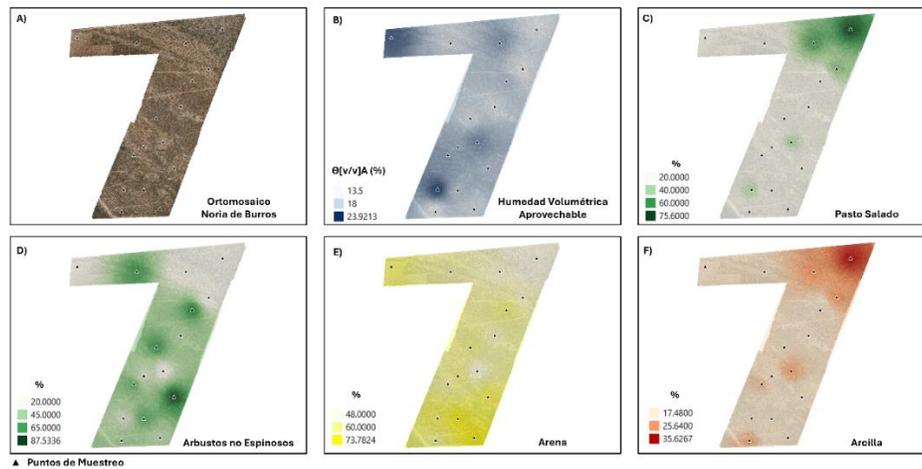


Figura 1. (A, B, C, D, E y F). Ortomosaico y distribución a través del área de estudio de la humedad volumétrica aprovechable, cobertura de pasto salado, cobertura de arbustos no espinosos, y contenido de arena y arcilla. Noria de Burros, Villa de Cos, Zacatecas.

CONCLUSIONES

Las coberturas de pasto salado, arbusto no espinoso, pastos+herbáceas y arbustos+cactáceas, presentaron una correlación significativa con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable. El contenido de arena y arcilla se correlacionaron significativamente con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa, 1.5 MPa y humedad volumétrica aprovechable. La pendiente del suelo se correlaciono significativamente con el contenido volumétrico de humedad a 0.03MPa y 1.5 MPa.

LITERATURA CITADA

- Black CA (editor). 1965. Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurements and sampling. Agronomy Monograph Series. Amer Soc Agron. Madison, Wis., USA.
- Herrick JE, Brown JR, Tugel AJ, Shaver PL, Havstad KM. 2002. Application of soil quality to monitoring and management: Paradigms from rangeland ecology. *Agron J.* 94(1):3-11.
- 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.
- Rebollo de la Torre, S; Gómez Sal, A. 2003. Aprovechamiento sostenible de los pastizales. Consultado 28 sep. 2021. Disponible en <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/8897>.
- Salcedo-Pérez, E.; Galvis-Spinola, A.; Hernández-Mendoza, T. M.; Rodríguez-Macias, R.; Zamora-Natera, F.; Bugarin-Montoya, R.; Carrillo-González, R. 2007. La humedad aprovechable y su relación con la materia orgánica y superficie específica del suelo. *Terra Latinoamericana*, 25 (4): 419-425.
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Diario Oficial de la Federación del 23 de abril de 2003.

RENDIMIENTO DE BIOMASA VERDE EN GIRASOL EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN
GREEN BIOMASS YIELD IN SUNFLOWER AS A FUNCTION OF POPULATION DENSITY

José Alberto Salvador Escalante Estrada¹, Eleazar Cortés Rosales¹, Luis Enrique Escalante Estrada² y Cid Aguilar Carpio¹

¹ Postgrado en Botánica. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco estado de México, México.

² Centro de estudios profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Gro. México.

Autor de correspondencia: jasee@colpos.mx

RESUMEN

El girasol tiene potencial forrajero. El objetivo de este estudio fue determinar en girasol: el efecto de la DP sobre 1) los días a ocurrencia a etapas fenológicas, dinámica de la altura de la planta, la producción de biomasa verde y biomasa seca: 2) la dinámica de la relación hoja:tallo y c) si la altura de la planta puede ser un estimador apropiado de la biomasa. El estudio se realizó en Montecillo Méx. (19 ° 29' N, 98° 53'0 y 2,250m de altitud) de clima templado (Cw) y suelo franco arcilloso La siembra del girasol cultivar "Victoria Mejorado" se realizó el 20 de mayo de 2022, con 100-100-00 de Los tratamientos fueron tres densidades de población (DP): 2.5plantas m⁻² (50*80 cm): 5 plantas m⁻²(25*80cm) y 7.5 plantas m⁻² (33*40 cm). La unidad experimental fue de 4 x 3.2 m. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indican que, los días a ocurrencia a etapas fenológicas no fueron afectados por la densidad de población. En contraste, la dinámica de la altura, la producción tanto de biomasa verde como seca y la relación hoja:tallo, presentan cambios significativos por la densidad de población. La altura de la planta puede ser un estimador apropiado de la producción de biomasa en girasol.

Palabras clave: altura, relación hoja:tallo, peso de materia, modelo de estimación.

ABSTRACT

Sunflower has forage potential. The objective of this study was to determine in sunflower: the effect of PD on 1) days to occurrence of phenological stages, plant height dynamics, green biomass and dry biomass production; 2) the dynamics of the leaf:stem ratio and c) if plant height can be an appropriate estimator of biomass. The study was conducted in Montecillo Mex. (19 ° 29' N, 98 ° 53'0 and 2,250m altitude) with a temperate climate (Cw) and clay loam soil. The sowing of the sunflower cultivar "Victoria Mejorado" was carried out on May 20, 2022, with 100-100-00 of the treatments were three population densities (PD): 2.5 plants m⁻² (50 * 80 cm): 5 plants m⁻² (25 * 80cm) and 7.5 plants m⁻² (33 * 40 cm). The experimental unit was 4 x 3.2 m. The experimental design was randomized blocks with four repetitions. The results indicate that the days to occurrence of phenological stages were not affected by the population density. In contrast, the height dynamics, the production of both green and dry biomass and the leaf:stem ratio, show significant changes due to population density. Plant height can be an appropriate estimator of biomass production in sunflower.

Keywords: height, leaf:stem ratio, material weight, estimation model

INTRODUCCIÓN

En México, además de las gramíneas, leguminosas existen otras especies con potencial forrajero como el girasol por su contenido de proteína tanto en hoja como en tallo. Además de que el girasol puede prosperar en regiones limitantes de agua. (Escalante y Linzaga 2002). A medida que crece la planta, el contenido de celulosa aumenta, disminuye el de proteína y digestibilidad. (García ,2004). El manejo de la densidad de población (DP) es una de las prácticas agrícolas más recomendables para lograr un incremento en la producción de los cultivos, debido a que con la DP apropiada se puede lograr un mejor aprovechamiento del suelo, la radiación solar, agua y nutrimentos. Al elevar la densidad se reduce la biomasa y el rendimiento por planta. No obstante, la biomasa y el rendimiento de semilla por superficie son más altos (Escalante 1999 y Aguilar *et al.* 2002). Vázquez (2003) y García (2004), en un estudio con girasol línea 58, para forraje que es bien aceptada por el ganado, realizaron un análisis proximal al grano encontraron que en promedio contiene un 32% de extracto etéreo (grasa cruda), 2% de fibra cruda, 11% de proteína cruda, 18 % de ceniza y un 41% de extracto libre de nitrógeno (carbohidratos). Escalante *et al.*(2008) reportan que con DP de 75.000, 100.000, 125.000 y 150.000 plantas.ha⁻¹, encontraron que la relación hoja: tallo fue >0,7 y que con 150.000 plantas.ha⁻¹ se logró la mayor producción de forraje 9,5 t.ha⁻¹.El objetivo de este estudio fue determinar en girasol: el efecto de la DP sobre 1) los días a ocurrencia a etapas fenológicas, dinámica de la altura de la planta, la producción de biomasa verde y biomasa seca: 2) la dinámica de la relación Hoja:Tallo y c) si la altura de la planta puede ser un estimador apropiado de la biomasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en Montecillo Méx. (19 ° 29' N, 98° 53'0 y 2,250m de altitud) de clima templado (Cw de acuerdo con García, 2005), Los resultados del análisis del suelo donde se realizó el experimento indica que es un suelo de textura franco-arcillosa, alcalino (pH = 8.4), 2.7 dSm⁻¹), un contenido medio de materia orgánica (3.9%), moderado en N-NO₃ (45 ppm) y moderadamente bajo en P (14 ppm). La siembra del girasol cultivar “Victoria Mejorado” se realizó el 20 de mayo de 2022, en surcos de 80 cm de separación. Se fertilizó con 100-100-00 de NPK. El nitrógeno se aplicó en dos ocasiones; 50% antes de la siembra y el resto a la primera escarda. Los tratamientos fueron tres densidades de población (DP): 2.5plantas m⁻² (50*80 cm): 5 plantas m⁻²(25*80cm) y 7.5 plantas m⁻² (33*40 cm). La unidad experimental fue de 4 x 3.2 m. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones.

Variables registradas

Clima.-Se registró la temperatura media máxima (TMAX), mínima (TMIN) y la suma de la precipitación pluvial (PP, mm).Cultivo.- los días a ocurrencia a las etapas fenológicas como: emergencia (Ve), R5 (cuando el capítulo presenta las flores liguladas expuestas y turgentes) y la madurez fisiológica (R9, dorso del capítulo amarillo) de acuerdo con las claves de Schneiter y Miller (1981).Para registrar la altura (cm, ALT)), la materia fresca (biomasa

verde, BV) y seca (BIO) de tallos, hojas, capítulo y total (gm^{-2}) se realizaron muestreos de cuatro plantas por unidad experimental a los 36, 56, 90 y 120 días de la siembra. La materia seca (MS) se obtuvo colocando el material en una estufa de aire forzado a 80°C por 72 horas. La materia fresca o verde (MF) se estimó mediante el modelo $\text{MF}=\text{MS}*3.6$. Este coeficiente resultó de una regresión entre el PF y PS, con datos de distintos cultivares de girasol presentados en Tomich *et al.* (2003b). Además, se calculó la relación peso de hoja/peso de tallo (RHT) y peso total (BT) con altura de la planta (ALT). Se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA), la prueba de Tukey y un análisis de regresión mediante el paquete SAS 9.0 (SAS, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fenología y elementos del clima

Así, durante la etapa de siembra a emergencia, la $T_{\text{máx}}$ y $T_{\text{mín}}$ promedio fue de 31 y 7°C , de emergencia a aparición de capítulo (R1) de 28 y 9°C , de aparición de capítulo a inicio de floración de 27 y 9°C , respectivamente. Durante la etapa de inicio de floración a madurez fisiológica, la temperatura alcanzó un máximo de 25°C y un mínimo de 6°C . La precipitación estacional fue de 394 mm. No se observaron cambios en la fenología del girasol por efecto de la densidad de población. Así, el periodo de siembra a emergencia duró 12 días. De emergencia a aparición de capítulo (R1) fue de 44 días, de aparición de capítulo a inicio de floración (R5) de 28 días (en suma, de siembra a R5 72 días) y el periodo de inicio de floración a madurez fisiológica duró 33 días. De esta manera, el ciclo biológico fue de 117 días.

Dinámica de la altura, peso seco y fresco

El ANDVA mostró cambios significativos (Cuadro 1) para la altura de la planta y la biomasa con base a materia seca (BIO)

Cuadro 1. Dinámica de la altura, peso seco y fresco del girasol cultivar Victoria Mejorado, el inicio de floración fue a los 72 días. Montecillo Méx. Verano 2022.

DP	36ALT	56ALT	90ALT	120ALT	36BIO	56BIO	90BIO	120BIO
2.5	28	90c	200bc	203c	7c	122c	642c	907c
5.0	27	102b	220b	225b	14b	213b	884b	1396b
7.5	28	139a	231 ^a	253a	21a	340a	1222a	1923a
TUKEY0.05	NS	6**	20**	20**	2**	22**	95**	90**

DP= densidad de población, plantas m^{-2} ; ALT= altura de planta; BIO= biomasa o peso de materia seca. En columnas valores con letra similar son estadísticamente iguales. ** probabilidad de $F=0.01$.

La figura 1, presenta la dinámica de la Biomasa verde (peso fresco, BV), donde se observa que esta se incrementa a medida que avanza el ciclo de crecimiento del girasol, presenta diferencias entre DP y se incrementa conforme aumenta la DP. El modelo de ajuste de las curvas fue el potencial ($Y= a +b X^p$). Así, la máxima producción de BV es cerca de los 7 kg m^{-2} , que incluye la BV de tallo, hojas y capítulo. Sin embargo, como se sugiere cosechar para

forraje antes de la floración 72 días, la BV sería cercana a los 1.5 kg m⁻²). Una ventaja es que a este día de corte se podrían tener más siembras antes del período de heladas.

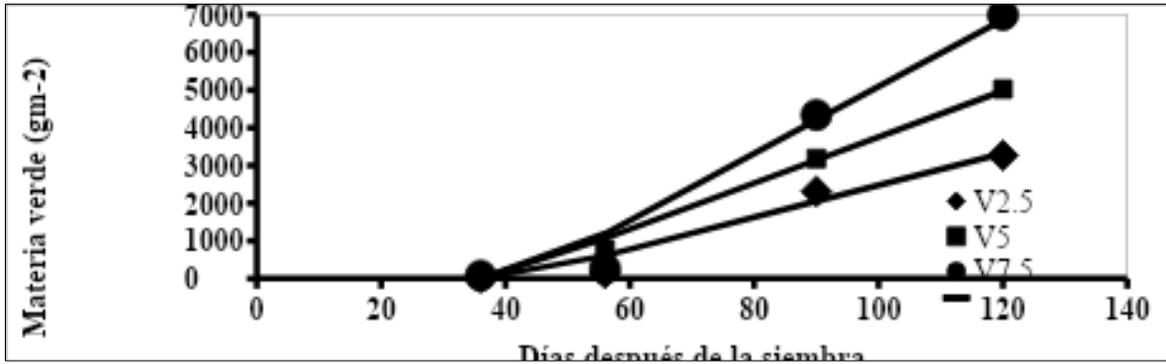


Figura 1. Dinámica de producción de biomasa verde con base al peso de la materia fresca (forraje), del girasol cultivar Victoria Mejorado, el inicio de floración fue a los 72 días. Montecillo Méx. Verano 2022.

Relación Hoja; Tallo

La dinámica de la relación Hoja: Tallo (RHT) evaluada de los 36 a 90 días de la siembra mostrada en la Figura 2, indica que fue más alta en D5, seguida de la D2 y D7 que no presentaron diferencias. En general, se observa una tendencia lineal ($Y=a + bx$), en la cual conforme avanza el desarrollo del cultivo tiende a ser baja, como lo indican las pendientes negativas (Figura 2). Así al momento de la floración tendríamos una relación HT de 0.8, que indica mayor peso del tallo en relación al de hoja. En resumen, en corte para forraje, la D5 tendría una mayor producción con 7 kg m⁻² y una relación H:T de 0.8. Valor semejante reporta Escalante *et al* (2008).

Relación Biomasa total con la altura

Con datos hasta los 90 días, al estudiar el grado de relación entre la biomasa total (BT) y la altura de la planta (ALT), se encontró una relación alta ($R^2=0.94$) con un modelo de estimación $BT=175 + 4.5 ALT$. Esto indica la ALT del cultivo puede ser un estimador apropiado de la BT. Tendencias semejantes fueron reportadas en maíz nativo cv. Azul por Escalante *et al.* (2017).



Figura 2. Dinámica de la relación hoja: tallo (RHT) del girasol para forraje cv. Victoria mejorado. El inicio de floración fue a los 72 días. Montecillo Méx. Verano 2022.

CONCLUSIONES

Los días a ocurrencia a etapas fenológicas no fueron afectados por la densidad de población. En contraste, la dinámica de la altura, la producción tanto de biomasa verde como seca y la relación Hoja:Tallo, presentan cambios significativos por la densidad de población. La altura de la planta puede ser un estimador apropiado de la producción de biomasa en girasol.

LITERATURA CITADA

- Aguilar G.L, J.A Escalante E.: M.T Rodriguez G.: y L Fucikovsky Z. 2002. Materia seca, rendimiento y corriente geofitoeléctrica en girasol. Rev. Terra. México. 20:277-284.
- Escalante E. J. A. 1999. Area foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. Terra. México 17 (2): 149-157.
- Escalante Estrada L. E.: Y. I. Escalante E.; C. Linzaga E. 2008. Densidad de siembra del girasol forrajero. Agronomía Costarricense:32(2):177-182.
- Escalante-Estrada J. A. S.: M:T:Rodríguez-González; N.J. Rojas Victoria: y Y.I.Escalante-Estrada.2017.Modelos empíricos que estiman el rendimiento de maíz nativo en función de sus componentes morfológicos y la biomasa . Compendio Investigativo de Academia Journals Celaya 2017. TOMO 9. Elibro Online con ISBN 978-1-939982-32-2
- GARCIA R.A. 2004. Densidad de población en girasol sembrado en Ixtapan de la Sal, estado de México. Tesis de licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Guerrero, México. 47 p.
- García E. (2005). Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. UNAM. México, D.F. 217 p.
- SAS Institute Inc. (2011), SAS®93 Guide to Software updates. Cary. NC: SAS Institute Inc.
- Schneiter A.A. and Miller J. (1981). Description of sunflower stages. Crop Sci. 21: 901-903.
- Tomich, T.R.; Rodrigues, J.A.S.; Gonçalves, L.C.; Tomich, R.G.P.; Carvalho, A.U. Potencial forrageiro de cultivares de girasol producidos na safrinha para ensilagem. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. v.55, n.6, p.756-762, 2003b.
- VAZQUEZ C.G. 2003. Densidad de población en girasol (*Helianthus annuus* L.). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Guerrero, México. 37 p.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA TRIBU STIPEAE EN MÉXICO
DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF THE STIPEAE TRIBE IN MEXICO

Juan José Gutiérrez Sánchez^{1*}, José Guadalupe Martínez Martínez¹, Joshua Álvarez Acacio¹, José Manuel Olvera Aguilar¹

¹ Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.

* Autor por correspondencia: juanjosegtz23@gmail.com

RESUMEN

La tribu Stipeae es un grupo de gramíneas ampliamente distribuido en el territorio mexicano, especialmente en regiones templadas y semiáridas. Este trabajo tiene como objetivo proporcionar una herramienta para la identificación de los géneros de la tribu con una taxonomía actualizada y su distribución en México. Para ello, se utilizó material herborizado, tanto físico como digital, además de literatura especializada y sitios web enfocados en taxonomía y botánica. A través de este enfoque, se desarrolló una clave dicotómica que permite identificar los 10 géneros presentes en México. Además, se elaboraron ilustraciones que muestran la distribución geográfica de cada género. Con esta herramienta, se espera facilitar el estudio y la conservación de estos géneros, al tiempo que se promueve un mayor reconocimiento de su valor dentro de la flora mexicana. De igual manera, se pretende contribuir al desarrollo de estrategias de manejo en áreas como la ecológica en términos de biodiversidad, y en producción con su posible potencial forrajero.

Palabras clave: Taxonomía, Gramíneas, Zonas semiáridas, Zonas templadas, Pastizales.

ABSTRACT

The Stipeae tribe is a group of grasses widely distributed throughout Mexican territory, especially in temperate and semi-arid regions. This work aims to provide a tool for the identification of the tribe's genera, with updated taxonomy and their distribution in Mexico. To achieve this, herbarium material, both physical and digital, was used, as well as specialized literature and websites focused on taxonomy and botany. Through this approach, a dichotomous key was developed to identify the 10 genera present in Mexico. Additionally, illustrations were created to show the geographical distribution of each genus. This tool is expected to facilitate the study and conservation of these genera while promoting greater recognition of their value within Mexican flora. Likewise, it aims to contribute to the development of management strategies in areas such as ecology, in terms of biodiversity, and production, given their potential forage value.

Keywords: Taxonomy, Grasses, Pooideae, Genera, Semi-arid zones, Temperate zones, Grasslands.

INTRODUCCIÓN

La importancia de la diversidad de gramíneas en México es crucial debido al papel que desempeña en la producción agropecuaria además de la importancia ecológica. Es por eso que al conocer la diversidad y distribución se pueden tomar decisiones certeras en torno a producción y cuidado del ambiente.

A finales del siglo XVIII e inicios del XIX, se realizaron importantes aportaciones para la tribu Stipeae, especialmente en *taxa* americanos. En 1812, Beauvois segregó especies del género *Stipa* en tres géneros: *Chaetaria*, *Achnatherum* y *Piptochaetium*. Domurt en 1824 estableció a Stipeae como tribu. Entre 1978 y 1985, Thomasson documentó la importancia filogenética del patrón epidérmico del lema en la tribu. Para 2002, se registraban de 15 a 17 géneros y alrededor de 450 especies, con la mayor diversidad en Sudamérica, seguida de Europa y Asia. En 2008 se reconocían más de 23 géneros a nivel mundial. Según Kellogg (2015), la tribu se divide en cuatro clados basados en la distribución geográfica y la morfología epidérmica. En 2019 se hacen ajustes taxonómicos en la tribu para el continente americano, en el cual divide al género *Achnatherum* en los géneros *Eriocoma*, *Pseudoeriacoma* y *Thorneochloa*; además del cambio de *Ptilagrostis kingii* a *Ptilagrostiella kingii*.

Con el objetivo de tener una herramienta útil para la identificación y distribución de géneros de la tribu Stipeae, se realizó una recopilación de géneros que se distribuyen a nivel nacional.

Cuadro 1. Clave dicotómica de géneros con distribución en México.

1a Páleas acanaladas en donde descansan los márgenes de las lemas.....	<i>Piptochaetium</i>
1b Páleas no acanaladas.....	2
2a Ápices de las láminas de las hojas afilados y rígidos; sinflorescencias cleistógamas presentes en la mayoría de las axilas y en la base de la planta.....	<i>Amelichloa</i>
2b Ápices de las láminas de agudos a acuminados, afilados o rígidos; A veces presencia de sinflorescencias o espiguillas cleistógamas	3
3a Corona membranosa desarrollada, con páleas sin nervaduras.....	<i>Nassella</i>
3b Corona membranosa ausente o con ápices de lemas con cilios, páleas nervadas.....	4
4a Ápices de la lemas con la corona transformada a pelos de 2-3 mm marcadamente divergentes de color blanco formando un vilano	<i>Jarava</i>
4b Ápices de las lemas sin pelos o cuando hay no son marcadamente divergentes.....	5
5a Glumas sin nervaduras	<i>Ptilagrostiella</i>
5b Glumas nervadas	6
6a Flósculos con aristas flexuosas al menos en el último segmento, de 50 a 225 mm.....	<i>Hesperotipa</i>
6b Flósculos con arista geniculada menor a 80 mm.....	7
7a Aristas con el primer segmento plumoso con pelos de 4-8 mm de largo.....	<i>Pappostipa</i>
7b Aristas no plumosas	8

8a Culmos generalmente leñosos de 3 a 6mm de espesor y de 3 a 13 nudos.....	<i>Pseudoeriacoma</i>
8b Culmos no leñosos, y con menos de 4 nudos	9
9a Presencia de pubescencia debajo de los nudos basales.....	<i>Thorneochloa</i>
9b Ausencia de pubescencia en nudos y entrenudos.....	<i>Eriocoma</i>

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante la revisión exhaustiva de literatura, se logró hacer la compilación de cuantos géneros se distribuyen en el territorio nacional; de acuerdo con la información recopilada mediante literatura, (Sánchez-Ken, 2019 Arriaga & Barkworth, 2006; Barkworth, 1983, 1993; Penalillo, 2002; Peterson *et al.*, 2019; Stubbendieck *et al.*, 2017; Valdés, 2015; Valdes-Reyna & Barkworth, 1994; Valdes-Reyna & Barkworth, 2002) páginas web especializadas en botánica (POWO, Royal Botanic Gardens Kew y Flora of North America), herbarios digitales (red de herbarios de México, Datos abiertos UNAM) y físicos (herbario del DEIS en Zootecnia, UACH), se procedió a confeccionar una propuesta de clave dicotómica para los géneros además de ilustrar (mediante la herramienta de mapa coroplético de Excel) la distribución los géneros que con presencia en México; además de que a partir de datos cuantitativos recabados del número de géneros distribuidos por entidad federativa, se realizó un análisis de porcentaje de diversidad por estado. Cabe señalar que los géneros *Amelichloa*, *jarava*, *Pappostipa*, *Ptilagrostiella*, y *Thorenochloa* son monoespecíficos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presenta la siguiente propuesta de clave dicotómica, posterior a la revisión de literatura y de especímenes herborizados.

Con los datos de distribución se realizaron mapas de los géneros que tienen presencia en el país.

De acuerdo con los mapas de distribución por género, se observa que *Nassella*, *Piptochaetium* y *Pseudoeriacoma* son los que más presencia tienen en el país, esto se relaciona ya que estos últimos tienen mayor número de especies reportadas, y los géneros con una distribución menor son los géneros que solo tienen una especie reportada en el País. Al comparar la cantidad y distribución de géneros de gramíneas por estados, se observa que los estados con mayor distribución de géneros son Baja California, Coahuila, Hidalgo y Nuevo León (figura 11). Esto puede explicarse en parte porque algunos de los géneros se comparten con Estados Unidos, y las gramíneas pertenecientes a la tribu Stipeae tienden a distribuirse principalmente en ambientes templados, aunque también son adaptables a zonas semiáridas.

CONCLUSIONES

Cabe recalcar que todas los géneros que pertenecen a la tribu Stipeae, se distribuyen en ecosistemas de climas templados o bien de zonas semiáridas, además de que son perennes, es importante reconocer la importancia ecológica derivado de la diversidad, así como también el posible potencial forrajero que se pueden obtener de ellos.

Finalmente, con este trabajo, se compila todos los géneros con nombres actuales, que en nuestro país se distribuye, con esto puede servir de guía para futuros trabajos.

LITERATURA CITADA

- Arriaga, M. O., & Barkworth, M. E. (2006). *Amelichloa*: a new genus in the Stipeae (poaceae). in contributions to botany (vol. 22, issue 1). https://www.jstor.org/stable/41968564?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents
- Barkworth, M. E. (1983). *Ptilagrostis* in North America and Its Relationship to Other Stipeae (Gramineae) (Vol. 8, Issue 4).
- Barkworth, M. E. (1993). North American Stipeae (Gramineae): Taxonomic changes and other comments. *Phytologia.*, 74, 1–25. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.2304>
- Penalillo, P. (2002). Genero *Jarava*. *Gayana Bot.*, 27–34.
- 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*, *Pseudoeriocoma*, *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>
- Stubbendieck, J., Hatch, S. L., Bryan, N. M., Dunn, C. D., Stubbendieck, J. ;, Hatch, S. L. ;, & Bryan, N. M. ; (2017). *North American Wildland Plants, Third Edition*. <http://digitalcommons.unl.edu/unpresssampleshttp://digitalcommons.unl.edu/unpresssamples/390>
- Valdés, R. J. (2015). *Gramíneas de Coahuila (Primera Edición)*. CONABIO.
- Valdes Reyna, J., & Mary Barkworth, Y. E. (1994). 63 el género *nassella* (poaceae: stipeae) en mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 26, 63–75.
- Valdes-Reyna, J., & Barkworth, M. E. (2002). *Poaceae II: Pooideae: tribu Stipeae*. Instituto de Ecología, A. C.

CONFERENCIAS MAGISTRALES

“El Manejo del Rancho de Ganado de Carne: Más de una Forma de Lograr Sostenibilidad, Productividad y Rentabilidad”

Ph. D. Alfonso Ortega Santos. Professor and Researcher of Department of Rangeland and Wildlife Sciences in Texas A&M University-Kingsville, United State of America.

“Impacto del Pastoreo en la Captura de Carbono en Suelo y Otros Servicios Ecosistémicos de los Pastizales”

Ph. D. Cameron Carlyle. Professor and Researcher of Faculty of Agricultural, Life and Environmental Sci-Ag, Food & Nutri Sci Dept in University of Alberta, Canadá.

“Créditos Positivos para la Naturaleza: Biodiversidad, Carbono, Agua y Suelo”

Ph. D. Guillermo Iván Hinojos Mendoza, Executive Director and Co-Founder of ASES Ecological and Sustainable Services. Sophia Antipolis Cedex, France.

“Manejo de Pastizales: Ganadería Sustentable, Sequía, y Desertificación”

Ph. D. Carlos Villalobos González. Professor and Researcher of Davis College of Agricultural Sciences & Natural Resources in Texas Tech, U nited State of America.

“Uso de Cercas Virtuales para la Conservación de la Diversidad de los Pastizales”

Ph. D. Aaron Norris, Professor and Researcher of Davis College of Agricultural Sciences & Natural Resources in Texas Tech, United State of America.

“Validación de Producción de Forraje en Pastizales con la Utilización de Drones e Imágenes Satelitales”

Ph D. Humberto Perotto, Professor and Researcher of Department of Rangeland, Wildlife and Fisheries Management in Texas A&M University, United State of America.

“Agua y Sequía: Impacto, Resiliencia y Sostenibilidad de la Ganadería”

Dr. Héctor Gutiérrez Bañuelos. Profesor Investigador en la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma de Zacatecas. México

ENLACE

<https://www.youtube.com/live/YLv-cZl-WPo>

<https://www.youtube.com/live/zsRKazIRn5o>

<https://www.youtube.com/live/9Xgip-aZegA>



XIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales SOMMAP 2024



CONCURSO NACIONAL DE IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS DE PASTIZALES

ENLACE

<https://youtu.be/JtBCzrtMspo?si=CQVLmIrPKtT5aSzJ>

MEMORIAS

XIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES 2024

Ganadería para el Futuro, Agua y
Biodiversidad



SOMMAP

