

**IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales**  
"Tecnologías para el manejo sostenible de los pastizales"

Chihuahua, México  
Octubre, 2019



# MEMORIAS





**COMITÉ ORGANIZADOR**  
**IX CONGRESO INTERNACIONAL DE PASTIZALES**

**Presidente del Comité Organizador**

Dr. Carlos Raúl Morales Nieto.

**Vicepresidente del Comité Organizador**

Ph. D. Pedro Jurado Guerra.

**Coordinador de Comité Científico**

D. Ph. Raúl Corrales Lerma.

**Colaboradores:**

D. Ph. Alan Álvarez Holguín.

Ph. D. Federico Villarreal Guerrero.

D. Ph. J. Santos Sierra Tristán.

M.C. Jesús Manuel Ochoa Rivero.

Ph. D. Pedro Jurado Guerra.

Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz.

Ph. D. Héctor Ramírez Garduño.

M. C. Carlos René Lara Macías.

Dr. Carlos Raúl Morales Nieto.

Ph. D. Gabriel Sosa Pérez.

D. Ph. Mieke Titulaer.

M. C. Ricardo Alonso Sánchez Gutierrez.

Dr. Francisco Oscar Carrete Carreón.



Dr. Héctor Gutiérrez Bañuelos.  
Dr. Daniel Rodríguez Tenorio.  
Dr. Alejandro Espinoza Canales.  
Dr. Juan Luis Santos De la Cruz.  
Dr. Mauricio Velazquez Martínez.

**Coordinador de Difusión y Publicaciones**

Ph. D. Pedro Jurado Guerra.

**Colaboradores:**

M. C. Antonio Humberto Chávez Silva.  
M. C. Jesús Manuel Ochoa Rivero.  
M. C. Sergio Dionisio Luévano Gurrola.  
M. C. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez.

**Coordinador de Ponencias Magistrales**

M. Sc. Gerardo Arturo Bezanilla Enríquez.

**Colaboradores:**

Ph. D. Pedro Jurado Guerra.

**Coordinador de Ponencia Cortas**

D. Ph. Alan Álvarez Holguín.

**Colaboradores:**

D. Ph. Raúl Corrales Lerma.





M. C. Carlos René Lara Macías.

**Coordinadores de Carteles:**

Ph. D. Federico Villarreal Guerrero.

Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz.

**Colaboradores:**

Ph. D. Héctor Ramírez Garduño.

Ing. Juan Oswaldo Ronquillo Aboite.

**Coordinador del Concurso de Identificación de Plantas**

Dr. Humberto Vega Mares.

**Colaboradores:**

D. Ph. J. Santos Sierra Tristán.

Biol. Mario Humberto Royo Márquez.

**Coordinador de Curso SIG**

Ph. D. Alfredo Pinedo Álvarez.

**Colaboradores:**

Ph. D. Gabriel Sosa Pérez.

Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz.

M. C. Jesus Alejandro Prieto Amparan.

**Coordinador de Patrocinadores y Stands Comercial:**

Ph. D. Carlos Ortega Ochoa.



Dr. Carlos Raúl Morales Nieto.

M. C. Manuel Gustavo Chávez Ruiz.

**Colaboradores:**

D. Ph. Cesar Quintana Martínez.

M. C. Sergio Dionisio Lúevano Gurrola.

M. C. Antonio Humberto Chávez Silva.

**Coordinador de Actividades Culturales**

Ph. D. Sandra Rodríguez Piñeiros.

**Colaboradores:**

Ing. Juan Oswaldo Ronquillo Aboite.

M. C. Abilene Trevizo Hernández.

Lic. Edith Julieta Hernández González.

Lic. Norma Carolina Quezada Terrazas.

**Coordinador de Registro**

M. C. Antonio Humberto Chávez Silva.

**Colaboradores:**

M. C. Abilene Trevizo Hernandez.

Lic. Edith Julieta Hernández González.

Lic. Norma Carolina Quezada Terrazas.

**Coordinador de Concurso de Fotografía**

Ing. Manuel Bujanda Rico.



**Colaboradores:**

Dr. Carlos Raúl Morales Nieto.  
Ing. Juan Oswaldo Ronquillo Aboite.

**Compiladores**

D. Ph. Alan Álvarez Holguín.  
D. Ph. Raúl Corrales Lerma.

**Editores**

M.C. Jesús Manuel Ochoa Rivero.  
Dr. Carlos Raúl Morales Nieto.  
Ph. D. Pedro Jurado Guerra.

**Para citar esta obra:**

Morales N. C. R., Jurado G. P., Álvarez H. A., Lerma C. R. y Ochoa R. J. M. (eds.). 2019. Memorias del IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Universidad Autónoma de Chihuahua-SOMMAP-INIFAP. Chihuahua, Chih., México. 390 pp.

*El contenido y cuidado de los textos son responsabilidad de los autores.*

**Instituciones Colaboradoras**  
**IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales**  
**"Tecnologías para el manejo sostenible de los pastizales"**





## PRESENTACIÓN

La Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales (SOMMAP) es una sociedad fundada en 1986 por interés de investigadores y autoridades de instituciones como COTECOCA-CGG-SAGARPA, Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Instituto Tecnológico de Sonora e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), entre otras. La SOMMAP ha tenido el interés constante de preservar y mejorar los pastizales, debido a que estos representan una fuente de alimento para el ganado y la fauna silvestre, fibras y productos de uso directo e indirecto por el hombre, cosecha de agua y contribución a la disminución del calentamiento global.

La Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales, interesada en realizar su congreso anual de Manejo de Pastizales en el 2019, designó a la ciudad de Chihuahua, siendo esta y su gran extensión territorial, escenario ideal para que docentes, investigadores, productores pecuarios, estudiantes de las carreras del ámbito pecuario y áreas afines, encuentren el lugar propicio para intercambiar puntos de vista, experiencias, así como avances de resultados de investigación, en beneficio de las tierras de pastoreo de Chihuahua y de México. Siendo la anfitriona la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias para la organización del IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, ya que constituye un evento de carácter académico-científico, así como de difusión para los productores, en la adopción de nuevos resultados de investigación para implementarlos en sus sistemas de producción animal.

Es importante considerar que el futuro de los pastizales depende del desarrollo y la gestión en función de una mayor capacidad científica e interacción con los productores. Uno de los problemas actuales en los pastizales es la degradación de la tierra debido al uso excesivo y abuso de los recursos naturales, los cuales están ocasionando pérdida de los servicios ecosistémicos. Por lo anterior, es necesario implementar una gestión económicamente viable y socialmente aceptable de las tierras de pastoreo para evitar su degradación. Esta incluye la conservación del suelo, agua y vegetación para mejorar la productividad y protección de los recursos naturales.

A la fecha se han realizado diversos esfuerzos por parte de investigadores, productores y sociedad en materia de manejo, mejoramiento y conservación de pastizales. Sin embargo, nunca serán suficientes para resarcir el daño causado al ecosistema pastizal. En este sentido, es necesario implementar cada día el uso de nuevas tecnologías como una herramienta para optimizar esfuerzos y seguir avanzando en el monitoreo de suelo, agua, diversidad de especies, cobertura vegetal, entre otros atributos relacionados al pastizal. Tal es el caso de sensores remotos, interpretación de fotografías aéreas, imagen digital tecnología de análisis, mayor uso de sistemas de información geográfica, teledetección de video en el aire y el uso de nuevos desarrollos y sistemas de alta resolución.

En México, se reinició el interés por el uso eficiente y la conservación de los pastizales, debido a su importancia en la alimentación animal y en el mantenimiento integral del ambiente. La eficiencia en el uso del pastizal implica el aprovechamiento sostenible de este ecosistema para la alimentación del ganado doméstico, sin descuidar la fauna natural y la interacción con los ecosistemas adyacentes.

En la actualidad, el pastizal es considerado como una de las fuentes más importantes en la alimentación de bajo costo para el ganado bovino, ovino y caprino. La utilización adecuada del pastizal proporciona beneficios económicos a los estados, áreas ganaderas, productores y consumidores finales de productos agropecuarios. A pesar de la importancia del pastizal, en los últimos años se había descuidado su conservación, se fomentó la excesiva carga animal y como resultado se favoreció la reducción en la capacidad productiva del ecosistema y se observó erosión del suelo y pérdida de la biodiversidad.

Diferentes instituciones han considerado necesario emprender acciones de forma urgente para restaurar la condición natural y aumentar la productividad del pastizal, en cada una de las regiones ganaderas de México. La conservación de este ecosistema favorecerá la biodiversidad, incrementará la productividad animal y reducirá los costos de alimentación del ganado. Al mismo tiempo se mitigarán los efectos del cambio climático y se propiciará el bienestar de la población humana.

La SOMMAP, preocupada y ocupada por la situación que se presenta en los agostaderos del norte de México, dedicó este año el congreso a un tema que tiene como objetivo contribuir a la grave situación de sobreutilización de los recursos naturales, como lo son, los Tecnología para el Manejo Sostenible de los Pastizales. En este sentido, la memoria contiene resultados de investigaciones de diferentes áreas del manejo de pastizales; ya que la cantidad de trabajos presentados, reflejan un creciente interés



**Dr. Carlos Raúl Morales Nieto**

**Presidente del Comité Organizador**

**IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales**

## CONTENIDO

MODELO DE ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y UNIDADES ANIMAL AÑO EN PASTIZALES ARIDOS Y SEMIARIDOS .....	1
PASTOREO Y APLICACIONES PARA “SMARTPHONE” EN NUEVO LEÓN .....	7
COMPORTAMIENTO DE PASTOREO DE OVEJAS SANTA CRUZ ( <i>Ovis aries</i> ) SOBRE PASTO TAIWÁN ( <i>Pennisetum purpureum</i> ) BAJO CONDICIONES SUBTROPICALES DE MÉXICO: ESTUDIO ANUAL .....	12
DISEÑO HIDROLÓGICO CON LINEA CLAVE Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN UN SISTEMA AGROSILVOPASTORIL .....	17
HYDROLOGIC DESIGN (KEYLINE) EFFECTS ON FORAGE PRODUCTION IN A AGROSILVOPASTORAL SYSTEM.....	17
DINÁMICA DE AMACOLLAMIENTO EN VARIEDADES DE <i>Cenchrus purpureus</i> (SCHUM.) MORRONE .....	22
ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN VARIEDADES <i>Cenchrus purpureus</i> (SCHUM.) MORRONE .....	28
GROWTH INDEXES FOR <i>Cenchrus purpureus</i> (SCHUM.) MORRONE VARIETIES ..	28
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y ENRIQUECIMIENTO NITROGENADO DEL NOPAL DURAZNILLO ( <i>Opuntia leucotricha</i> ) CON EL EQUIPO NOPAFER.....	34
EFFECTO DEL RODILLO REHABILITADOR DE PASTIZALES MODIFICADO SOBRE LA DIVERSIDAD EN UN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO. ....	40
DIVERSIFICACIÓN DEL PROPÁGULO EN <i>Cenchrus ciliaris</i> Y SU EFECTOS .....	45
GRAMÍNEAS FORRAJERAS SEMBRADAS EN DOS TAMAÑOS DE CARIÓPSIDE	51
EMERGENCIA Y SOBREVIVENCIA DE DOS GRAMÍNEAS BAJO PATRONES DE SEQUÍA SIMULADOS .....	57
CARACTERÍSTICAS DE GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE GRAMÍNEAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE.....	63
EMERGENCIA DE PASTOS NATIVOS EN UN SITIO CONTAMINADO CON JALES MINEROS ABANDONADOS CON ENMIENDAS DE SUSTRATO COMPUESTO .....	68
EXCLUSIÓN DEL PASTOREO: TÉCNICA EFICAZ PARA .....	72
RECUPERAR EL PASTIZAL DEGRADADO EN EL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS, SOMBRERETE, ZACATECAS, MÉXICO .....	72
MORFOLÓGICA FORRAJERA DE POBLACIONES DE <i>Panicum</i> spp. EN MÉXICO..	77
BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES DEL SITIO EXPERIMENTAL EL VERDINEÑO - INIFAP, EN NAYARIT, MEXICO.....	82

ESTRUCTURA GENÉTICA Y USO POTENCIAL DE ECOTIPOS DE PASTO BANDERITA EN CHIHUAHUA, MÉXICO.....	88
ATRIBUTOS IMPORTANTES DE RECURSOS GENÉTICOS DE <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr. ANTE DÉFICIT HÍDRICO .....	93
EVALUACIÓN MULTILOCACIONAL DE CINCO VARIEDADES DE <i>Cenchrus purpureus</i> (Schum.) Morrone, EN TRÓPICO SUB-HÚMEDO.....	103_
PRODUCCIÓN Y CALIDAD FORRAJERA EN UN ECOTIPO Y TRES VARIEDADES DE <i>Tripsacum dactyloides</i> L.....	109
ACCIONES DE MANEJO DE PASTIZALES EN LA GPCA EL TOKIO .....	114
OBSERVATORIOS PARTICIPATIVOS DE SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOTICA Y CULTURAL DE LAS ZONAS ÁRIDAS .....	119
NICHO CLIMÁTICO Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PASTOS NATIVOS EN EL NORTE DE MÉXICO.....	124
DINÁMICA Y DIVERSIDAD DE LA MESOFAUNA DEL SUELO EN PRADERAS DE <i>Bouteloua curtipendula</i> Y <i>Megathyrus maximus</i> .....	129
EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA DE FLORA Y AVIFAUNA EN DOS SITIOS CON DIFERENTE GRADO DE PERTURBACIÓN EN MONTE CALDERA, S.L.P. ....	134
CARACTERIZACIÓN DE HÁBITAT REPRODUCTIVO DE GORRIÓN CHAPULÍN ( <i>Ammodramus savannarum</i> ) EN LOS PASTIZALES DEL NORTE DE DURANGO.....	139
MORFOLÓGICA FORRAJERA DE POBLACIONES DE <i>Panicum</i> spp. EN MÉXICO	143
COMPORTAMIENTO DE PLÁNTULAS DE GENOTIPOS DE PASTO BANDERITA [ <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.] EN DOS REGÍMENES DE HUMEDAD-SEQUÍA .....	148
PARÁMETROS DE LA CINÉTICA DE PRODUCCIÓN DE GAS Y METANO <i>IN VITRO</i> AL INCLUIR LEUCAENA EN DIETAS DE BOVINOS .....	153
EFEECTO DEL RODILLO REHABILITADOR DE PASTIZALES MODIFICADO SOBRE LA DIVERSIDAD EN UN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO.....	158
ECUACIÓN DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA DE BOVINOS EN BAJA CALIFORNIA SUR.....	163
IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS Y SENSORES REMOTOS PARA EL MONITOREO DE BIOMASA FORRAJERA EN ZONAS ÁRIDAS .....	168
EFEECTO DE ÉPOCA DEL AÑO SOBRE LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS FORRAJERAS EN YUCATÁN .....	174

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE 15 CULTIVARES DE <i>Panicum maximum</i> CON FERTILIZACIÓN Y MANEJO TRADICIONAL, EN LA ÉPOCA DE LLUVIAS EN YUCATÁN.....	179
GERMINACIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BANDERITA [ <i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.] EXPUESTOS A DIFERENTES PRESIONES OSMÓTICAS.....	184
EVALUACIÓN DE DILUCIONES DE EXTRACTO DE <i>Larrea tridentata</i> COMO GARRAPATICIDA ORGÁNICO.....	189
EVALUACIÓN DEL NODRICISMO EN LA SOBREVIVENCIA Y DESEMPEÑO DE ARBUSTOS.....	194
ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS DE PASTO MOMBAZA <i>Megathyrsus maximus</i> SOLO Y ASOCIADO CON LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ.....	199
PRODUCCION DE FORRAJE DEL PASTO KENIA <i>Megathyrsus maximus</i> A LA APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE <i>Glomus intraradices</i> .....	204
PROYECTO FITORREMEDIAACION DE JALES MINEROS ABANDONADOS DE ZONAS ARIDAS DE CHIHUAHUA: COMPARACION DE EXPERIMENTO DE INVERNADERO Y EXPERIMENTO DE CAMPO; UNA VISION GENERAL.....	209
GERMINACIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BUFFEL ( <i>Pennisetum ciliare</i> ) BAJO ESTRÉS HÍDRICO.....	215
CONTROL QUÍMICO DE <i>Melinis repens</i> EN UN ÁREA DE PASTIZAL DE CUENCAMÉ, DURANGO.....	220
CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CAPRINA: PASTOREO EXTENSIVO Y EN ESTABULACIÓN EN MAPIMI, DURANGO.....	226
AVANCES EN LA APLICACIÓN DEL NDVI PARA EL MONITOREO DE LA BIOMASA FORRAJERA EN UN MATORRAL ARBOCRASICAULESCENTE ASOCIADO CON PASTO BUFFEL.....	232
PRODUCCION DE FORRAJE DE PASTOS NATIVOS EN CHIHUAHUA.....	237
CALIDAD FISICOQUÍMICA DE LEGUMINOSAS Y ARBUSTIVAS, ESTABLECIDOS COMO MATERIAL GENETICO, EN SUELO LITOSOL, EN ÉPOCA DE SECA, EN YUCATÁN MEXICO.....	241
DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE TÉCNICA DE FITOESTABILIZACIÓN DE SUELO CONTAMINADO POR JALES MINEROS, EXPERIMENTO EN INVERNADERO.....	245
DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE POBLACIONES DE PASTO LOBERO [ <i>Muhlenbergia phleoides</i> (Kunth) Columbus] EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA.....	250

LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO MODIFICÓ LAS PLANTAS EN EL PASTIZAL DEL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS, SOMBRERETE, ZACATECAS, MÉXICO .....	255
CARACTERIZACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE CÉLULUAS EPIDÉRMICAS EN LIMBO DE PASTO ROSADO [ <i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka] .....	261
MORTALIDAD <i>IN VITRO</i> DE HUEVECILLOS Y LARVAS DE GARRAPATA <i>Rhipicephalus microplus</i> .....	265
EMERGENCIA Y DESARROLLO TEMPRANO DE PLANTAS DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE <i>Bouteloua gracilis</i> Y <i>B. curtipendula</i> EN CHIHUAHUA, MÉXICO .....	270
CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA DE PASTOS EN EL EJIDO DE VILLAS DE VALPARAÍSO, ZACATECAS, MEXICO .....	275
PERFIL NUTRICIONAL DE <i>Aristida Curvifolia</i> , <i>Bouteloua gracilis</i> Y <i>B. uniflora</i> .....	280
EFFECTO DE LA COSTRA BIOLÓGICA EN LA INFILTRACIÓN DE AGUA EN DOS TIPOS DE MATORRAL MICRÓFILO .....	284
RENDIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA EN ECOTIPOS DE <i>Tripsacum dactyloides</i> .....	289
CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS Y PRODUCCIÓN DE LA HORMIGA ESCAMOLERA EN PASTIZALES ÁRIDOS DE ZACATECAS .....	294
EFICACIA DEL CEBO ALIMENTICIO PARA EL CONTROL DE GUSANO SOLDADO EN DOS SISTEMAS DE SIEMBRA .....	299
SUPERVIVENCIA INVERNAL DE GORRIONES DE BAIRD Y CHAPULÍN EN LOS PASTIZALES DE MARFA, TEXAS .....	305
MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA LAGUNA DE BUSTILLOS ETAPA I: RESTAURACIÓN-REFORESTACIÓN DE CABECERAS Y REMEDIACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL HUMEDAL DE LA LAGUNA DE BUSTILLOS (HLB) .....	309
RESPUESTA DE LA COMUNIDADE DE PASTIZAL AL CAMBIO CLIMATICO: SIMULACIÓN DE ESCENARIOS HACIA EL HORIZONTE TEMPORAL 2050 UTILIZANDO EL MODELO CLIMPACT EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA, MEXICO .....	314
PRODUCCIÓN CAMPESINA Y EMPRESARIAL DE LECHE BOVINA EN JALISCO, MÉXICO .....	318
PRODUCCIÓN CAMPESINA Y EMPRESARIAL DE LA LECHE BOVINA EN SONORA, MÉXICO .....	323
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL ECOSISTEMA DEL PASTIZAL EN ZACATECAS, MEXICO .....	327
EVALUACIÓN DE GENOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO NAVAJITA [ <i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.] BAJO ESTRÉS HÍDRICO .....	332

PRODUCCIÓN DE PASTO BANDERITA ( <i>Bouteloua curtipendula</i> ) ESTABLECIDO EN UN SISTEMA AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN .....	338
ESTABLECIMIENTO DE ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BANDERITA ( <i>Bouteloua curtipendula</i> ) EN ZACATECAS, MEXICO .....	342
EFICIENCIA DEL RIEGO POR GOTEO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA PARA EL CLIMA ÁRIDO DE MÉXICO.....	346
RESPUESTA DE LAS ISLAS DE FERTILIDAD A LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO EN EL NORESTE DE MEXICO.....	350
EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL PASTIZAL A PARTIR DE VARIABLES EDAFICAS Y GEOMORFOLOGICAS .....	355
ESTIMACIÓN DE FORRAJE MEDIANTE IMÁGENES CAPTURADAS CON UN DRON EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO .....	360
ADSORCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DERIVADO DE LA DIGESTIÓN <i>IN VITRO</i> POR materiales naturales porosos .....	365
TASA DE APARICIÓN Y MUERTE DE TALLOS EN RECURSOS GENÉTICOS DE AZUCHE <i>Hymenachne</i> SPP. ....	370
PRODUCCIÓN DE BIOMASA RAMONEABLE DE MEZQUITE Y HUIZACHE EN LA COMARCA LAGUNERA.....	375
FUNGICIDAS CONTRA PATÓGENOS DE SEMILLA DE PASTO BANDERITA.....	379
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA Y CONTENIDO DE PROTEÍNA DEL PASTO MOMBAZA ASOCIADO A DOS DIFERENTES LEGUMINOSAS EN PICHUCALCO, CHIAPAS .....	385



## INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de pastizal son tierras de pastoreo sujetas a la extrema presión para llenar los objetivos de múltiples usos y propósitos. El problema más significativo que presentan estas tierras de pastoreo es el sobrepastoreo, el cual es producto de un gran número de variables que lo afectan, es decir, es un problema multifactorial, el cual es afectado por la selección del tipo de animal, raza, número de animales, sistema de pastoreo, así como, época y frecuencia de pastoreo. Una alternativa que puede contribuir a resolver en parte esta gran problemática, lo representa el uso de modelos de simulación, que permitan proporcionar información sobre la estimación de la capacidad de carga (CC) y unidades animal año (UAA) en pastizales naturales a partir de los datos de precipitación de los predios en cuestión, con el objetivo que los tomadores de decisiones tengan una herramienta analítica que posibilite la elaboración de escenarios que proporcionen información para que el manejador de pastizales pueda tomar la decisión más adecuada. Los modelos de simulación son abstracciones del mundo real que representan los componentes de las relaciones bajo el ecosistema en consideración. Los modelos de simulación se han convertido en una herramienta importante tanto para administradores de tierras de pastizal como de cultivo (Hanson et al., 1999). De acuerdo con Sircely *et al.*, (2019) las herramientas de simulación están siendo bien adoptadas para explorar condiciones futuras de los sistemas de producción en pastizales bajo cierta imprevisibilidad y condicionalidad, sin embargo, aún presentan restricciones debido a la interacción de la representación de la vegetación y la dificultad de predecir cambios en complejos sistemas adaptativos tales como los pastizales de zonas áridas. Se han producido un gran número de modelos de simulación empíricos y mecanísticos para el soporte de la toma de decisiones para su aplicación en pastizales (Derner *et al.*, 2012). Colectivamente, estos modelos han incrementado considerablemente el conocimiento y entendimiento de la dinámica, procesos y estructura de esos ecosistemas de pastizal. Díaz *et al.*, (2006) aplicaron el modelo (SESS) como una herramienta de manejo en pastizales semi-áridos en el noreste de México. Las herramientas de modelado tienen el poder para proyectar conocimiento derivado de estudios a corto plazo en parcelas pequeñas a escalas nivel regional y global para explorar dinámicas durante largos períodos de tiempo (Briske *et al.*, 2003). Los procesos de gestión y toma de decisiones necesitan modelos que demuestren las consecuencias de diferentes decisiones y pueden ser de gran ayuda en un proceso interactivo entre investigadores y partes interesadas. Por eso, es importante combinar una gama de enfoques de modelado integrador que ayuden a proporcionar recomendaciones para prácticas de pastoreo más sostenibles en estos sistemas tan complejos. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio tuvo como meta principal desarrollar un modelo empírico-determinístico que permitiera estimar la CC y UAA de predios ganaderos en pastizales naturales, a partir de los datos de precipitación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El modelo original inició su desarrollo en la UACH-URUZA en el año 2011, y su desarrollo y descripción, así como la estructura conceptual fue realizado Cantú *et al.*, (2015) en Bermejillo Dgo., localizado entre las coordenadas 25° LN y 103° LO a 117 msnm, a la altura del km 40 de la carretera Gómez Palacio, Dgo.-Jiménez, Chih. y a partir de entonces, se ha ido mejorando dependiendo de las necesidades del operador del modelo, el cual consiste en seis componentes, que fueron integrados en libros de hojas de Excel 2013.

Características del modelo. El modelo se diseñó empleando hojas de cálculo de Excel para crear una matriz de datos de entrada (DE) y una de salida (MS) que permitiera analizar distintos escenarios para evaluar el desempeño del modelo (DM). El modelo es simple y considera solo los componentes y relaciones de interés para conocer el funcionamiento y principios en el manejo de pastizales en lo referente a la estimación de la CC y UAA. El modelo requiere en la matriz de “datos de entrada” (Cuadro 1) información de las características del área de aplicación como (No. de Ha), tipo de vegetación, precipitación (mm), producción de forraje (Kg de MS Ha<sup>-1</sup>), porcentaje de utilización (%), tiempo de pastoreo (días), porcentaje de la pendiente (%) y distancia del agua (% de superficie).

Cuadro 1. Datos de entrada (DE) requeridos para operar el modelo de simulación para la estimación de la capacidad de carga y UAA en pastizales áridos y semiáridos.

Componente	Unidades
Superficie	Ha
Tipos de vegetación	Ha
Precipitación media anual	mm
Tiempo de pastoreo (días)	Días
% de utilización	Porcentaje (%)
Producción de forraje	(Kg de MS/Ha/año)*
Precipitación anual requerida para producir 1.0 Kg/MS	de kg/MS/ha por mm de lluvia (mm)
Topografía del rancho	
% superficie con 0-10 % de pendiente	Porciento (55 %)
% superficie con 11-30 % de pendiente	Porciento (15 %)
% superficie con 31 - 60 % de pendiente	Porciento (20 %)
% superficie con > de 60% de pendiente	Porciento (10 %)
Distancia del agua	
% superficie a 1.6 km del agua	Porciento (85 %)
% superficie entre 1.6 y 3.2 km del agua	Porciento (15 %)
% superficie a > de 3.2 km del agua	Porciento (0 %)

Desempeño del modelo. Para evaluar el funcionamiento del modelo se requirió conocer la distribución anual y mensual de la precipitación media anual histórica que se tiene en la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional para los años comprendidos entre 1941 y 2005 con el objetivo de generar la transformación de mm de lluvia a kg/MS ha<sup>-1</sup>. Para lo anterior, se obtuvo información para relacionar los mm de lluvia con la producción de MS, en el cuadro 2 se presenta un reporte que considera varios estudios realizados en distintos estados de los Estados Unidos con variabilidad en la producción de forraje y precipitación (Cook y Phillip, S/F).

Cuadro 1. Tipos de vegetación de pastizal, estado y variación anual de la precipitación en relación a la producción de forraje en varios estudios en pastizales áridos del oeste de los Estados Unidos (Cook y Phillip, S/F).

Tipo de vegetación	Sitio de muestreo	Variación de la precipitación anual(mm)		Variación en el rendimiento de forraje(Kg/ha)		Duración del estudio (años)	Alto rendimiento (kg/mm)	Bajo rendimiento (kg/mm)
		Alto	Bajo	Alto	Bajo			
Pastizal-matorral semidesértico	Arizona	48.3	7.6	336	16.8	10	6.9	2.2
Pastizal-matorral semidesértico	New Mexico	43.9	7.9	903.8	127.68	7	20.5	16.2
Matorral salado desértico	Utah	28.2	9.7	524.1	84	12	18.5	8.7
Praderas	Oregon	42.2	15.5	1041.6	313.6	10	24.7	20.2
Matorral-pastizal	Idaho	40.4	20.1	1192.8	547.68	20	29.5	27.2
Pradera de zacates cortos	Kansas	79.2	23.4	6249.6	1400	18	78.8	59.9
Pradera de mezclas de zacates	North Dakota	45.5	31.0	3497.7	13.8	15	76.9	0.4

Si el operador del modelo o el propietario del predio no disponen en los datos de entrada como lo son el porcentaje de la pendiente y la distancia del agua, el modelo en su salida (MS) proporcionará valores mayores en la estimación de la CC y UAA, por lo que es factible que se llegue a producir un sobrepastoreo. Razón por la cual es de suma importancia que los ganaderos dispongan de planos del predio, de tipo de vegetación y de curvas de nivel, así como de sus superficies. Por lo que el productor debe de contar con información básica para alimentar el modelo.

**Escenarios.** Para evaluar el desempeño del modelo se realizaron 4 escenarios, con modificaciones en los datos de los valores de entrada tal y como se muestra en el cuadro 3. Con el objeto de poder evaluar y analizar la matriz de salida de cada escenario, los valores de topografía y distancia del agua permanecieron sin cambios.

Cuadro 3. Valores de los datos de entrada para 4 escenarios para el análisis de las salidas del modelo de estimación de la CC y UAA en pastizales áridos y semiáridos.

Escenarios	Superficie (ha)	Precipitación (mm)	Tiempo de pastoreo (días)	% de uso
1	2200	350	356	60
2	3500	400	365	60
3	2900	500	356	50
4	1200	350	365	50

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la simulación de la estimación de la CC y UAA obtenidos en la MS del modelo se muestran en el cuadro 4, en el cual se puede observar que en la condición excelente es donde se obtiene el mayor número de UAA, el escenario 2 es el que reporta la mayor UAA, este escenario tiene mucha superficie, y muy buena precipitación para poder soportar una CA alta, logrando mantener 281.26 UAA en condición excelente en sus potreros y sin ajuste de la distancia del agua, ni de la pendiente, en la condición pobre podría mantener 70.32 UAA sin ajustes y 51.68 y 65.04, con los ajustes, pero en promedio podría tener entre 155-130 UAA con una condición entre buena- regular con los ajustes necesarios.

Cuadro 4. UA obtenidas en la MS para 4 escenarios por condición del pastizal, sin ajuste y con ajuste de la pendiente y distancia del agua para evaluar el análisis de las salidas del modelo de estimación de la CC y UAA en pastizales en áridos y semiáridos.

Escenarios	Condición	Sin ajuste	Con ajuste de la pendiente	Con ajuste de la distancia del agua
1	Excelente	158.60	116.57	146.71
	Buena	118.95	87.43	110.03
	Regular	79.30	58.29	73.35
	Pobre	39.65	29.14	36.68
2	Excelente	281.26	206.73	260.17
	Buena	210.95	155.04	195.12
	Regular	140.63	103.36	130.08
	Pobre	70.32	51.68	65.04
3	Excelente	248.89	182.94	230.22
	Buena	186.67	137.20	172.67
	Regular	124.45	91.47	115.11
	Pobre	62.22	45.73	57.56
4	Excelente	70.32	51.68	65.04
	Buena	52.74	38.76	48.78
	Regular	35.16	25.84	32.52
	Pobre	17.58	12.92	16.26

De acuerdo Teague *et al.*, (2008) aplicaron el modelo (SESS) como una herramienta de manejo y reportaron con datos de 6 años que la adecuada carga animal fue de 11 vacas/100 ha<sup>-1</sup>. Mulindwa *et al.*, (2009), reportaron en los resultados de la simulación para estimar la CC de 1.41 ha/UA, Byenkya, 2004 reportó 1.63 ha/UA, mientras que Hocking y Mattick (1993) reportaron una CC de entre 2.5-3.5 ha/UA, al relacionar la lluvia con la producción, Wiegand *et al.* (2004) determinaron una relación positiva entre la producción de fitomasa y la lluvia en pastizales semi-áridos. Por otro lado, Nagler *et al.*, (2009) y Nagler *et al.*, (2013)

mencionan que la precipitación es la variable principal de la producción primaria en pastizales naturales.

## CONCLUSIONES

Basado en los resultados de la simulación sugieren que la sensibilidad del funcionamiento del ecosistema pastizal y del impacto que tienen la topografía como la distancia entre aguajes afectan fuertemente el disturbio por el sobrepastoreo, por lo que se hace necesario realizar los ajustes pertinentes en la UAA y CC para esas variables. Es importante recalcar que el 50% de utilización, no es un desperdicio ya que el forraje remanente es un regulador muy importante del funcionamiento del ecosistema.

## LITERATURA CITADA

- Briske, D. D., S. D. Fuhlendorf, and F. E. Smeins. 2003. Vegetation dynamics on rangelands: A critique of the current paradigms. - *Journal of Applied Ecology* 40: 601-614.
- Byenkya, G. S. 2004. Impact of undesirable plant communities on the carrying capacity and livestock performance in pastoral systems of south-western Uganda. PhD Thesis, Texas A&M University. 192 P.
- Cantú B., M. Cisneros, and E. Téllez, J. 2015. Simulation model to estimate the stocking rate and carrying capacity in rangelands. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas XIV* (Enero-Junio).
- Cook C. W and L. Phillip. S. Sin fecha. Drought and its relationships to dynamics of primary productivity and production of grazing animals. Evaluation and Mapping of Tropical African Rangelands. Proceedings of the seminar. Bamako-Mali. March.
- Derner J. D., D. J. Augustine, J. C. AscoughII, and R. L. Ahuja . 2012. Opportunities for increasing utility of models for rangeland management. *Rangeland Ecology & Management*. Volume 65, Issue 6, November, Pages 623-631
- Díaz S. H., M. M. Kothmann, W. F. Grand, and R. De Luna. 2006. Application of a simple ecological sustainability simulator as a management tool in the semi-arid rangelands of northeaster Mexico. *Agricultural Systems* 88, 514-527
- Hanson C. L., J. R. Wight., Ch. W. Slaughter, F. B. Pierson and K. Spaeth. 1999. Simulation models and management of rangeland ecosystems: Past, Present, and Future. *Rangelands*. Vol. 21, No. 4 (Aug.), pp. 32-38
- Hocking, D. and A. Mattick. 1993. A dynamic carrying capacity analysis as tool for conceptualising and planning range management improvements, with a case study from India. <http://www.odi.org.uk/networks/pdn/papers/index1.html>.
- Mulindwa H., E. Galukande, M. Wurzinger, and A. Okeyo. 2009. Modelling of long term pasture production and estimation of carrying capacity of ankole pastoral production systems in South Western Uganda. *Livestock Research for Rural Development*. 21 (9).
- Nagler P. L., E. P. Glenn, U. Nguyen, L. Russell S, and T. Doody. 2013. Estimating riparian and agricultural actual evapotranspiration by reference evapotranspiration and MODIS Enhanced Vegetation Index. *Remot Sensing*. 5(8), 3849-3871; <https://doi.org/10.3390/rs5083849>
- Nagler, P.L., K Morino., R. S. Murray, J. Osterberg, and E. P. Glenn. 2009. An empirical algorithm for estimating agricultural and riparian evapotranspiration using MODIS Enhanced Vegetation Index and ground measurements of ET. I. Description of method. *Remote Sensing* 1, 1273–1297
- Sircely J., R. Conant, and B. Randall B. 2019. Simulating rangeland ecosystems with G-range (en prensa): model description and evaluation at global and site scales. *Rangeland Ecology & Management* journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/rama>
- Teague W. R., W. Grant., U. Kreuter, H. Diaz S., S. Dubem, M. M. Kothmann, W. E. Pinchak and R. J. Ansley. 2008. An ecological economic simulation model for assessing fire and grazing management effects on mesquite rangelands in Texas. *Ecological Economics* 64. 611-624.
- Wiegand T., F. Knauer and E. Revilla 2004. Dealing with uncertainty in spatially explicit population models. *Biodiversity and Conservation* 13: 53–78.



the herd management process, in the search to improve the quality of information for herd management.

**Keywords:** Mobile Application (Apps), Smart Cell Phone (Smartphone), Precision Livestock, Livestock Management and Production, Traceability of livestock products.

## INTRODUCCION

En poco más de una década, la población mundial alcanzará alrededor de 8.5 mil millones de personas y casi 10 mil millones para 2050, en comparación con los 7.7 mil millones actuales (México contribuye con 129 y contribuirá con 148 millones; UN, 2019). Al mismo tiempo, el mundo está envejeciendo; a medida que la esperanza de vida mundial continúa aumentando, el nivel de fertilidad continúa disminuyendo. Esto incrementará la demanda mundial de alimentos y servicios básicos. La producción agropecuaria deberá satisfacer la demanda creciente de alimento y se debe considerar que actualmente se sobreexplotan los recursos naturales (suelos, biodiversidad, agua). El cambio climático podría reducir hasta 25% la producción agropecuaria, dado que el calentamiento global puede incrementar la morbilidad y mortalidad del ganado (Laberge y Rousseau, 2017); similarmente, para el 2030, el cambio climático provocará 250,000 muertes al año por malaria, estrés térmico, diarrea y malnutrición (UNDP, 2016). La producción pecuaria mundial tendrá que satisfacer la demanda creciente de alimento (Nikos y Jelle, 2012). En México, en el período 2014-2016, 4.2% de la población estaba en condición de malnutrición (Canadá y USA, menos de 2.5%); sin embargo, casos extremos incluyen hambrunas reportadas en Sudán, Nigeria, Somalia y Yemen (Nikos y Jelle, 2012). El aumento en la demanda de productos pecuarios obedece al incremento de la población urbana y general y poder adquisitivo. Se estima que a nivel mundial el consumo *per cápita* de carne y leche seguirá en aumento en los próximos años (Böhlandt *et al.*, 2016). El uso de las aplicaciones para dispositivos móviles Smartphone son opciones modernas y sostenibles para producir alimentos de calidad y en cantidad suficiente(Bohn *et al.*, 2014).

El uso de Smartphone creció en 2018 (ENDUTIH, 2019), el número en usuarios de celular pasó de 64.7 millones (2017) a 69.6 millones (2018). Ocho de cada diez usuarios, contaban con un celular Smartphone, que permite conexión móvil a Internet. La conexión móvil a internet (conexión de datos) es la más utilizada (89% de usuarios), el resto (11%) se conecta a internet desde un celular inteligente (Smartphone) mediante Wi-Fi. De los usuarios de Smartphone, 45.5 millones instalaron aplicaciones en sus teléfonos: 89.5% de mensajería instantánea, 81.2% herramientas para acceso a redes sociales, 71.9% aplicaciones de contenidos de audio y video y 18.1% alguna aplicación para acceder a banca móvil. El objetivo principal de la estrategia de uso de Smartphone y Apps disponibles, es mejorar las condiciones de vida y productividad en el medio rural, facilitando la integración y participación plena de la ciudadanía en la economía global. Fortalecer la creación de valor en la economía rural, tanto en sectores innovadores como en los tradicionales en ganadería a través de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) asequibles mediante Apps del Smartphone. Aumentar la competitividad de las unidades de producción ganadera mediante la aplicaciones TIC y soluciones inteligentes para mejora de procesos productivos, de gestión y producción ganadera(Carrer, de Souza Filho y Batalha, 2017). Mejorar el acceso y posicionamiento mercadeo local, nacional e internacional entre productores, insumos, avío y productos del sector ganadero, utilizando tecnologías innovadoras para prevenir fraudes,

garantizar calidad, asertividad de información y trazabilidad de productos. Diversificando la actividad ganadera poniendo en valor y protegiendo el patrimonio natural y biodiversidad, generando modelos de gestión innovadores a través de la aplicación de TIC que permitan apertura de nuevos nichos de empleo y actividad económica en el medio rural (Tullo *et al.*, 2017).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando la base de datos obtenida de 80 encuestas realizadas en la Unión Ganadera Regional de Nuevo León, se propone la selección de aplicaciones para celular; para lo cual, se elaboró un marco de trabajo que define factores de difusión de desarrollo (DD) y difusión de uso (DU; Van Hertem *et al.*, 2017). Los factores que incrementan la DD y el desarrollo de aplicaciones móviles a través de la plataforma tecnológica, incluyen: participación ciudadana, conocimiento técnico y recursos económicos. Por otro lado, los factores que incrementan la DU de aplicaciones móviles son: a) solución de necesidades del cliente; b) costo; c) conveniencia, d) capacitación y e) comunicación. Se agruparon con base a similitud en procesos y objetivos para diferentes áreas como clima, análisis de suelo, medición de superficies, control y eficiencia de hato, mercado de productos y avíos y fotografías digitales; lo anterior, a través de la identificación de iniciativas populares enfocadas a la DU y desarrollo de aplicaciones móviles. Para analizar las diferencias en el nivel de uso de TIC se construyó un Índice de Uso de TICs (IUTIC); índice compuesto, el cual combina 14 variables en una medida de referencia (escala de 0 a 10) como: consulta y búsqueda de información técnica y clima, uso de correo electrónico, conexión a las redes sociales y uso de tecnología multimedia; los cuales, corresponden a cada componente y aspecto diferentes del proceso de uso de TICs.

### RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos, a partir del cálculo del índice de uso de TIC (IUTIC) por parte de productores, se encontró que este es mayor a nivel estado ( $p < 0.001$ ), esto puede explicarse debido a la infraestructura en telecomunicaciones relacionado con el uso de la telefonía móvil en el estado (cuadro 1): lo anterior, coincide con la encuesta nacional de uso de tecnologías de la información y comunicaciones realizada (ENDUTIH, 2019), que posiciona en quinto sitio al estado de Nuevo León (68%) en el Porcentaje de hogares con Internet por entidad federativa.

Cuadro 1. Atributos de los ganaderos e índice de uso de TIC en Nuevo León.

Estado	Género		Edad promedio	Índice de uso TIC (IUTIC) <sup>§</sup>
	Hombre	Mujer		
Nuevo León	71	9	54.5	3.41

<sup>§</sup> Valores con diferente literal indican diferencia estadísticamente significativos,  $p < 0.001$ . Elaboración propia

Existen importantes diferencias en cuanto al nivel de las TIC entre regiones y entre economías, así como en el desarrollo en el estado. De nuestra base de datos se obtiene la siguiente información de las TIC con las que cuentan los productores ganaderos para la comunicación y desarrollo de sus actividades (Cuadro 2).

Cuadro 2. Utilización de telefonía celular por productores ganaderos de la UGRNL.

Tecnología utilizada	% de productores ganaderos que la utilizan
Teléfono móvil (celular)	97
Smartphone	45
Teléfono fijo con Internet	47
Computadora de escritorio	41
Computadora portátil	59

Como resultado y cumpliendo con los objetivos, se seleccionó una aplicación para uso en Smartphone de cada una de las siete diferentes áreas de importancia para la productividad ganadera: clima, análisis de suelo, medición de superficies, control y eficiencia de hato, mercado de carne, mercado de grano y fotografía digital (Cuadro 3); las cuales, han sido consideradas asequibles y eficientes, a continuación, se describen brevemente, así como su uso en la ganadería.

Cuadro 3. Aplicaciones asequibles mediante Apps para Smartphone en el manejo de hato.

	Nombre de la Aplicación	Link para descarga
	Pronóstico del tiempo	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chanel.weather.forecast.accu">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chanel.weather.forecast.accu</a>
	Textura del suelo	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=apinventor.ai_serchjimenez_1990.Textura">https://play.google.com/store/apps/details?id=apinventor.ai_serchjimenez_1990.Textura</a>
	Medición de áreas y distancias	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=lt.noframe.fieldsareameasure">https://play.google.com/store/apps/details?id=lt.noframe.fieldsareameasure</a>
	Control Ganadero	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.grupoarve.cganadero">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.grupoarve.cganadero</a>
	INAC	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=uy.gub.inac.appinac">https://play.google.com/store/apps/details?id=uy.gub.inac.appinac</a>
	Agrofy News	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=fy.omovil.com.android">https://play.google.com/store/apps/details?id=fy.omovil.com.android</a>
	Cámara HD	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=hd.camera">https://play.google.com/store/apps/details?id=hd.camera</a>

En el área de la información de clima se cuenta con la aplicación meteorológica en el Pronóstico del Tiempo; la cual, es una aplicación para la previsión climática, se encuentra en la tienda Google Play. Cuenta con el pronóstico del tiempo local, lluvia, tormenta, hielo y nieve en tiempo real. De acuerdo a la información meteorológica obtenida, se puede preparar un plan cuidadosamente para el mejoramiento productivo de los hatos en la parte de clima, mejorando la probabilidad de éxito en el plan de trabajo. La aplicación de Textura del Suelo determina esta característica, dependiendo del porcentaje de arena, limo y arcilla, de acuerdo al triángulo de textura del USDA (Ruks *et al.*, 2004). La aplicación de Medición de áreas y distancias contiene utilidad del modo marcación inteligente para colocación precisa de claves dentro del área en la aplicación (bajíos inundables, manchones salitrosos, postes defectuosos en el cerco, problemas potenciales en contactos del cerco eléctrico, manchones infértiles, mapeo de áreas y expresión de déficit hídrico en el suelo, condición de la vegetación, etc.),

con esta aplicación se tiene el control total de la propiedad al conocer las dimensiones y características de la propiedad para el manejo de hato. La aplicación de Control Ganadero fue diseñada para la administración de unidades productivas ganaderas. Las tendencias globales conducen este proceso de apropiación del Smartphone y aplicaciones inherentes para el desarrollo de actividades en la producción ganadera. Cuando los fabricantes de teléfonos celulares comenzaron a colocar cámaras digitales en sus dispositivos, se produjo un salto cualitativo con respecto a la funcionalidad general de los dispositivos; esta tecnología permite identificar un animal sin aretar o tatuar, incluso herrar más allá del fierro propietario; similarmente, la condición de calidad de alimento, por escrutinio fotográfico de heces, condición de la vegetación mediante medición de la reflectancia por el uso de drones. Todas estas aplicaciones se potencializan con el uso aplicaciones ya disponibles en la computadora: Office, paquetes estadísticos, análisis de imágenes, etc.

### CONCLUSIONES

La popularización del uso de la tecnología, como son los teléfonos Smartphone, entre los miembros del sector rural facilitará la entrada de mejores aplicaciones para el Smartphone en sistemas productivos de la ganadería en México. A través de las aplicaciones móviles se tiene la ventaja de tener contacto directo con ganaderos (grupos afines), ganado, potreros, instalaciones y equipo agropecuario y observar sus diferentes acciones independientemente del lugar donde estén ubicados y se tiene el potencial de realizar tareas evitando el problema de conexión en zonas de poca cobertura a internet en unidades de producción ganadera.

### LITERATURA CITADA

- Böhlandt, A, R. Scierl, J Heizinger, G Dietrich-Gümperlein. 2016. Cow hair allergen concentrations in dairy farms with automatic and conventional milking systems: From stable to bedroom. *International J of Hygiene and Environmental Health*. Urban & Fischer, 219(1): 79–87.
- Bohn, A, C. Buchta, K. Hornik, P. Mair. 2014. Making friends and communicating on Facebook: Implications for the access to social capital. *Social Networks* 37(1): 29–41.
- Carrer, MJ, de Souza F, HM y Batalha MO. 2017. Factors influencing the adoption of farm management information systems (FMIS) by Brazilian citrus farmers. *Computers and Electronics in Agriculture*, 138: 11–19.
- Hertem, Van T, L Rooijackers, D Berckmans, A Peña F, TJ Norton, E Vranken. 2017. Appropriate data visualisation is key to precision livestock farming acceptance. *Computers and Electronics in Agriculture*. 138: 1-10.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía/ INEGI Secretaría de Comunicaciones y Transportes /SCT e Instituto Federal de Telecomunicaciones / IFT. 2019. Encuesta sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación en los Hogares 2019, (Comunicado de Prensa Núm. 179/19), p. 19.
- Laberge, B. y Rousseau, A. N. 2017. Rethinking environment control strategy of confined animal housing systems through precision livestock farming. *Biosystems Engineering*. Academic Press, pp. 96–123.
- Nikos, A. y Jelle, B. 2012. World Agriculture Towards 2030/2050 The 2012 Revision” FAO Agricultural Development Economics Division, 20 160p.
- Rucks, L, F García, A Kaplán, J Ponce de León y M Hill. 2004. *Propiedades Físicas del Suelo*. Facultad de Agronomía. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 68p.
- Tullo, E. I Fontana, A Diana, T Norton, D Berckmans, M Guarino. 2017. Application note: Labelling, a methodology to develop reliable algorithm in PLF. *Computers and Electronics in Agriculture*.
- United Nations (2019) *World Population Prospects The 2019 Revision*, New York: United Nations, p. 53. <https://population.un.org/wpp/Publications/>
- United Nations Development Programme (UNDP) (2016) *Human Development Report 2016 Human Development for Everyone*. Disponible en: [http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016\\_human\\_development\\_report.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/2016_human_development_report.pdf).

COMPORTAMIENTO DE PASTOREO DE OVEJAS SANTA CRUZ (*Ovis aries*)  
SOBRE PASTO TAIWÁN (*Pennisetum purpureum*) BAJO CONDICIONES  
SUBTROPICALES DE MÉXICO: ESTUDIO ANUAL

GRAZING BEHAVIOR OF SAINT CROIX SHEEP (*Ovis aries*) ON TAIWAN  
GRASS (*Pennisetum purpureum*) UNDER SUBTROPICAL CONDITIONS:  
ANNUAL STUDY

Jair Millán-Orozco<sup>1\*</sup>, Jersson Millán-Orozco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Anatomía, Departamento de Ciencias Médico Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna (DCMV, UAAAN-UL), Torreón, Coahuila, México; <sup>2</sup>Asociación de Médicos Veterinarios Zootecnistas Especialistas en Bovinos de la Comarca Lagunera (AMVEB-Laguna), Gómez Palacio, Durango, México.

\*E-mail: [1jmillan.orozco@gmail.com](mailto:1jmillan.orozco@gmail.com); [2millan.orozco85@gmail.com](mailto:2millan.orozco85@gmail.com)

### RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de pastoreo de ovejas Santa Cruz sobre pasto *Pennisetum purpureum* bajo condiciones subtropicales en México. En el trópico, las condiciones ambientales pueden inducir diferentes patrones de pastoreo en aquellas razas originarias de climas templados. Sin embargo, existe escasa información generada sobre este tema, por lo tanto, el presente estudio fue realizado para analizar el comportamiento de pastoreo de ovejas Santa Cruz en México. El presente estudio se realizó utilizando diez hembras adultas, con un peso promedio de  $32.8 \pm 5.1$  kg, mantenidas sobre una pradera de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) a una altura de 30 cm. Las observaciones fueron realizadas durante las horas del día (06:00-18:00) de mayo a abril del siguiente año durante tres días consecutivos de cada mes. La mayor ( $P < 0.05$ ) actividad de pastoreo se observó durante septiembre ( $38.9 \pm 11.4$  min/h), mientras que mayo ( $27.1 \pm 14.3$  min/h) fue el mes con menor actividad ( $P < 0.05$ ). Dentro de los días, la mayor ( $P < 0.05$ ) actividad de pastoreo fue observada a las 06:00, 12:00 y 18:00 h ( $34.9 \pm 12.0$ ,  $31.8 \pm 12.9$  y  $34.5 \pm 10.6$  min/h, respectivamente), mientras que las 09:00 y 15:00 h ( $28.6 \pm 13.4$  y  $28.0 \pm 15.7$  min/h) fueron los periodos con menos actividad ( $P < 0.05$ ). Una correlación de  $-0.74$  ( $P < 0.05$ ) se obtuvo entre las temperaturas ambientales y la actividad de pastoreo. Se concluye que las ovejas Santa Cruz, mostraron un patrón mensual de actividad a lo largo del año y desplegaron una actividad de pastoreo alta al medio día durante todo el año, denotando una alta tolerancia a las altas temperaturas.

**Palabras clave:** Pastoreo, Ovinos de pelo, *Pennisetum purpureum*.

### ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the grazing behavior of Saint Croix sheep on *Pennisetum purpureum* grass under subtropical conditions in Mexico. In the tropics, environmental conditions might induce different grazing patterns from those reported in temperate sheep breeds. However, scarce information has been generated on this topic, thus the present study was conducted to analyze the grazing behavior of Saint Croix sheep in Mexico. The present study was carried out using ten adult ewes,  $32.8 \pm 5.1$  kg, stocked on a

Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) pasture maintained at a sward surface height of 30 cm. Observations were conducted during daylight hours (06:00-18:00) from May to April of the next year for three consecutive days every month of the following year. The highest ( $P<0.05$ ) grazing activity was observed during September ( $38.9\pm 11.4$  min/h), while in may ( $27.1\pm 14.3$  min/h) was the month with least activity ( $P<0.05$ ). Within days, the highest ( $P<0.05$ ) grazing activity was observed at 06:00, 12:00 and 18:00 h ( $34.9\pm 12.0$ ,  $31.8\pm 12.9$  and  $34.5\pm 10.6$  min/h, respectively), while 09:00 and 15:00 h ( $28.6\pm 13.4$  and  $28.0\pm 15.7$  min/h) were the periods with least activity ( $P<0.05$ ). A correlation of  $-0.74$  ( $P<0.05$ ) was obtained between environment temperature and grazing activity. It was concluded that Saint Croix sheep, showed monthly pattern throughout the year and displayed high grazing activity at noon along the year, denoting great heat tolerance.

**Keywords:** Grazing, Hair sheep, *Pennisetum purpureum*.

## INTRODUCCIÓN

En el trópico, las condiciones ambientales pueden inducir patrones de pastoreo diferentes en las razas originarias de climas templados. Los animales en pastoreo tratan de adaptarse a las condiciones pobres de forraje incrementando el tiempo de pastoreo (Osoro *et al.*, 1999). Además, se ha observado que el tiempo de pastoreo disminuye con el incremento del fotoperiodo y las temperaturas ambientales (Dunn *et al.*, 1988). Así que, en diferentes tipos de pasturas y regiones climáticas, los animales adoptan una estrategia apropiada para cambiar sus hábitos de pastoreo, modificando actividades tales como el tiempo de pastoreo, rumia y tiempo que permanecen echados (Ashutosh *et al.*, 2002). De acuerdo con Rutter (2006, estos cambios ocurren durante el día, ya que las ovejas de lana evitan pastorear durante las horas de la noche. Sin embargo, otros estudios han reportado que una cantidad significativa de pastoreo se realiza también durante las horas de la noche (Champion *et al.*, 1994). El acortamiento de los días y las diferentes razas (Dudzinski y Arnold, 1979) pueden estar involucrados en estos resultados contradictorios. Además de que, en el trópico, las temperaturas del día, particularmente en los meses de verano pudieran ser un factor que afecta los patrones de comportamiento de pastoreo en los animales, y tal vez inducir mayor actividad nocturna. Sin embargo, razas como la Santa Cruz se han adaptado a climas tropicales (Silva *et al.*, 2004) debido a su origen, y podrían ser tolerantes a las altas temperaturas, y de esta forma el tiempo de pastoreo no sería restringido por el estrés térmico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio fue llevado a cabo en el Centro Experimental de Desarrollo e Investigación Agropecuaria (CEDIA) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (FCA-UAEM), localizada a  $18^{\circ}37'N$  y  $99^{\circ}19'O$ , situada a 1873 msnm y con una precipitación y temperatura promedio anual de 800 mm y  $23^{\circ}C$ , con un clima subcálido subhúmedo (García, 1978). Se utilizaron diez hembras Santa Cruz no gestantes de seis meses de edad al inicio del experimento, con un peso promedio de  $32.8 \pm 5.1$  kg, las cuales fueron mantenidas juntas como grupo desde el destete (3 meses de edad). Todas las hembras fueron alojadas en una pradera de  $525 m^2$  de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), mantenida a una altura de 30 cm. Se realizó un pre ajuste de 15 días antes de registrar las observaciones para que los animales se habituaran al manejo y los observadores. Las hembras fueron marcadas en los flancos con número grandes para

facilitar su identificación. Las conductas fueron monitoreadas por dos observadores simultáneamente por observación directa (El Aich *et al.*, 2007) a una distancia no mayor a 3 m, cada 3 horas durante 20 minutos mediante muestreo focal (2 min/animal), durante tres días consecutivos de cada mes, en los periodos de 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, y 18:00 h, registrando cada conducta con la ayuda de un cronómetro, las cuales incluyeron: tiempo de pastoreo, echados y rumia (Goetsch *et al.*, 2010). Para comparar las actividades desplegadas por las ovejas entre los periodos de observación durante el día y entre los meses, se utilizó una prueba de ANOVA con dos factores de replicación sobre la proporción de tiempo que los animales pastoreaban, rumiaban, o descansaban. Las diferencias entre medias de cada variable fueron comparadas usando una prueba de “t”-Student. Se calculó el coeficiente de correlación de Pearson entre cada una de las variables conductuales, utilizándose los promedios de cada periodo de 3 horas de los tres días y las temperaturas ambientales correspondientes.

## RESULTADOS

La mayor ( $P < 0.05$ ) actividad de pastoreo se observó en septiembre ( $38.9 \pm 11.4$  min/h), mientras que mayo ( $27.1 \pm 14.3$  min/h) fue el mes con la mínima actividad. Además, la mayor actividad de rumia ( $P < 0.05$ ) se observó en mayo, agosto, octubre y diciembre ( $8.1 \pm 11.4$ ,  $8.5 \pm 12.0$ ,  $7.9 \pm 9.0$  y  $7.7 \pm 11.7$  min/h), siendo septiembre, febrero y abril los meses donde la menor actividad de rumia se observó ( $1.0 \pm 3.4$ ,  $1.8 \pm 4.8$  y  $1.3 \pm 4.2$  min/h, respectivamente). Finalmente, las ovejas invirtieron más tiempo ( $P < 0.05$ ) echadas durante mayo y diciembre ( $14.3 \pm 17.1$  y  $14.1 \pm 13.7$  min/h), mientras no se observó a las ovejas echadas durante septiembre (Figura 1).

Dentro de los días, la mayor actividad ( $P < 0.05$ ) de pastoreo fue observada a las 06:00, 12:00 y 18:00 h ( $34.9 \pm 12.0$ ,  $31.8 \pm 12.9$  y  $34.5 \pm 10.6$  min/h, respectivamente), mientras que las 09:00 y 15:00 h fueron los periodos con la menor actividad ( $P < 0.05$ ). Además, la mayor ( $P < 0.05$ ) actividad de rumia fue registrada a las 09:00 h ( $9.2 \pm 10.5$  min/h), mientras que los valores mínimos ( $P < 0.05$ ) correspondieron a las 18:00 ( $0.6 \pm 2.6$  min/h). Finalmente, las ovejas presentaron mayor ( $P < 0.05$ ) tiempo echadas a las 06:00, 09:00 12:00 y 15:00 h ( $5.4 \pm 12.8$ ,  $7.9 \pm 12.5$ ,  $5.7 \pm 11.0$  y  $6.4 \pm 11.2$  min/h, respectivamente) mientras que el tiempo mínimo ( $P < 0.05$ ) echadas se registró a las 18:00 h ( $0.5 \pm 3.0$  min/h) (Figura 2). Una correlación de -0.74 ( $P < 0.05$ ) se obtuvo entre las temperaturas ambientales y la actividad de pastoreo.

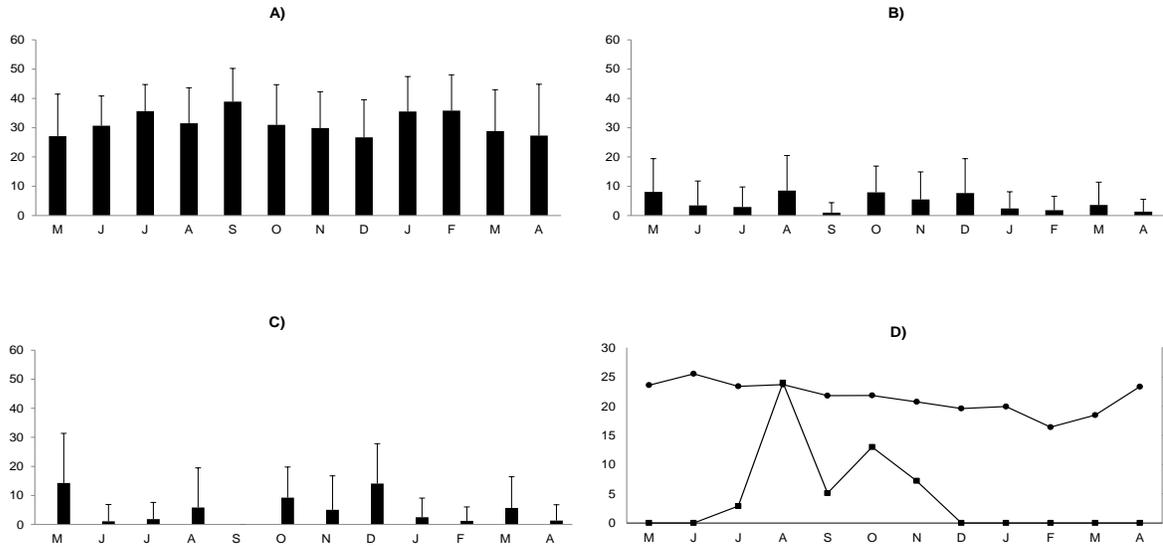


Figura 1. Promedio ( $\pm$ EE) de tiempo mensual de pastoreo (A), rumia (B) y echados (C) de ovinos Santa Cruz sobre pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) a lo largo del año, y su relación con la temperatura (D).

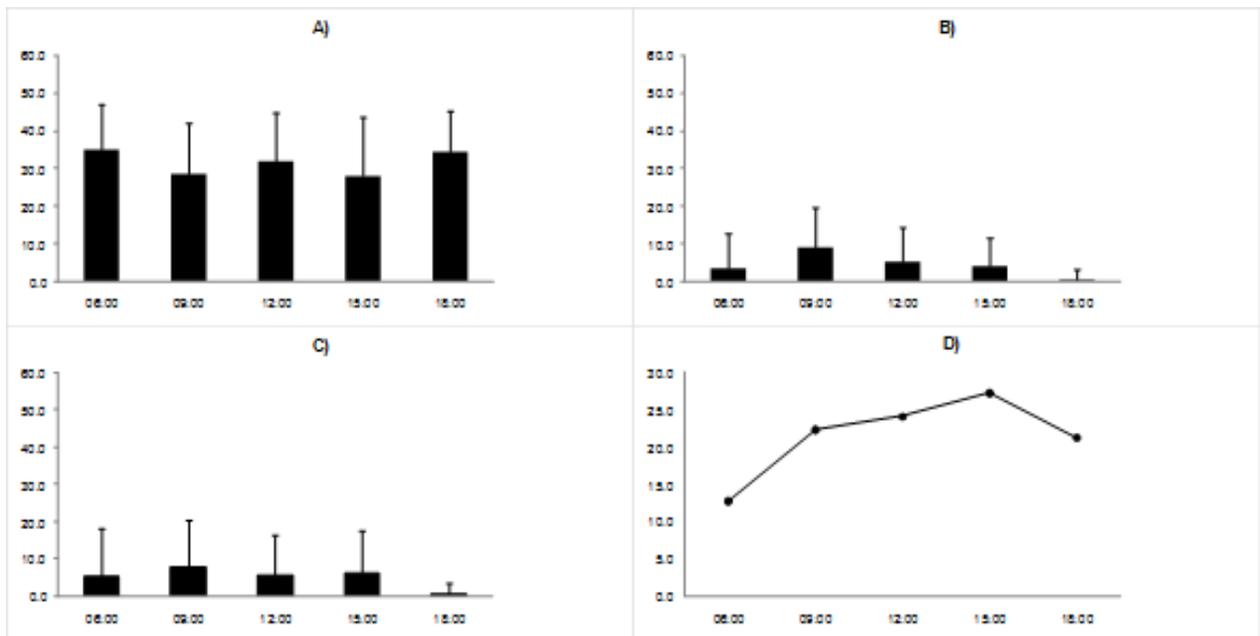


Figura 2. Promedio ( $\pm$ EE) de tiempo de pastoreo (A), rumia (B) y echados (C) de ovinos Santa Cruz sobre pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) durante observaciones diurnas a lo largo de un año, y su relación con la temperatura (D).

## DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados obtenidos al comparar los meses de observación, mayo fue el mes con la mínima actividad de pastoreo, mientras que septiembre fue el mes de mayor actividad. Existen hallazgos que difieren con los reportados para ovinos de lana, en donde se demuestra que el tiempo de pastoreo disminuye conforme la temperatura ambiental y el fotoperiodo incrementan (Ashutosh *et al.*, 2002). La diferencia en dichos resultados, puede

deberse a la adaptación por parte de la raza Santa Cruz a las altas temperaturas en comparación con la Rambouillet y sus cruza, que fueron las utilizadas en el estudio anteriormente mencionado. Además, se he demostrado que la estación del año puede generar efectos secundarios en el pastoreo, así como alteraciones en la calidad del forraje disponible e influir en la conducta de pastoreo (Provenza *et al.*, 1998). Sin embargo, en el presente estudio no se observó una clara tendencia en relación a un patrón mensual de pastoreo.

Por otra parte, existen trabajos con referencia a que el pastoreo de los animales se presenta alrededor del amanecer y al anochecer, por cerca de tres a cuatro horas, demostrando que un 25-48% del pastoreo se centra a estos periodos. Los resultados del presente estudio confirman lo antes mencionado, sin embargo, un tercer pico de pastoreo se registró a medio día, lo cual refuerza la idea de una alta tolerancia al calor por parte de las ovejas Santa Cruz. En relación con lo anterior, los tres periodos con alta actividad de pastoreo encontrados en el presente estudio arrojan intervalos de 6 h, los cuales difieren con los referidos en otro estudio en ovinos, ya que reportan intervalos de pastoreo en la actividad de pastoreo de 8 h (Rutter, 2006).

### CONCLUSIONES

Las ovejas Santa Cruz muestra un patrón en su conducta de pastoreo mensual a lo largo del año. Además, la raza Santa Cruz muestra una gran actividad de pastoreo al mediodía, denotando tener una gran tolerancia al calor.

### LITERATURA CITADA

- Osoro, K., Oliván, M., Celaya, R., Martínez, A. 1999. Effects of genotype on the performance and intake characteristics of sheep grazing contrasting hill vegetation communities. *Animal Science*, 69:419-426.
- Dunn, R.R., Haystad, K.M., Ayers, E.L. 1988. Grazing behavior responses of rangeland beef cows to winter ambient temperatures and age. *Applied Animal Behavior Science*, 21:201-207.
- Ashutosh, O., Dhanda, P., Singh, G. 2002. Changes in grazing behaviour of native crossbred sheep in different seasons under semi-arid conditions. *Tropical Animal Health and Production*, 34:399-404.
- Rutter, S.M. 2006. Diet preference for grass and legumes in free-ranging domestic sheep and cattle: Current theory and future application. *Applied Animal Behavior Science*, 97:17-35.
- Champion, R.A., Rutter, S.M., Penning, P.D., Rook, A.J. 1994. Temporal variation in grazing behavior of sheep and the reliability of sampling periods. *Applied Animal Behavior Science*, 42: 99-108.
- Dudzinski, M.L., Arnold, G.W. 1979. Factors influencing the grazing behavior of sheep in a Mediterranean climate. *Applied Animal Ethology*, 5: 125-144.
- Silva, A.M.A., Silva-Sobrinho, A.G., Trindade, I.A.C.M., Resende, K.T., Bakke, O.A. 2004. Food intake and digestive efficiency in temperate wool and tropic semi-arid hair lambs fed different concentrate: forage ratio diets. *Small Ruminant Research*, 55: 107-115.
- García, E. 1978. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 246.
- El Aich, A., El Assouli, N., Fathi, A., Morand-Fehr, P., Bourbouze, A. 2007. Ingestive behavior of goats grazing in the southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Ruminant Research*, 70:248-256.
- Goetsch, A.L., Gipson, T.A., Askar, A.R., Puchala, R. 2010. Invited review: Feeding behavior of goats. *Journal of Animal Science*, 88:361-373.
- Provenza, F.D., Villalba, J.J., Cheney, C.D., Werner, S.J. 1998. Self-organization of foraging behaviour: from simplicity to complex without goals. *Nutrition Research Reviews*, 11: 199-222.

# DISEÑO HIDROLÓGICO CON LINEA CLAVE Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN UN SISTEMA AGROSILVOPASTORIL

## HYDROLOGIC DESIGN (KEYLINE) EFFECTS ON FORAGE PRODUCTION IN A AGROSILVOPASTORAL SYSTEM

Ma. del Carmen Ponce-Rodríguez<sup>1</sup>, José Ángel Prieto-Ruiz<sup>2</sup>, Francisco Oscar Carrete-Carreón<sup>3</sup>, María Elena Pérez-López<sup>4</sup>, José de Jesús Muñoz-Ramos<sup>5</sup>, Osvaldo Reyes-Estrada<sup>3</sup>, Héctor Ramirez-Garduño<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango; <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango; <sup>3</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango; <sup>4</sup> Instituto Politécnico Nacional-Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Durango; <sup>5</sup> Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana; <sup>6</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional Norte-Centro.

### RESUMEN

Los pastizales en México ocupan aproximadamente 97,940.8 km<sup>2</sup>. En el estado de Durango cubren el 64% de la superficie estatal de uso potencial pecuario, dando sostén a la producción ganadera del país. Sin embargo, son considerados uno de los ambientes más amenazados de América del Norte, donde una de las principales causas es precisamente el sobrepastoreo. El objetivo de este trabajo, fue evaluar el efecto del diseño hidrológico con líneas clave sobre la producción de forraje en un sistema agrosilvopastoril en el Estado de Durango. Se evaluaron tres tratamientos, establecidos con respecto a su ubicación con las líneas de roturación del diseño hidrológico: 1.- En las líneas de roturación 2.- Entre las líneas de roturación y 3.- fuera de las líneas de roturación (área testigo sin diseño). El experimento se estableció con un diseño de completamente al azar. La variable analizada fue la producción de forraje. El diseño mostró un efecto positivo en la producción de forraje. El tratamiento evaluado en las líneas roturadas del diseño, superó estadísticamente ( $P < 0.05$ ) al establecido entre las líneas y al testigo con una producción de 962 kg ha<sup>-1</sup>, 642 kg ha<sup>-1</sup> y 301 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. Esto señala que el diseño hidrológico con línea clave tuvo un efecto positivo en la producción de forraje en el sistema agrosilvopastoril estudiado.

**Palabras clave:** Diseño hidrológico con línea clave, forraje, degradación, erosión.

### ABSTRACT

The grasslands in Mexico occupy approximately 97,940.8 km<sup>2</sup>. In the state of Durango they cover 64% of the state area of potential livestock use, giving support to the country's livestock production. However, they are considered one of the most threatened environments in North America, where one of the main causes is precisely overgrazing. The objective of this work was to evaluate the effect of hydrological design with key lines on forage production in an agrosilvopastoral system in the State of Durango. Three treatments were evaluated, established with respect to their location with the breakage lines of the hydrological design: 1.- In the breaking lines 2.- Between the breaking lines and 3.- out of the breaking lines (control area without design). The experiment was established with a completely randomized design. The variable analyzed was forage production. The design showed a positive effect on forage production. The treatment evaluated in the broken lines of the design, statistically exceeded ( $P < 0.05$ ) to that established between the lines and the control with a production of

962 kg ha<sup>-1</sup>, 642 kg ha<sup>-1</sup> and 301 kg ha<sup>-1</sup> respectively. This indicates that the hydrological design with a key line had a positive effect on forage production in the agrosilvopastoral system studied.

**Keywords:** Hydrologic design (keyline), forage, degradation, erosion.

## INTRODUCCIÓN

Los pastizales en México ocupan 97,940.8 km<sup>2</sup>, se localizan principalmente en el norte del país y en las partes altas de las sierras. En el estado de Durango cubren el 64% de la superficie estatal de uso potencial pecuario (INEGI, 2015). Sin embargo, son considerados uno de los ambientes más amenazados de América del Norte, en su mayoría por actividades humanas. De acuerdo a SEMARNAT (2019), la producción ganadera se practica en todos los estados de la república mexicana (aproximadamente 110 millones de hectáreas) con intensidad excesiva, que perjudica al 95% de los pastizales naturales que crecen en el norte árido del país, donde el nivel de sobrepastoreo para el estado de Durango es 36 al 54%. Un pastizal sobrepastoreado significa desolación, erosión, y ganado desnutrido. Así, el mal manejo ganadero impide el buen desarrollo y la reproducción de las especies vegetales más nutritivas y apetecidas por el ganado. Al mismo tiempo, los pastizales son afectados por los incendios, de acuerdo a CONAFOR (2019) en este año, han afectado una superficie de 599,013 hectáreas, de éstas, 38,738 corresponden a Durango, posicionándolo en el segundo lugar de superficie dañada. Así, estimaciones acentúan una pérdida anual de la vegetación natural que va de 0.01 a 0.25%. Estas condiciones llevan a la degradación de la cubierta vegetal y suelo que, además, afecta negativamente la disponibilidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Lo que conduce a ecosistemas susceptibles, promoviendo la pérdida de biodiversidad, estabilidad y resiliencia (Senra 2009; SEMARNAT, 2019). El gobierno federal a través del INIFAP, ha promovido estrategias que permitan garantizar la conservación del capital natural nacional, con programas que tratan de mejorar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales con el objetivo de evitar que se sobrepasen los niveles de recuperación de los recursos naturales o su capacidad de carga ante una actividad dada, lo que garantiza su extracción y existencia a largo plazo. Aplican prácticas de manejo de pastizales para su recuperación y conservación tales como: siembra de especies nativas e introducidas, exclusión al pastoreo de áreas degradadas, uso de sistemas de pastoreo y el ajuste de carga animal, entre otros (INIFAP, 2019). Igualmente se promueven obras para la captación de agua en tierras de pastoreo, para disminuir los escurrimientos superficiales y aumentar la producción de forraje como: pozas, bordos de nivel, surcado sencillo a nivel, surcado doble a nivel. La implementación de este tipo de obras, en áreas forrajeras con baja producción, pueden incrementar la producción de forraje disponible (Gutiérrez *et al.*, 2014). Otra técnica empleada desde los años 50's para regeneración de suelo y cosecha de agua es el diseño hidrológico con líneas clave. Para implementar este sistema, es necesario conocer la topografía del terreno y definir las líneas a nivel que pueden ayudar a detener la velocidad del agua y conducirla de las vertientes a las laderas en todo el terreno (línea clave), una vez seleccionadas son marcadas en el terreno y sirven como guía para el laboreo de la tierra en parcelas agropecuarias y forestales. De acuerdo a Gras, 2002, este diseño, reduce la velocidad de la escorrentía, y con ello la erosión y pérdida de nutrientes, favoreciendo así el crecimiento de la vegetación, sin embargo, se encuentra poca información científica al respecto. El objetivo fue evaluar el efecto del diseño hidrológico con líneas clave

sobre la producción de forraje en un sistema agrosilvopastoril en el estado de Durango. La hipótesis que se planteó es que las áreas inmediatas al laboreo del diseño hidrológico, tienen mayor producción que en las áreas sin diseño.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Ubicación del área de estudio**

La investigación se realizó en el paraje Tres Molinos, ubicado en el Ejido El Nayar, municipio de Durango, a 20 km al suroeste de la Ciudad de Durango, México. El sitio se ubica en las coordenadas geográficas 23°50'55.73 N y 104°46'13.37 O, a una altitud de 2,304 m.

### **Preparación del sitio**

En el mes de agosto de 2016 se realizó el diseño hidrológico según la metodología descrita por Gras (2002). Se hizo el levantamiento y plano topográfico del sitio, sobre este, se consideró las líneas clave y se hicieron ajustes en ellas, para asegurar que el agua se distribuyera en toda el área, desde las vertientes a las laderas y posteriormente se trazaron surcos paralelos sobre y debajo de ella, a tres metros de distancia, hasta cubrir el área total del tratamiento. Posteriormente, el replanteo del diseño en campo se hizo con apoyo de mangueras de nivel y el trazó de los surcos con un roturador agrícola. En el área testigo no se hizo preparación alguna al terreno.

### **Plantación**

La plantación se estableció en septiembre de 2016, a una densidad de 1,600 plantas ha<sup>-1</sup>, en el área del diseño los pinos se plantaron sobre el surco hecho por el roturador. Mientras que en el área del testigo se realizó en cepa tradicional con diseño a tres bolillo, con un espaciamiento de dos metros de distancia entre pinos.

### **Tratamientos**

Como tratamientos, se definieron tres puntos con respecto a las a líneas del roturador: 1. En las líneas de roturación del diseño hidrológico 2. Entre las líneas de roturación del diseño hidrológico (a una distancia de 1.5 m.) y 3. Fuera de las líneas de roturación (área testigo sin diseño hidrológico), cada tratamiento se realizó por triplicado. El experimento se estableció con un diseño de completamente al azar.

### **Evaluación**

La variable dependiente registrada fue la producción de fitomasa aérea. Se cortó el forraje en verano del 2017 a ras de suelo dentro de un cuadrante de 0.5m<sup>2</sup>; se tomaron seis muestras aleatorias por tratamiento. Se pesaron y secaron las muestras en una estufa de aire forzado a 55 °C por 48 h hasta peso constante. Con estos datos se determinó el peso seco en kg ha<sup>-1</sup>. Finalmente, se determinó el peso seco y producción, y se extrapoló a kilogramos por hectárea.

### **Análisis estadístico**

Los datos, se sometieron a un análisis de normalidad Shapiro-Wilk ( $P > 0.05$ ), posteriormente se les realizaron análisis de varianza y se realizó la comparación de medias con la prueba de Duncan ( $P < 0.05$ ). Los análisis estadísticos se realizaron mediante el uso del programa SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al Cuadro 1, las tres condiciones evaluadas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). El tratamiento valorado en las líneas del diseño, supero con  $301 \text{ kg ha}^{-1}$ , al ubicado entre las líneas y con  $642 \text{ kg ha}^{-1}$ , al testigo.

Esto señala que la presencia del diseño favoreció la producción de fitomasa aérea en los tratamientos cercanos a éste, testificando lo descrito por Gutiérrez et al. (2014), la implementación de este tipo de obras, en áreas forrajeras con baja producción ( $85 \text{ Kg de MS ha}^{-1}$ ), pueden incrementar la producción hasta  $1,000 \text{ kg ha}^{-1}$  de forraje disponible, con coeficientes de agostadero de 45 a 7 ha  $\text{UA}^{-1}$ , respectivamente (Gutiérrez *et al.*, 2014).

Cuadro 1.- Producción de forraje en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Forraje (Kg ha <sup>-1</sup> )
Sobre líneas roturadas del Diseño	962 <sup>a</sup>
Entre las líneas roturadas del diseño	661 <sup>b</sup>
Fuera de las líneas del diseño	352 <sup>c</sup>

Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con prueba de rangos múltiples de Tukey ( $P < 0.05$ ).

Por su parte, Gras (2012), Strohmeier *et al.* (2015) y Klik *et al.* (2017), describen que la acentuación en la producción de forraje, puede ser por al aumento de humedad en el terreno. Explican que el diseño modifica las condiciones hidrológicas, al interrumpir la pendiente, reduce el escurrimiento superficial, aumenta el tiempo de infiltración y por ende se extiende temporada de crecimiento de la vegetación, aun después de la temporada de lluvias. Otro aspecto importante es que la roturación del diseño remueve y retiene semillas arrastradas por las escorrentías, lo que convierte el espacio en un banco natural de semillas (Gutiérrez, 2014).

Igualmente, la Cuadro 1, muestra que la producción de forraje disminuye en el tratamiento ubicado entre las líneas roturadas del diseño, de acuerdo a Ponce-Rodríguez *et al.* (2019), la implementación de estructuras a nivel, favorece la producción de fitomasa en las áreas más cercanas a estas. Mientras que el tratamiento testigo presenta cifras inferiores a los otros, esto puede ser debido al deterioro que ha sufrido el área, por el sobrepastoreo, aunque debe considerarse que el área tiene un año sin pastar.

Se espera que, en un corto plazo, el efecto del diseño hidrológico tenga un efecto positivo en la disponibilidad y la calidad de las aguas superficiales y subterráneas (Jafer, 2018). Lo que favorece al pastizal y ecosistema en general, promoviendo su recuperación.

## CONCLUSIONES

El diseño hidrológico con línea clave mostró un efecto positivo en la producción de forraje, especialmente en las áreas cercanas a los surcos marcados, superando al testigo.

## LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional Forestal. CONAFOR. 2019. Reporte Semanal Nacional de Incendios Forestales. Publicado en:  
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/495330/Reporte\\_del\\_01\\_de\\_enero\\_al\\_19\\_de\\_septiembre\\_de\\_2019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/495330/Reporte_del_01_de_enero_al_19_de_septiembre_de_2019.pdf)
- Gras Eugenio. 2012. Cosecha de agua y tierra. Diseño con Permacultura. Ediciones Ecohabitar, Visiones Sostenibles S.L. España. p. 240.
- Gutiérrez, R. E., Sierra, T. J. S. and Ramírez, G.H.2014. Obras para la captación de humedad en tierras de pastoreo. Folleto técnico para para productores núm. 17. Campo experimental La Campana, CIRNOC. INIFAP: Aldama, Chihuahua, México. ISBN: 978-607-37-0305-5
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI. 2015. Cuéntame. Pastizal. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación escala 1:250 000, serie V. Publicado en:  
<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/vegetacion/pastizal.aspx?tema=T>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. INEGI. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Durango 2017. Publicado en: [https://datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/DGO\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/DGO_ANUARIO_PDF.pdf)
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 2019. Desarrolla INIFAP tecnologías para la recuperación y protección de suelo agrícola.  
<https://www.gob.mx/inifap/articulos/desarrolla-inifap-tecnologias-para-la-recuperacion-y-proteccion-de-suelo-agricola?idiom=es>
- Jafer, M.A. 2018. Analysis gender role and factors affecting soil and water conservation adoption in Kersa Districts of Eastern Hararghe Zone, Ethiopia: the case of Fanya juu, soil and stone bund measure. IJASRT, 8, 49-58. Disponible en Línea <http://ijasrt.iau-shoushtar.ac.ir/art...> (consultado en 25-05-2019)
- Klik, A., Schürz, C., Strohmeier, S., Demelash, N.M., Ziadat, F., Schwen, A. and Zucca, C. 2017. Impact of stone bunds on temporal and spatial variability of soil physical properties: A field study from northern Ethiopia. Land Degrad Dev. 29, 585–595. doi: 10.1002/ldr.2893.
- Ponce-Rodríguez, M.C., *et al.* 2019. Influence of Stone Bunds on Vegetation and Soil in an Area Reforested with *Pinus engelmannii* Carr. in the Forests of Durango, Mexico. Sustainability 2019, 11, 5033.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. SEMARNAT. 2019. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Ecosistemas Terrestres.  
<https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/cap2.html>.
- Senra, A. 2009. Impacto del manejo del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. AIA. 13. Disponible en línea: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83712256001>> ISSN 0188-7890 (Consultado en 21-05-2019)
- Strohmeier, S., Rieder, J., Kaltenleithner, M., Demelash, N., Guzmán, G., Ziadat, F. and Klik, A. Using magnetite tracer to evaluate a novel plot experimental design for the assessment of soil and water conservation impacts of stone bunds in Ethiopia. EGU 2015, 17. Disponible en línea:[https://www.researchgate.net/publication/272816183\\_Using\\_cemagnetite\\_tracer\\_to\\_evaluate\\_a\\_novel\\_plot\\_experimental\\_design\\_for\\_the\\_assessment\\_of\\_soil\\_and\\_water\\_conservation\\_impacts\\_of\\_stone\\_bunds\\_in\\_Ethiopia](https://www.researchgate.net/publication/272816183_Using_cemagnetite_tracer_to_evaluate_a_novel_plot_experimental_design_for_the_assessment_of_soil_and_water_conservation_impacts_of_stone_bunds_in_Ethiopia) (Consultado en 17-06-2019)



ability to balance crown area ( $0.0729 \text{ m}^2 \text{ plant}^{-1}$ ) and tiller appearance and death ( $15.45; 7.675 \text{ tiller plant}^{-1}$ ), resulting in higher MS yield and rapid regrowth.

**Keywords:** *Cenchrus purpureus*, tiller dynamics, crown area, forage yield.

## INTRODUCCIÓN

En gramíneas (Poacea) la unidad básica de crecimiento es el macollo; en conjunto, por unidad de superficie forman una población; por tanto, una pradera puede ser vista como una población de macollos (Matthew, 1996). Un aumento en la población de macollos significa mayor persistencia y producción de forraje (Matthew *et al.*, 1995). En una pradera, la densidad de macollos por unidad de área es variable según las condiciones ambientales, manejo de corte/pastoreo, fertilización y estación del año (Hernández *et al.*, 1997). La persistencia y el rendimiento de una pradera está determinada por el efecto combinado del patrón estacional de aparición y muerte de macollos, por lo que la acumulación de materia seca (MS) a través del año, depende del equilibrio entre la densidad y el número de los macollos, balance afectado por la frecuencia e intensidad de defoliación que determina las reservas de CHOs no estructurales (Hernández *et al.*, 1999). La aparición y muerte de macollos también está influenciada por el área de corona del genet, los estudios de la influencia de esta variable en el rendimiento de MS son escasos. Diversas variedades de *C. purpureus* se han introducido a México para satisfacer las demandas de forraje en épocas de sequía, en el trópico; sin embargo, aún no se cuenta con criterios sobre el mejor balance entre aparición y muerte de macollos y área de corona, que permita inferencias sobre la productividad, para su mejor manejo y posibilitar la selección sólida de materiales vegetales promisorios. El **objetivo** de esta investigación fue estudiar el comportamiento de aparición y muerte de macollos, comportamiento del área de corona, y rendimiento de MS, en cinco variedades de *C. purpureus*: Maralfalfa, Taiwan morado, Taiwan A-144, CT-115 y OM-22, con cortes a 1 m de altura y 30 cm de forraje remanente, con densidad de 60, 000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , en el estado de Nayarit, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sitio experimental “El Verdineño”, situado en Santiago Ixcuintla, Nayarit, México ( $21^{\circ}42' 9.60$  latitud N y  $105^{\circ} 07' 5.58$  longitud W), 50-70 msnm, clima cálido sub húmedo, con lluvias en verano (Figura 1), temperatura media de  $22^{\circ}\text{C}$  y precipitación de 1200 mm anuales. Se tomaron muestras de suelo del sitio experimental y se analizaron cuatro muestras compuestas de cada una de dos profundidades 0-30 cm y 30-60 cm. Los resultados mostraron que el SE “El Verdineño” posee un suelo arcilloso, con pH ligeramente ácido, sin la presencia de salinidad, fertilidad media, contenido medio de materia orgánica y drenaje eficiente (Cuadro 1).

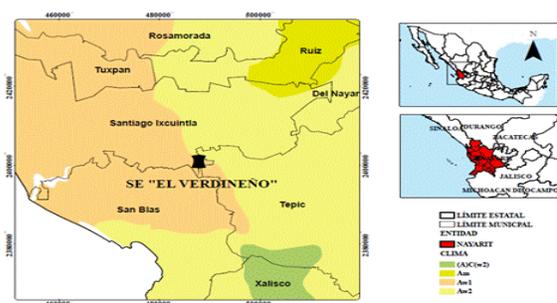


Figura 1. Ubicación geográfica y tipo climático del Sitio experimental El Verdineño, Santiago Ixcuintla; Nayarit, México

Cuadro 1. Resultados del análisis físico - químico de suelo del SE “El Verdineño”, para el sitio de estudio.

Sitio	Profundidad Cm	pH	C.E dS m	MO %	N. mg kg	P mg kg	K mg kg	DA. Gm	Textura
Nayarit	0-30	6.06	0.14	2.63	8.75	19.61	592	1.09	Arcilla
Nayarit	30-60	7.09	0.10	2.39	10.50	8.15	450	1.15	Arcilla

pH= Potencial de Hidrógeno, CE= Conductividad e<sup>-</sup>, DA= Densidad Aparente.

El experimento se estableció en diciembre de 2017, en parcelas de 6 x 10 m<sup>2</sup>, tres repeticiones, bajo un diseño experimental completamente al azar y densidad de 60,000 plantas ha<sup>-1</sup>; con cinco variedades de *C. purpureus*: Taiwán A-144, Taiwán morado, Maralfalfa, OM-22 y CT-115, todas establecidas con material vegetativo. Se contó con riego de apoyo durante un mes. Se fertilizaron los tres sitios a dosis única (N-P-K; 40-40-00). El muestreo se inició con cortes de homogenización y posteriormente, los cortes se realizaron cuando las plantas alcanzaron 1 m de altura, tomando en cuenta a la primera variedad que obtuviera el metro sin importar la altura de las otras y dejando una altura de forraje remanente de 30 cm. Las evaluaciones abarcaron un periodo de 11 meses (mayo 2018- marzo 2019). Las variables evaluadas incluyeron, Rendimiento de MS por corte (RMSC) y Rendimiento de MS acumulada (RMSA). La MS cosechada se pesó en balanza electrónica de alta precisión (15 kg ± 0.05 g) y se secaron a temperatura constante de 60 °C en estufa de aire forzado, durante 72 horas; posteriormente, los valores se extrapolaron a MS ha<sup>-1</sup>.

La evaluación de la aparición de macollos nuevos (TNU) y macollos muertos (TMU), se realizó por el método de anillado. En cada corte se contaron los macollos nuevos asignándole un color, las cuales fueron diferentes en cada corte, a la vez se contaban los macollos muertos separando debidamente a los colores que pertenecieron. Área de corona (ACOR): se realizó mediante fotografías, en cada corte se tomaron fotos de la corona, colocando una tarjeta a su costado como referencia con un área conocida de (25.75 cm<sup>2</sup>), las fotos fueron tomadas a una misma altura de 70 cm y a nivel y de forma estandarizada. Estas fotos se imprimieron y se recortó cada imagen de corona al igual que la referencia y, los recortes de papel, se pasaron por integrador de área foliar LI-COR modelo 3100 (área en cm<sup>2</sup>). Con el valor de área de referencia de la foto y el valor real, se hicieron los cálculos (regla de tres simple) y se determinó el área de la superficie de la corona por planta los datos en cm<sup>2</sup> se transformaron a m<sup>2</sup>; en base a esto, se determinó el área de suelo cubierto (ASCUB) y área de suelo desnudo (ASDES). En el sitio experimental ocurren lluvias en verano con diferencias en cantidad y distribución 1300 mm, junio-octubre y las temperaturas bajan en los meses de invierno (Figura 2). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo en medidas repetidas, con un sub muestreo de cuatro repeticiones (plantas) por parcela, los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.4, con PROC GLM. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (P< 0.05).

## RESULTADOS.

Durante el tiempo de estudio se realizó nueve cortes, estos fueron definidos por la altura y la capacidad de rebrote de las plantas en función del clima y condiciones de crecimiento, los mejores rendimientos por corte se obtuvieron en los meses lluviosos y se redujeron en los meses con precipitaciones bajas en las cinco variedades (Fig. 3).

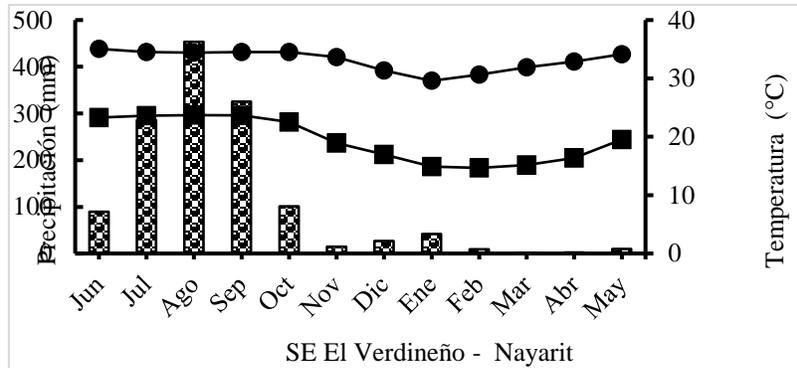


Figura 2. Temperatura máxima y mínima media y precipitación acumulada mensual, en el sitio experimental “El Verdineño”, Nayarit. Datos obtenidos de las normales climatológicas (1951-2010).

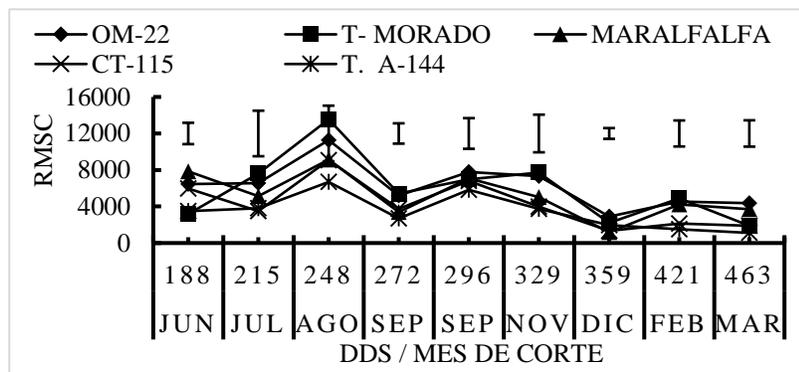


Figura 3. Rendimiento de materia seca por corte (RMSC kg ha<sup>-1</sup>), en cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, en el estado de Nayarit, México. Las barras indican DMS por corte (Tukey, P<0.05).

Maralfalfa mostró diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para macollos nuevos (TNU), macollos muertos (TMU), área de corona (ACOR) y área de suelo cubierto (ASCUB; Cuadro 2); mientras que Taiwán 144, mostró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para área de suelo desnudo (ASDES). Las variedades OM-22 y Taiwán morado mostraron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en rendimiento de MS por corte (Cuadro 2); sin embargo, solo OM-22 mostró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en rendimiento de MS acumulada (Cuadro 2). Maralfalfa es la variedad que más macollos nuevos produce y, similarmente más macollos muertos presenta, al igual que la expansión de área de corona; sin embargo, esto no repercutió en el rendimiento de MS; por otra parte, la variedad OM-22 mostró el mayor rendimiento de MS, lo que puede relacionarse al área de corona; la cual, se mantiene uniforme y con baja mortandad de macollos, a diferencia de Maralfalfa y Taiwan Morado que se expanden fácilmente a los costados y con mortandad de macollos al centro de la corona; lo que, posteriormente queda como suelo desnudo.

Cuadro 2. Comportamiento de atributos forrajeros de cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morr., evaluados en el trópico de Nayarit (mayo, 2017 – marzo, 2018).

VARIEDAD	TNU	TMU	ACOR	ASCUB (%)	ASDES (%)	RMSC	RMSA
OM-22	15.45 <sup>bc</sup>	7.68 <sup>c</sup>	0.073 <sup>bc</sup>	43.79 <sup>bc</sup>	56.20 <sup>bc</sup>	6.08 <sup>a</sup>	56.4 <sup>a</sup>
T. Morado	18.35 <sup>ab</sup>	11.08 <sup>b</sup>	0.089 <sup>ab</sup>	53.54 <sup>ab</sup>	46.45 <sup>cd</sup>	5.53 <sup>a</sup>	53.4 <sup>ab</sup>
MARALFALFA	21.85 <sup>a</sup>	18.70 <sup>a</sup>	0.096 <sup>a</sup>	57.42 <sup>a</sup>	42.58 <sup>d</sup>	5.04 <sup>ab</sup>	46.7 <sup>ab</sup>
CT-115	18.43 <sup>ab</sup>	9.65 <sup>bc</sup>	0.068 <sup>cd</sup>	40.52 <sup>cd</sup>	59.47 <sup>b</sup>	4.04 <sup>bc</sup>	38.5 <sup>ab</sup>
T. A-144	11.68 <sup>c</sup>	8.43 <sup>bc</sup>	0.050 <sup>e</sup>	29.71 <sup>e</sup>	70.29 <sup>a</sup>	3.19 <sup>bc</sup>	30.8 <sup>b</sup>

<sup>a - e</sup> Diferente literal minúscula, en la misma columna, indica diferencias (**Tukey**;  $P < 0.05$ ). Aparición de macollos nuevos (TNU), macollos muertos (TMU), área de corona (ACOR), área de suelo cubierto (ASCUB), área de suelo desnudo (ASDES), rendimiento de MS por corte (ton ha<sup>-1</sup>; RMSC) y rendimiento de MS acumulado (RMSA; ton ha<sup>-1</sup>),

La aparición de macollos se reduce en los meses con precipitaciones bajas y aumenta la muerte de macollos. Sin embargo, OM-22 mostró diferencia de producción de MS en las épocas con precipitaciones bajas, debido a que la muerte de macollos es inferior a aquel de otras variedades, (Fig. 3); similarmente, mostró valor menor de área de suelo cubierto, en comparación con Maralfalfa y Taiwan morado. La variedad OM-22 puede mejorar su producción de MS aumentando la densidad de plantas por ha<sup>-1</sup> y reduciendo el área de suelo desnudo.

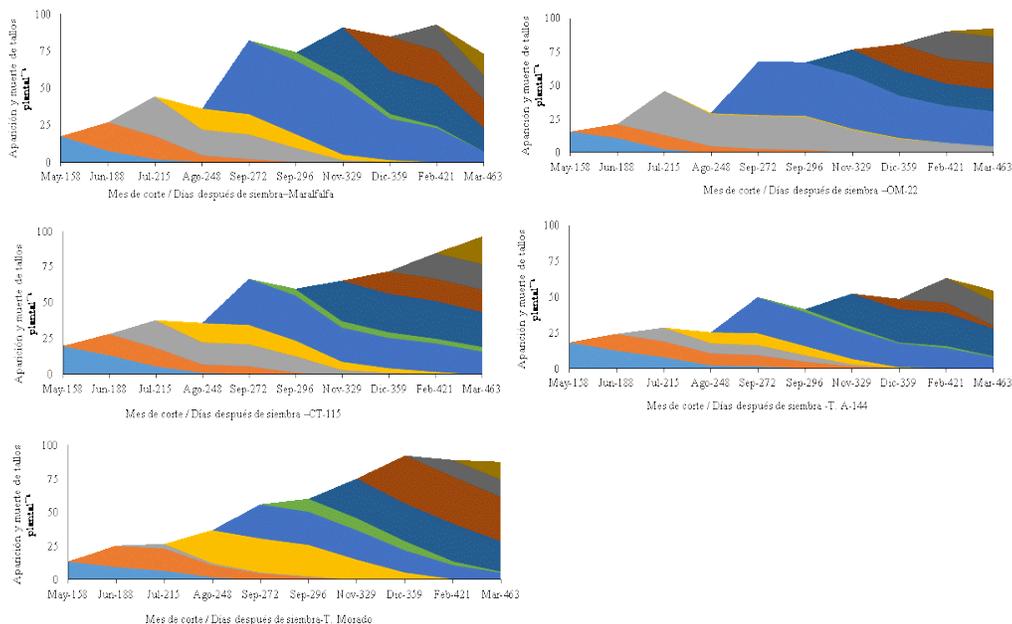


Figura 3. Dinámica de aparición y muerte de macollos de mayo 2018 – marzo 2019, en cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, con cortes 1 m de altura y 30 cm de forraje remanente. En el estado de Nayarit, México.

## CONCLUSIÓN

La variedad OM-22 tiene la capacidad de mantener en equilibrio el área de corona y a la vez la aparición y muerte de macollos; lo cual significa que la planta puede alcanzar mayor rendimiento de MS y rápido rebrote. OM-22 podría incrementar su producción de MS a mayor densidad de plantas por hectárea y reducir el área del suelo desnudo.



## ÍNDICES DE CRECIMIENTO EN VARIEDADES *Cenchrus purpureus* (SCHUM.) MORRONE

### GROWTH INDEXES FOR *Cenchrus purpureus* (SCHUM.) MORRONE VARIETIES

Abieser Vázquez-González<sup>1</sup>, Adrián Raymundo Quero-Carrillo<sup>1</sup>, Cándido López-Castañeda<sup>1</sup>, Mario Antonio Cobos- Peralta<sup>1</sup> Manuel Silva-Luna<sup>2</sup>, José Francisco Villanueva-Ávalos<sup>2</sup>, Javier Francisco Enríquez-Quiroz<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> COLPOS-Montecillo. <sup>2</sup>INIFAP: SE Costa de Jalisco, <sup>2</sup>SE “El Verdineño”, <sup>2</sup>CE La Posta.

\*Autor para correspondencia. [queroadrian@colpos.mx](mailto:queroadrian@colpos.mx)

#### RESUMEN

Recursos genéticos de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, se introducen a sistemas ganaderos del trópico de México; lo anterior, para la disponibilidad de forraje en temporadas de sequía y estos carecen de estudios relacionados con su crecimiento. El objetivo del trabajo fue evaluar los índices de crecimiento y digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS), en cinco variedades de *C. purpureus*: OM-22, Taiwán morado, Maralfalfa, CT-115 y Taiwán A-144, con cosecha de forraje a 1 m de altura, 30 cm de forraje remanente y dos densidades: 60, 000 y 120, 000 plantas ha<sup>-1</sup>, en regiones de trópico sub-húmedo de México: Nayarit, Jalisco y Veracruz. La siembra se realizó en diciembre 2017 (60 000) y mayo–junio 2018 para (120 000), en los tres sitios, en parcelas de 6 x 10 m, con arreglo experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y Tukey (p<0.05) para comparación de medias. La evaluación se realizó de mayo 2018 a marzo 2019. En Nayarit, OM-22 mostró diferencia (P < 0.05) en AF, 17 290 cm<sup>2</sup>; IAF, 10.37; TAC, 0.38219 g d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>; en densidad baja. Similarmente en Jalisco AF: 13 454 cm<sup>2</sup>; IAF, 8.07; TAC, 0.2781 g d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>. En Veracruz, OM- 22 mostró diferencias en AF, 10 413 cm<sup>2</sup>; CAF, 174.824 cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>; AFE, 0.02074 cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>; CPSH, 0.842, planta<sup>-1</sup>, en densidad baja. En DIVMS OM-22 fue mejor con 60%. OM – 22 mostró ser excelente opción para su utilización en sistemas ganaderos y mejorar la rentabilidad y eficiencia de producción el trópico de México, particularmente en los estados evaluados.

**Palabras clave:** *Cenchrus purpureus*, índices de crecimiento, digestibilidad del forraje.

#### ABSTRACT.

*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone genetic resources have been introduced to livestock production systems into tropical Mexico for forage supply during dry seasons, and studies related to its growth are scarce. The objective was to evaluate both *in vitro* digestibility (DIVMS) and growth indexes for forage production for five varieties of *C. purpureus*: OM-22, Taiwanese morado, Maralfalfa, CT-115, and Taiwan A-144. Evaluated forage harvesting height was 1 m and 30 cm of remaining fodder (stubble) under plant densities scheme: 60, 000 and 120, 000 plants ha<sup>-1</sup>, and sub-humid tropical conditions of Mexico: Nayarit, Jalisco and Veracruz. Plants were established during December 2017 (60,000) to May –June 2018 (120,000), for all considered sites, with 6 x 10 m plots under a completely randomized design, four repetitions, and Tukey (p < 0.05) as means comparison procedure. Forage evaluations were conducted from May 2018 to March 2019. In Nayarit, OM-22 showed differences (P < 0.05) for AF, 17 290 cm<sup>2</sup>; IAF, 10.37; TAC, 0.38219 g d<sup>-1</sup>, plant<sup>-1</sup> for low plant density. Similarly in Jalisco AF, 13 454 cm<sup>2</sup>; IAF, 8.07; TAC, 0.2781 g d<sup>-1</sup>, plant<sup>-1</sup>). In Veracruz OM-22 showed differences respect to AF, 10 413 cm<sup>2</sup>; CAF, 174.824 cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>; AFE, 0.02074 cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup>; CPSH: 0.842, plant<sup>-1</sup>, under low density. Regarding DIVMS, OM-22 showed the

highest (60%). OM - 22 proved to be an excellent option for livestock tropical production systems to improve profitability and herd efficiency into mexican tropics, particularly for evaluated states.

**Keywords:** *Cenchrus purpureus*, growth indexes, forage digestibility.

## INTRODUCCIÓN

*Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, también conocido como Elefante o Taiwán, es uno de los cultivos forrajeros tropicales más importantes en la ganadería tropical y ampliamente utilizado en sistemas de alimentación de corte-pesebre y pastoreo (Lukuyu *et al.*, 2012). Esta especie posee muchas características favorables: alto rendimiento de materia seca (MS), tolerancia a sequía y alta eficiencia en uso de agua (Kabirizi *et al.*, 2015). Los usos de este pasto prometen beneficiar sustancialmente las cadenas de valor de la ganadería en el trópico de México. Las variedades disponibles en México apenas se han estudiado con respecto a las características agronómicas o morfológicas (Rueda *et al.*, 2016). Sin embargo, aún no se cuenta con criterios de índices de crecimiento, información que puede permitir nuevas inferencias de productividad para identificar adaptaciones morfológicas y fisiológicas a diferentes condiciones edafoclimáticas y, dentro de estas respuestas, posibilitar la selección sólida de materiales vegetales promisorios. Sin embargo, también es necesario determinar la digestibilidad del, para estimar la eficiencia en la MS que el ganado aprovecha. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar los índices de crecimiento y digestibilidad *in vitro* en cinco variedades de *C. purpureus*: OM-22, Taiwán morado, Maralfalfa, Taiwán A-144 y CT-115, con cortes a 1 m de altura y 30 cm de forraje remanente (rastrojo), utilizando dos densidades de siembra: 60, 000 y 120, 000 plantas ha<sup>-1</sup>), en tres regiones de trópico subhúmedo de México: Nayarit, Jalisco y Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en diversos sitios experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP): CE “La Posta”, Veracruz. SE “El Verdineño”, Nayarit. SE “Costa de Jalisco”, Jalisco; México (Cuadro 1), bajo condiciones de pH ligeramente ácido, sin salinidad, contenido medio de materia orgánica y drenaje eficiente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Ubicación y condiciones climáticas de los sitios de investigación (Köppen; modificado por (García, 2004).

Localidad	Ubicación		MSN	Clima	P(mm)	T (°C)
	Latitud N	Longitud O				
El Verdineño-Nayarit	21° 42' 9.60	105° 07' 5.58	60	Aw1	1200	22
Costa de Jalisco-Jalisco	19° 31' 13.5	104° 32' 6.35''	298	Aw2	1100	22
La Posta-Veracruz	19° 01' 0.56	96° 08' 13.65	16	Aw2	1461	22

Cuadro 2. Análisis físico-químico del suelo de los tres sitios experimentales.

Sitio	Profundidad Cm	pH	C.E dS m	MO %	N. mg kg	P mg kg	K mg kg	DA. Gm	Textura
Jalisco	30-60	7.02	0.13	1.08	12.05	15.82	110	1.07	Franco Arcillo Limoso
Nayarit	0-30	6.06	0.14	2.63	8.75	19.61	592	1.09	Arcilla
Nayarit	30-60	7.09	0.10	2.39	10.50	8.15	450	1.15	Arcilla
Veracruz	0-30	6.79	0.11	1.91	10.50	21.24	402	1.31	Franco Arcillo Arenoso
Veracruz	30-60	4.55	0.06	1.56	10.50	2.52	144	1.3	Franco Arcillo Arenoso

pH= Potencial de Hidrógeno, CE= Conductividad e<sup>-</sup>, DA= Densidad Aparente.

El experimento se estableció en diciembre de 2017 con densidad baja ( 60, 000 plantas ha<sup>-1</sup>), mayo-junio 2018 respectivamente para densidad alta (120, 000 plantas ha<sup>-1</sup>). Se evaluaron cinco variedades de *C. purpureus*: Taiwán A-144, Taiwán morado, Maralfalfa, OM-22 y CT-115, sembradas con material vegetativo proporcionado del SE “Costa de Jalisco”, con disponibilidad de riego durante un mes. Se fertilizó a dosis única (N, P, K; 40-40-00). Se inició con corte de homogenización y los cortes experimentales se realizaron durante 11 meses: mayo 2018- marzo 2019, cuando la primera variedad alcanzó 1m de altura, sin importar la altura de otras, dentro de sitio; se dejó por corte, 30 cm de forraje residual. Se realizó separación de componentes de MS cosechada: pseudotallo, hoja y material muerto) y se pesó con balanza de precisión 15 kg ± 0.05 g. Se tomaron muestras de 200 g por componente, se secaron a 60 °C por 72 horas y se determinó peso seco como base para determinar índices de crecimiento. El área foliar se determinó con integrador de LI-COR-3100. El Índice de área foliar (IAF), Tasa absoluta de crecimiento (TAC), Tasa relativa de crecimiento (TRC), Tasa de asimilación neta (TAN), Área foliar específica (AFE) y Cociente de área foliar, se calcularon por fórmulas instantáneas (Hunt, 2003; Cuadro 3). A muestras provenientes de Nayarit se les determinó DIVMS (Tilley and Terry, 1963; Laboratorio de Microbiología Ruminal y Genética Microbiana). Se utilizó diseño completamente al azar con arreglo en medidas repetidas, los datos se analizaron con SAS 9.4, con PROC GLM y Tukey (p< 0.05) para comparación de medias.

Cuadro 3. Fórmulas para el cálculo de índices crecimiento instantáneo por planta.

Fórmula	Observaciones
IAF = (AF * DP) / AS	AF= Área foliar planta. DP = Densidad de población.
TAC=(PS / t)	AS= Área sembrada
TRC = ( ln PS / t)	PS= Peso seco de la planta
TAN= (PS / AF) * ( ln AF / t)	t= Tiempo del periodo de rebrote
AFE= (AF / PSH)	ln PS = Logaritmo natural del peso seco de la planta
CAF= (AF / PS)	ln AF= Logaritmo natural. del área foliar
CPSH= (PSH / PS)	PSH= Peso seco de las hojas de la planta

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Nayarit, OM-22 mostró diferencia (p< 0.05) para Área foliar (AF), Índice de área foliar (IAF), Tasa absoluta de crecimiento (TAC), en densidad baja y Cociente de área foliar (CAF), Tasa relativa de crecimiento (TRC), en densidad alta. Taiwan morado mostró diferencia (p< 0.05) en TAC, en densidad baja, Tasa de asimilación neta (TAN), Cociente de peso seco de hoja (CPSH) y TRC, en densidad alta. Taiwan A-144 mostró diferencia (p< 0.05) en TRC, densidad alta y Maralfalfa mostró diferencia (p< 0.05) para Área foliar específica (AFE), en densidad alta (Cuadro 4). En Jalisco, OM-22 mostró diferencia (p< 0.05) en AF, IAF, TAC, en densidad baja, al igual que en IAF, TRC y CAF, en densidad alta. Taiwan morado mostró diferencia (p< 0.05) para TAN, en densidad alta. Taiwan A-144 mostró diferencia (p< 0.05) en CAF y CPSH, en densidad alta y Maralfalfa mostró diferencia (p< 0.05) en AFE, densidad alta (Cuadro 5). En Veracruz, OM-22 mostró diferencia (p< 0.05), para IAF, TAC, TRC, AFE, en densidad alta; mientras que, en densidad baja, las variables que mostraron diferencias (p< 0.05) incluyeron AF, CAF, AFE y CPSH. Maralfalfa mostró diferencias (p< 0.05) en AF en densidad baja y AFE, en densidad alta. CT -115 y Taiwan morado mostraron diferencias (p< 0.05) en TAN, densidad alta. (Cuadro 6). El análisis de crecimiento ayuda interpretar la dinámica de producción fotosintética vegetal, OM-22 resalta en los tres sitios para AF, IAF, TAC, CAF, TRC, AFE, debido a su tamaño de hoja (mayor longitud y ancho)

en contraste con otras variedades. Las superposiciones de las hojas en el estrato vertical, generan incremento del área foliar y, con ello, incremento del IAF para la intercepción de luz y acumulación de MS (Arias *et al.*, 2019). Las diferencias estuvieron influenciadas por la respuesta fisiológica vegetal en función del clima y densidad de siembra. El CPSH es útil para seleccionar plantas con mayor proporción de hoja, lo que se relaciona similarmente, con CAF, fortaleciendo criterios para selección de variedades a utilizar y entre las disponibles.

Cuadro 4. Comparación de medias de los índices de crecimiento con valores promedios de cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, en el estado de Nayarit.

Den	Variedad	AF	IAF	TAC	TRC	TAN	CAF	AFE	CPSH
1	OM-22	<b>17290<sup>a</sup></b>	<b>10.37<sup>a</sup></b>	<b>0.38219<sup>a</sup></b>	0.01603 <sup>bc</sup>	0.000202 <sup>d</sup>	170.9 <sup>ab</sup>	0.0205 <sup>bc</sup>	0.838 <sup>ab</sup>
1	T.Morado	11911 <sup>b</sup>	7.15 <sup>b</sup>	<b>0.36245<sup>a</sup></b>	0.01515 <sup>bcd</sup>	0.000253 <sup>c</sup>	129.6 <sup>gh</sup>	0.0161 <sup>g</sup>	0.803 <sup>bc</sup>
1	Maralfalfa	10948 <sup>bc</sup>	6.57 <sup>b</sup>	0.32485 <sup>ab</sup>	0.01533 <sup>bcd</sup>	0.00025 <sup>c</sup>	130.7 <sup>gh</sup>	0.0202 <sup>c</sup>	0.646 <sup>e</sup>
1	CT-115	8460 <sup>bcd</sup>	5.1 <sup>bcd</sup>	0.27103 <sup>abc</sup>	0.01457 <sup>cd</sup>	0.000258 <sup>c</sup>	125.8 <sup>h</sup>	0.0173 <sup>f</sup>	0.728 <sup>d</sup>
2	T.Morado	5093 <sup>de</sup>	6.1 <sup>bc</sup>	0.28996 <sup>ab</sup>	<b>0.02094<sup>a</sup></b>	<b>0.0003742<sup>a</sup></b>	138.5 <sup>fg</sup>	0.0164 <sup>g</sup>	<b>0.845<sup>a</sup></b>
2	OM-22	5384 <sup>de</sup>	6.46 <sup>b</sup>	0.25681 <sup>abcd</sup>	<b>0.02031<sup>a</sup></b>	0.0003171 <sup>b</sup>	<b>175.1<sup>a</sup></b>	0.0209 <sup>ab</sup>	0.839 <sup>ab</sup>
2	T. A-144	5031 <sup>de</sup>	6.03 <sup>bc</sup>	0.2247 <sup>bcd</sup>	<b>0.0198<sup>a</sup></b>	0.0003125 <sup>b</sup>	161.9 <sup>bc</sup>	0.0195 <sup>d</sup>	0.830 <sup>ab</sup>
1	T. A-144	8074 <sup>cd</sup>	4.84 <sup>bcd</sup>	0.21382 <sup>bcd</sup>	0.0137 <sup>d</sup>	0.0002146 <sup>d</sup>	151.3 <sup>de</sup>	0.0195 <sup>d</sup>	0.779 <sup>c</sup>
2	Maralfalfa	3175 <sup>e</sup>	3.81 <sup>cd</sup>	0.15763 <sup>cd</sup>	0.01679 <sup>bc</sup>	0.0003105 <sup>b</sup>	153.9 <sup>dc</sup>	<b>0.0211<sup>a</sup></b>	0.729 <sup>d</sup>
2	CT-115	2534 <sup>e</sup>	3.04 <sup>d</sup>	0.13169 <sup>d</sup>	0.01661 <sup>bc</sup>	0.0003316 <sup>b</sup>	144.83 <sup>ef</sup>	0.0183 <sup>e</sup>	0.788 <sup>c</sup>
	DMS	3812.6	2.5495	0.1302	0.0021	0.000024	8.9777	0.0004	0.0354

Den= Densidad, AF = área foliar (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>), IAF = Índice de área foliar, TAC = Tasa absoluta de crecimiento (g d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>), TRC = Tasa relativa de crecimiento (g g d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>), TAN = Tasa de asimilación neta (g cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>), CAF = Cociente de área foliar (cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>), AFE = Área foliar específica (cm<sup>2</sup> d<sup>-1</sup> planta<sup>-1</sup>), CPSH = Cociente de peso seco de hoja. <sup>a-h</sup> Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencia significativa (Tukey, P< 0.05).

Cuadro 5. Comparación de medias de los índices de crecimiento con valores promedios de cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, en el estado de Jalisco.

Den	Variedad	AF	IAF	TAC	TRC	TAN	CAF	AFE	CPSH
1	OM-22	<b>13454<sup>a</sup></b>	<b>8.073<sup>a</sup></b>	<b>0.2781<sup>a</sup></b>	0.0145 <sup>cd</sup>	0.0001917 <sup>e</sup>	173.91 <sup>ab</sup>	0.0207 <sup>ab</sup>	0.840 <sup>b</sup>
1	CT-115	7311 <sup>b</sup>	4.387 <sup>b</sup>	0.2272 <sup>ab</sup>	0.0141 <sup>cd</sup>	0.0002570 <sup>cd</sup>	131.58 <sup>d</sup>	0.0173 <sup>c</sup>	0.762 <sup>c</sup>
1	T.Morado	5623 <sup>bcd</sup>	3.374 <sup>bc</sup>	0.1709 <sup>bcd</sup>	0.0131 <sup>cd</sup>	0.0002511 <sup>cd</sup>	124.34 <sup>d</sup>	0.0163 <sup>c</sup>	0.763 <sup>c</sup>
2	OM-22	5954 <sup>bc</sup>	<b>7.145<sup>a</sup></b>	0.2138 <sup>abc</sup>	<b>0.0225<sup>a</sup></b>	0.0003239 <sup>b</sup>	<b>180.57<sup>a</sup></b>	0.0207 <sup>ab</sup>	0.871 <sup>ab</sup>
1	T.A-144	5943 <sup>bc</sup>	3.566 <sup>bc</sup>	0.1534 <sup>bcd</sup>	0.0127 <sup>cd</sup>	0.0002247 <sup>de</sup>	138.02 <sup>dc</sup>	0.0195 <sup>b</sup>	0.709 <sup>cd</sup>
1	Maralfalfa	4428 <sup>cde</sup>	2.657 <sup>bc</sup>	0.1218 <sup>de</sup>	0.0115 <sup>d</sup>	0.0002151 <sup>cd</sup>	138.71 <sup>cd</sup>	0.0209 <sup>ab</sup>	0.663 <sup>d</sup>
2	T.Morado	3085 <sup>de</sup>	3.702 <sup>bc</sup>	0.1370 <sup>cde</sup>	0.0197 <sup>ab</sup>	<b>0.0003833<sup>a</sup></b>	141.36 <sup>cd</sup>	0.0166 <sup>c</sup>	0.855 <sup>b</sup>
2	T.A-144	2985 <sup>de</sup>	3.582 <sup>bc</sup>	0.1021 <sup>de</sup>	0.0167 <sup>bc</sup>	0.0002937 <sup>bc</sup>	<b>180.51<sup>a</sup></b>	0.0197 <sup>b</sup>	<b>0.915<sup>a</sup></b>
2	CT-115	2263 <sup>e</sup>	2.715 <sup>bc</sup>	0.0880 <sup>e</sup>	0.0141 <sup>cd</sup>	0.0003283 <sup>b</sup>	165.97 <sup>ab</sup>	0.0199 <sup>b</sup>	0.828 <sup>b</sup>
2	Maralfalfa	1696 <sup>e</sup>	2.035 <sup>c</sup>	0.0733 <sup>e</sup>	0.0149 <sup>cd</sup>	0.000328 <sup>b</sup>	158.4 <sup>bc</sup>	<b>0.0216<sup>a</sup></b>	0.734 <sup>c</sup>
	DMS	2772.4	2.2221	0.0805	0.0041	4.54E-05	20.984	0.0015	0.0555

Cuadro 6. Comparación de medias de los índices de crecimiento con valores promedios de cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, en el estado de Veracruz.

Den	Variedad	AF	IAF	TAC	TRC	TAN	CAF	AFE	CPSH
1	Maralfalfa	<b>10158<sup>a</sup></b>	6 <sup>ab</sup>	0.2633 <sup>ab</sup>	0.01426 <sup>c</sup>	0.000233 <sup>c</sup>	131.002 <sup>d</sup>	0.02017 <sup>b</sup>	0.650 <sup>d</sup>
2	OM-22	6309 <sup>cd</sup>	<b>7.6<sup>a</sup></b>	<b>0.2779<sup>a</sup></b>	<b>0.02777<sup>a</sup></b>	0.000403 <sup>b</sup>	166.739 <sup>ab</sup>	<b>0.02073<sup>a</sup></b>	0.804 <sup>ab</sup>
1	CT-115	8709 <sup>abc</sup>	5.2 <sup>bc</sup>	0.2315 <sup>abc</sup>	0.01366 <sup>c</sup>	0.000238 <sup>c</sup>	125.479 <sup>d</sup>	0.01720 <sup>e</sup>	0.730 <sup>c</sup>
2	CT-115	4393 <sup>de</sup>	5.3 <sup>bc</sup>	0.2049 <sup>abcd</sup>	0.02325 <sup>b</sup>	<b>0.000448<sup>a</sup></b>	139.878 <sup>c</sup>	0.01781 <sup>d</sup>	0.782 <sup>b</sup>
1	T.A-144	8987 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>bc</sup>	0.2113 <sup>abcd</sup>	0.01323 <sup>c</sup>	0.00021396 <sup>c</sup>	142.471 <sup>c</sup>	0.019409 <sup>c</sup>	0.734 <sup>c</sup>
1	T.Morado	7376 <sup>bc</sup>	4.4 <sup>cd</sup>	0.2040 <sup>abcd</sup>	0.0131 <sup>c</sup>	0.00023723 <sup>c</sup>	126.108 <sup>d</sup>	0.01618 <sup>f</sup>	0.779 <sup>b</sup>
2	T.A-144	3671 <sup>e</sup>	4.4 <sup>cd</sup>	0.1750 <sup>cd</sup>	0.02201 <sup>b</sup>	0.000432 <sup>ab</sup>	141.989 <sup>c</sup>	0.01965 <sup>c</sup>	0.721 <sup>c</sup>
1	OM-22	<b>10413<sup>a</sup></b>	6.2 <sup>ab</sup>	0.2110 <sup>abcd</sup>	0.01311 <sup>c</sup>	0.00017364	<b>174.824<sup>a</sup></b>	<b>0.02074<sup>a</sup></b>	<b>0.842<sup>a</sup></b>
2	Maralfalfa	4788 <sup>de</sup>	5.7 <sup>bc</sup>	0.1992 <sup>bcd</sup>	0.02320 <sup>b</sup>	0.00040023 <sup>b</sup>	164.612 <sup>b</sup>	<b>0.02069<sup>a</sup></b>	0.79515 <sup>b</sup>
2	T.Morado	2544 <sup>e</sup>	3.1 <sup>d</sup>	0.1342 <sup>d</sup>	0.0211 <sup>b</sup>	<b>0.000466<sup>a</sup></b>	140.213 <sup>c</sup>	0.01710 <sup>e</sup>	0.818 <sup>ab</sup>
	DMS	2429.8	1.8072	0.0777	0.0034	0.000039	8.6627	0.0004	0.0406

**Digestibilidad in vitro de materia seca (DIVMS).** La variedad OM-22 mostró diferencia significativa con 60 % ( $P < 0.05$ ; Figura 2), cabe mencionar que esto puede variar con la edad y altura de la planta, los cuales están relacionados con los índices de crecimiento.

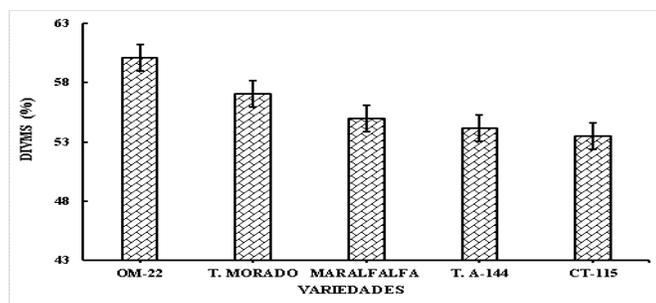


Figura 2. Digestibilidad *in vitro* en cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, a 1 m de altura, en trópico sub húmedo. Las barras indican mínima diferencia significativa ( $P < 0.05$ ).

## CONCLUSIÓN

La variedad OM- 22 mostro excelentes características en los tres sitios en Área foliar, Índice de área foliar, tasa absoluta de crecimiento, tasa relativa de crecimiento, peso seco de hoja, coeficiente de área foliar y excelente digestibilidad de materia seca, lo anterior indica que es una variedad potente y oportuno para su selección y uso como forraje o pastoreo en los sistemas ganaderos y mejorar la eficiencia y rentabilidad de producción en el trópico de México y en lo particular en los estados de Nayarit, Jalisco y Veracruz. Con densidades de siembra de 60, 000 plantaras ha<sup>-1</sup> y cortes a 1 m de altura con un remanente de 30 cm.

**AGRADECIMIENTOS.** Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a través de la Beca de Maestría en Ciencias otorgada al primer autor.

## LITERATURA CITADA

- Arias, J. J., Reyes, J. V., Ray, D. G., Benítez, L. G., Hernández, y Ledea, J. L. 2019. Indicadores morfométricos en nuevas variedades megatérmicas de *Cenchrus purpureus* tolerante al estrés hídrico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: 115-125.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Serie Libros, núm. 6. Instituto de Geografía, UNAM, México; 98 pp.
- Hunt, R. 2003. Growth Analysis, Individual Plants. *In*: Thomas, B., D.J. Murphy and B.G. Murray (Eds.). *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*. Academic Press, London. 1618: 549-558.
- Kabirizi, J.; Muyekho, F.; Mulaa, M; Msangi, R.; Pallangyo, B.; Kawube, G.; Zziwa, E.; Mugerwa, S.; Ajanga, S.; Lukwago, G.; Wamalwa N.I. E; Kariuki, I.; Mwesigwa, R.; NannyeenyaNtege, W.; Atuhairwe, A.; Awalla, J.; Namazzi, C.; Nampijja, Z. 2015. Napier grass feed resource: production, constraints and implications for smallholder farmers in Eastern and Central Africa. Eastern African Agricultural Productivity Project: Naivasha, Kenya. The Eastern African Agricultural Productivity Project (EAAPP). pp:1- 158.
- Lukuyu, B.A.; Gachuri, C.K.; Lukuyu, M.N.; Lusweti, C., and Mwendia, s (eds). 2012. Feeding Dairy Cattle in East Africa; East Africa Dairy Development Project: Nairobi, Kenya. Pp. 1-75.
- Rueda, J. A., Ortega, E. J., Hernández, G. A., Enríquez, Q.J.F., Guerrero R. J., Quero, C. A. R. 2016. Growth, yield, fiber content and lodging resistance in eight varieties of *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone intended as energy crop. *Biomass & Bioenergy*. 88: 59- 65.
- Tilley, J.M. and R.A. Terry. 1963. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18: 104-111.

## CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y ENRIQUECIMIENTO NITROGENADO DEL NOPAL DURAZNILLO (*Opuntia leucotricha*) CON EL EQUIPO NOPAFER

### CHEMICAL CHARACTERIZATION AND NITROGEN ENRICHMENT OF THE DURAZNILLO NOPAL (*Opuntia leucotricha*) WITH THE NOPAFER DEVICE

Heriberto de Jesús Maldonado Quiñones<sup>1</sup>, Francisco Oscar Carrete Carreón<sup>2</sup>, Arnoldo Flores Hernández<sup>3</sup>, Osvaldo Reyes Estrada<sup>2</sup>, Carlos Urban Haubi Segura<sup>4</sup>, Juan Fernando Sánchez Arroyo<sup>2</sup>, Elia Esther Araiza Rosales<sup>5</sup>, Gerardo Antonio Pámanes Carrasco<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Estudiante del Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales-UJED; <sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED; <sup>3</sup>Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas-UACH;

<sup>4</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes; <sup>5</sup>Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales-UJED.

#### RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el grado de enriquecimiento proteico del nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) después de agregarle nitrógeno e inocularlo con levadura, mediante la fermentación en un biodigestor denominado NOPAFER. El nopal se obtuvo de un rancho ganadero ubicado en el municipio de Nombre de Dios, Durango, en la zona conocida como de “malpaís”; el tipo de vegetación corresponde a un pastizal mediano arbosufrutescente. Se determinó la composición química de los cladodios intactos. Después de haber quemado las espinas, se llevó a cabo el enriquecimiento nitrogenado de los cladodios, el cual consistió en triturarlos, mezclarlos, adicionar los nutrientes y la levadura, y fermentarlos durante seis horas. La densidad de población estimada del nopal fue de 674 individuos ha<sup>-1</sup>. Se registraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los porcentajes de materia seca y proteína cruda entre los cladodios intactos, cladodios quemados sin enriquecer y cladodios quemados fermentados. El porcentaje de cenizas (21.09%) de los cladodios intactos presentó diferencia significativa respecto de los otros dos tipos de cladodios ( $p < 0.05$ ), al igual que la materia orgánica (78.21%). El porcentaje PC en cladodios fermentados (15.17%) fue superior al de los cladodios sin fermentar (3.64%). El porcentaje de extracto libre de nitrógeno (64.45%) del nopal duraznillo representa una buena fuente de carbohidratos solubles, los cuales, pueden favorecer el crecimiento de microorganismos bajo el proceso de fermentación en estado sólido. Se aconseja prolongar el tiempo de operación del equipo NOPAFER y determinar la proporción de la proteína cruda que corresponde a proteína soluble y a proteína insoluble.

**Palabras clave:** Levadura, Fermentación en Estado Sólido, Proteína Cruda, Proteína Soluble, Proteína Insoluble.

#### ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the degree of protein enrichment of the duraznillo prickly pear cactus (*Opuntia leucotricha*) after adding nitrogen and inoculating it with yeast, by fermentation in a biodigester called NOPAFER. The cactus was obtained from a beef cattle ranch located in the municipality of Nombre de Dios, Durango, in the area known as "malpaís"; The type of vegetation corresponds to a medium-sized arbosufrutescent rangeland. The chemical composition of intact cladodes was determined. After burning the spines, the nitrogen enrichment of the cladodes was carried out, which consisted of crushing them, mixing them, adding nutrients and yeast, and fermenting them for six hours. The estimated population density of the prickly pear cactus was 674 individual's ha<sup>-1</sup>. Significant

differences ( $p < 0.05$ ) were recorded in the percentages of dry matter and crude protein between intact cladodes, unenriched burned cladodes and fermented burned cladodes. The percentage of ash (21.09%) of intact cladodes showed a significant difference from the other two types of cladodes ( $p < 0.05$ ), as did organic matter (78.21%). The percentage of CP in fermented cladodes (15.17%) was higher than that of unfermented cladodes (3.64%). The percentage of nitrogen-free extract (64.45%) of the duraznillo prickly pear cactus represents a good source of soluble carbohydrates, which can favor the growth of microorganisms under the Solid-State Fermentation process. It is advisable to extend the operating time of the NOPAFER equipment and determine the proportion of the crude protein that corresponds to soluble protein and insoluble protein.

**Keywords:** Yeast, Solid-State Fermentation, Crude Protein, Soluble Protein, Insoluble Protein.

## INTRODUCCIÓN

La zona ecológica del desierto chihuahuense posee una vegetación diversa en formas de vida y rica en especies. Sin embargo, algunas prácticas como el libre pastoreo afectan la comunidad vegetal original, lo que favorece el desarrollo y dominancia de plantas de rápido crecimiento y que prontamente aumentan sus densidades, pues se ven favorecidas por la disminución de la competencia de plantas que son más buscadas o más palatables para el ganado (González, 2012). En el estado de Durango, algunas especies de *Opuntia* invaden áreas degradadas por el sobrepastoreo, y llegan a formar matorrales densos, debido a su capacidad para propagarse vegetativamente (CONABIO-SEMARNAT, 2017). Por tal motivo, el uso de estas especies vegetales constituye una alternativa de alimentación del ganado bovino en pastoreo. En México recientemente se ha aplicado la fermentación en fase sólida para aumentar el contenido de proteína cruda del nopal (Araujo *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2011; Díaz *et al.*, 2012; Herrera *et al.*, 2014), proceso por medio del cual se utiliza un sustrato sólido como fuente de carbono y como fuente de energía en ausencia de agua libre. Esta técnica se ha aplicado en caña de azúcar y a sus residuos agroindustriales en la producción de alimento enriquecido en proteína. En Cuba se han obtenido este tipo de alimentos, destacando sus aplicaciones como suplementos dietéticos en la alimentación animal (Julián y Ramos, 2007). El objetivo de este estudio fue evaluar el grado de enriquecimiento proteico del nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) después de agregarle nitrógeno e inocularlo con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*), mediante la fermentación en un biodigestor denominado NOPAFER.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El nopal se obtuvo de un rancho ganadero, ubicado en el municipio de Nombre de Dios, Durango. El sitio se encuentra en la zona conocida como de “malpaís”, entre 1850 y 2100 metros sobre el nivel del mar. El clima es seco templado con verano cálido BS<sub>1k</sub>, con temperatura media anual de 16 a 18 °C, precipitación de 400 a 500 mm anuales y régimen de lluvias en verano. El tipo de vegetación corresponde a un pastizal mediano arbosufruticosa (COTECOCA, 1979; García, 2004). La densidad de población del nopal se determinó mediante el método del vecino más cercano (Amador *et al.*, 2005), a mediados de junio de 2019. A finales de junio se colectaron los cladodios provenientes de tres plantas de nopal, con el objetivo de determinar su composición química. El criterio de selección de

estos, fue descartar los jóvenes (nopalitos) y los viejos. Se determinó la composición química de los cladodios en términos de materia seca parcial (MSP), materia seca total (MST) y a partir de estos valores, se determinó el contenido de materia seca al momento del corte (MS); posteriormente, se obtuvieron los porcentajes de cenizas (CE), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC) y extracto libre de nitrógeno (ELN) de acuerdo a las técnicas descritas por Galyean (1997).

El enriquecimiento nitrogenado se llevó a cabo a mediados de agosto de acuerdo al procedimiento sugerido por Flores *et al.* (2018), procesando diariamente 100 kg de cladodios de nopal durante tres días consecutivos. Antes de introducir los cladodios en el biodigestor (Figura 1 A), se colocaron en el suelo para quemar las espinas, utilizando un lanzallamas, el cual funciona con diésel y aire a presión (Figura 1 B). El procedimiento de enriquecimiento nitrogenado consta de dos etapas, ambas realizadas en el biodigestor NOPAFER: 1) triturado y mezcla de los cladodios y 2) enriquecimiento nitrogenado (adición de las fuentes de nitrógeno y la levadura) y mezclado durante seis horas mediante ciclos intercalados de media hora (media hora de agitación y media hora de reposo). Se registraron los valores de temperatura y pH, antes y después del proceso de enriquecimiento.



**A**



**B**

Figura 1. Biodigestor NOPAFER (A). Quema de las espinas del nopal duraznillo (B).

Del nopal triturado (antes de enriquecerlo) y del nopal enriquecido, se extrajo una muestra para determinar MS, CE, MO y PC, de acuerdo a las técnicas descritas por Galyean (1997). Estas variables se compararon entre las muestras de nopal intacto y de nopal extraído del NOPAFER (enriquecido y sin enriquecer con nitrógeno). Los resultados se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.1, y la prueba de Tukey para la comparación de medias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de la expresión matemática utilizada para el cálculo de la densidad del nopal se estimó una cantidad de 674 individuos  $\text{ha}^{-1}$ . No se encontraron estudios que documenten esta variable para especies de nopal nativo. A este respecto, Dubeux *et al.* (2018) mencionan que, dada la falta de información sobre la superficie ocupada por nopal en diferentes zonas agroecológicas, no es posible realizar una evaluación completa de su importancia en los diversos sistemas de producción.

La composición química del nopal intacto se presenta en el Cuadro 1. En este sentido, Pinos *et al.* (2006) reportan para dos especies de nopal nativo: *O. robusta* y *O. rastrera* valores de materia seca de 16.9 % y 20.1 %, respectivamente. Respecto al porcentaje de cenizas, registraron un porcentaje de 15.9% para *O. robusta* y 32.1% para *O. rastrera*, mientras que el contenido de PC de *O. robusta* fue de 3.6% y el de *O. rastrera* 1.9%. En otro estudio, Fuentes (1997) reporta un porcentaje de PC de 4.4% para *O. robusta*, quien, a su vez, reporta porcentajes de 10.4%, 18.6%, 1.7%, 17.6% y 57.6% para las variables MS, CE, EE, FC y ELN, respectivamente. Las diferencias entre estudios se pueden atribuir a la especie de nopal, así como, a las condiciones particulares de cada sitio (Nobel, 1983; Ramírez, 2007; Dubeux *et al.*, 2018).

Cuadro 1. Composición química de cladodios intactos de nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*).

Variables de composición química						
MS (%)	CE (%)	MO (%)	PC (%)	EE (%)	FC (%)	ELN (%)
12.31	21.09	78.91	3.64	1.17	8.65	65.45

El Cuadro 2 presenta la composición química de los tres tipos de cladodios de nopal duraznillo. Hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los porcentajes de MS, CE, MO y PC entre los tres tipos de cladodios. La diferencia de MS registrada entre los cladodios intactos y quemados se puede atribuir precisamente a la quema de las espinas; mientras que la diferencia entre los cladodios quemados y los quemados y enriquecidos con nitrógeno, se debe a la adición de los nutrientes nitrogenados y la levadura. Respecto al mayor porcentaje de CE en los cladodios con las espinas quemadas (enriquecidos y sin enriquecer con nitrógeno), este puede deberse a que pudieran contener tierra proveniente del suelo donde se depositaron para llevar a cabo la quema de las espinas, además de los minerales propios de la levadura, para el caso de los cladodios quemados y enriquecidos con nitrógeno. En otro estudio llevado a cabo por Flores *et al.* (2018) se obtuvo un porcentaje de PC de 27% después del proceso de enriquecimiento nitrogenado, utilizando nopal *O. ficus indica*. La diferencia respecto al valor reportado en el presente estudio, pudo ser causada por la especie de nopal y, por otra parte, por el proceso de quemado de las espinas, el cual, redujo la cantidad de microorganismos presentes en el nopal, que, en conjunto con la levadura suministrada, propician la fermentación en estado sólido del nopal empleado como sustrato (Berumen *et al.*, 2015). Por otra parte, puede ser necesario prolongar el tiempo de fermentación, ya que, la mayor producción de proteína cruda puede estar relacionada con el tiempo que les toma a los microorganismos (propios del nopal y levaduras) alcanzar la fase estacionaria de crecimiento (Zumbado *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Composición química de tres tipos de cladodios de nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*).

Variable	Tipos de cladodios			Media	EEM
	Intactos	Con espinas quemadas	Con espinas quemadas y enriquecidos con nitrógeno		
MS	12.31 <sup>a</sup>	7.87 <sup>c</sup>	9.17 <sup>b</sup>	9.78	0.786
CE	21.09 <sup>b</sup>	25.63 <sup>a</sup>	27.83 <sup>a</sup>	24.85	1.63
MO	78.91 <sup>a</sup>	72.17 <sup>b</sup>	74.37 <sup>b</sup>	75.15	1.63
PC	3.64 <sup>c</sup>	5.92 <sup>b</sup>	15.17 <sup>a</sup>	8.24	0.87

<sup>abcd</sup> Valores con diferente letra en la misma línea son significativamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ). EEM=error estándar de la media.

## CONCLUSIONES

La densidad estimada permite apreciar el grado de invasión del nopal duraznillo en el agostadero. De acuerdo a la composición química del nopal duraznillo, específicamente al contenido de ELN, se observa que constituye una buena fuente de carbohidratos solubles, los cuales, pueden favorecer el crecimiento de microorganismos (propios del nopal y adicionados) bajo el proceso de Fermentación en Estado Sólido. Por otra parte, la adición de las fuentes nitrogenadas y la inoculación con levadura, aumentan el contenido de proteína cruda del nopal. Sin embargo, es recomendable prolongar el tiempo de operación del equipo NOPAFER y experimentar una nueva metodología para el suministro de los nutrientes, previa adición de la levadura, con el propósito de verificar si el porcentaje de proteína cruda continúa en ascenso. También es aconsejable determinar la proporción de la proteína cruda que corresponde a proteína soluble y a proteína insoluble, ya que se debe conocer esta información para formular y balancear adecuadamente las raciones con que se alimenta al ganado bovino.

## LITERATURA CITADA

- Amador, R. M.D., Gutiérrez, L. R., Serna P.A., y Flores, O.M.A. 2005. Inventario de pastizales. En:II simposio internacional de manejo de pastizales: memorias del taller para técnicos. Del 22 al 23 de abril de 2005. Zacatecas, Zacatecas, México. 80 p.
- Araújo, L.F., A. Nunes, A. Perazzo, L. de Sousa Conrado Oliveira, and. F.L. Honorato da Silva. 2005. Protein Enrichment of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* Mill) Using *Saccharomyces cerevisiae* in Solid-State Fermentation. Brazilian Archives of Biology and Tecnology 48:161-168.
- Berumen, L., J. Páez., N.O. Soto., M. Murillo., E. Herrera., and A. Muro. 2015. Chemical composition, in vitro gas production and energetic value of prickly pear fermented with and without *Kluyveromyces marxianus*. Journal of Bioscience and Biotechnology 4 3:359-364.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)- Secretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Estado de Durango, SEMARNAT- Delegación Durango. 2017. La Biodiversidad en Durango. Estudio de Estado. 575 p.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). Durango. 1979. SARH. 200 p.
- Díaz, P. D., C. Rodríguez, P. Mancillas, S. Ruíz, S. Mena, F. Salvador, y L. Duran. 2012. Fermentación *in vitro* de nopal forrajero con un inóculo de levadura *Kluyveromyces lactis* obtenida a partir de manzana de desecho. Revista electrónica de veterinaria 13 1:1-11.
- Dubeux Jr, J.C.B., Ben Salem, H., y Nefzaoui, A.I. 2018. Producción y utilización del nopal forrajero en la nutrición animal. En: Inglese, P., Mondragon, J.C., Nefzaoui, A. y Sáenz C. (Ed). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal. FAO-ICARDA. 229 p.
- Flores, H. A., Macías, R.F.J., Esparza, I. E.L., Cantú, B.E., Gámez, A.M.I., Madinaveitia, R.H., y Quiñonez, A. 2011. Enriquecimiento proteico del nopal (*Opuntia* spp.) como forraje. Universidad Autónoma Chapingo. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. PROYECTO: FOMIX-DGO.CO2-116675. UACH-REBIZA 10510101. 22 p.
- Flores, H.A., F.J. Macías, G. García, O. Esquivel, J. Ortiz, C.A. Meza, A. Paleta, y C.A. Romero. 2018. Validación de la Tecnología de Enriquecimiento Proteico de nopal (*Opuntia* spp) en el Centro Norte de México. Ciencia e Innovación 1 2:363-370.
- Fuentes, R. J.1997. A Comparison of the Nutritional Value of Opuntia and Agave Plants for Ruminants. Journal of the Professional Association for Cactus Development 2: 20-24.
- Galyean, M.L. 1997. Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research. Department of Animal and Food Sciences Texas Tech University. Lubbock, Texas., United States of America. 189 p.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a. ed. México. UNAM. 90 p.
- González M., F. 2012. Las Zonas Áridas y Semiáridas De México y Su Vegetación. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología. México-D.F.173 p.

- 
- Herrera, T.E., M. Murillo, L. Berumen, J. Páez, y G. Villarreal. 2014. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* Y *Kluyveromices marxianus* durante el tiempo de fermentación en la calidad nutritiva del nopal forrajero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 1 1:33-40.
- Julian, R. M., y L. Ramos. 2007. Fermentación en estado Sólido (I). *Producción de Alimento Animal. Tecnología Química* 27 3:17-22.
- Nobel, P. S. 1983. Nutrient levels in cacti-relation to nocturnal acid accumulation and growth. *American Journal of Botany* 70 8: 1244-1253.
- Pinos, R.J., R. Duque, J.A. Reyes, J.R. Aguirre, J.C. García, y S. González. 2006. Effect of Species and Age on Nutrient Content and *in vitro* Digestibility of *Opuntia* spp. *Journal of Applied Animal Research* 30 1:13-17.
- Ramírez, T.H., J.A. Reyes, J.M. Pinos, y J.R. Aguirre. 2007. Efecto de la especie y madurez sobre el contenido de nutrientes de Cladodios de nopal. *Agrociencia*. 41 6:619-626.
- Statistical Analyses System (SAS). 2003. *SAS User's Guide (Release 9.1)*: SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Zumbado, R.W., P. Esquivel, y E. Wong. 2006. Selección de una levadura para la producción de biomasa: crecimiento en Suero de queso. *Agronomía Mesoamericana* 17 2:151-160.



biológica esa una de las metas de manejo de ecosistemas ecológicamente sostenible, para ello los índices e indicadores ecológicos para cada caso específico nos permiten conocer el estado actual de los ecosistemas (Roundy *et. al.*, 1998). En México y EUA, los pastizales ubicados en el Desierto Chihuahuense han experimentado un gran deterioro desde mediados del Siglo XIX, debido principalmente a las deficientes prácticas ganaderas, al cambio climático, el fuego, la fragmentación de hábitat y cambio de uso de suelo (Berlanga, 2009; Aguirre *et. al.* 2012). En relación con las últimas décadas, se tiene que en los ochentas, el ser humano intensifica los efectos negativos sobre los ecosistemas naturales del planeta, lo cual incrementa la necesidad de llevar a cabo acciones de restauración de manera urgente (Briske, 2000), para la recuperación de sitios degradados (Hobbs y Norton, 1996). Aunado a ello, las arbustivas eran consideradas como plantas competidoras para los programas de reforestación y resiembras, cuando en realidad éstas constituyen especies facilitadoras para el establecimiento de resiembras en ambientes adversos (Castro, *et. al.* 2004). El objetivo general fue caracterización estructural de la comunidad vegetal de un área a 10 años de haber sido restaurada, mediante la determinación de índices de diversidad de especies. El primer objetivo específico fue estimar la diversidad de especies vegetales de un área de matorral desértico micrófilo restaurado con “rodillo rehabilitador de pastizales modificado” a 10 años de su aplicación. Un segundo objetivo específico fue determinar el valor de importancia de las especies representativas de la comunidad de interés a 10 años de haber sido restaurada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Rancho Experimental “El Halcón Peregrino” ubicado en la zona Noreste del estado de Zacatecas (México), en el municipio de Villa de Cos, el cual se encuentra en las coordenadas geográficas en los 23° 27’ 36” L N y 102° 10’ 14” L O, y presenta una altitud de 1975 msnm (Google Earth, 2011), perteneciendo a la provincia biótica del Desierto Chihuahuense (Dice 1945). El ecosistema presenta sobre pastoreo con alta presencia de especies arbustivas, la cual se clasifica como “Matorral Desértico Micrófilo” (COTECOCA, 1982). De acuerdo a la clasificación de Koeppen (1962), el clima de la región se define como tipo BW en el cual la temperatura media anual de 17.5°C, la precipitación anual promedio asciende en base a la lectura de la década de 2000 al 2010 a 357.8 mm en promedio. A su vez la evaporación con un valor acumulado a lo largo del año es de 1940.4 mm (CNA, 2000).

### Metodología

1.- Aplicación del rodillo rehabilitador modificado: Se utilizó un rodillo rehabilitador, el cual fue modificado por el autor de la presente investigación a partir del diseño comercial original, ya que éste requiere de una tracción de un tractor de más de 100 HP, y presenta un peso de 3 ton. y se encuentra diseñado para suelos profundos y matorrales con diámetros de tallo de hasta 4”, el cual presenta navajas de 8” de amplitud (Berlanga 2010), las cuales a su paso por el suelo generan un impacto sobre la rizósfera, originando denitrificación, así como la exposición del suelo a erosión hídrica, afectando fuertemente a las arbustivas y arbóreas las cuales representan un recurso importante para la fauna silvestre, regulación de la temperatura ambiental y como fuente forrajera para la ganadería. Para la metodología de la investigación se aplicó el parámetro del Grupo Estructural de los 4 árboles (Füldner y Gadow, 1994). Partiendo del árbol-muestra determinando así la distancia de los tres arboles más cercanos estimándose así las variables de interés (Alanís, 2004; Pérez, 2004). La determinación del

tamaño de muestra se elaboró una curva especie-área para el sitio de estudio siguiendo el criterio de Mueller y Ellenberg (1974) citado por Rodríguez (1994).

### **Muestreo en comunidad tratada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.**

Número de transectos por tratamiento: 4.

Características de transectos:

Número de subparcelas: 14 por transecto observado.

Dimensión de parcelas de muestreo: 7.07 x 7.07 m (50m<sup>2</sup>).

Gradiente ambiental: Profundidad de suelo.

Profundidades de suelo: a) 0-20 cm y b) >20 cm.

Total de parcelas de estudio para el censo poblacional: 56.

Total de sitios de observación para el análisis del grupo estructural: 96.

Distancia entre transectos: 50 m.

Diseño estadístico: Se aplicó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Diversidad de Especies:**

Cuadro 1: Diversidad de especies en el matorral restaurado con rodillo rehabilitador de pastizales modificado en los diferentes tipos de suelo y sus testigos.

No.	Especie	Área tratada		Área tratada	
		Suelo somero	Testigo	Suelo profundo	Testigo
1	<i>L. tridentata</i>	-0.213	-0.296	-0.117	-0.232
2	<i>F. cernua</i>	-0.123	-0.321	-0.170	-0.263
3	<i>P. incanum</i>	-0.358	-0.366	-0.367	-0.295
4	<i>A. constricta</i>	-0.184	-0.239	-0.172	-0.144
5	<i>S. ballotaeflora</i>	-0.169	-0.245	-0.117	-0.167
6	<i>L. berlandieri</i>	-0.238	-0.071	-0.111	-0.133
7	<i>J. dioica</i>	-0.368	-0.002	-0.362	-0.001
		<b>-1.653</b>	<b>-1.540</b>	<b>-1.417</b>	<b>-1.235</b>

### **Diversidad de especies (DE):**

Con los resultados del Índice de Shannon para ambas comunidades en suelo somero (Cuadro 1), encontramos que la DE es más alta en el ecosistema restaurado (-1.653) a comparación del ecosistema de referencia (-1.540). resultando *J. dioica* (-0.368), seguida por *P. incanum* (-0.358). En relación con el testigo sobresalió *P. incanum* (-0.366), seguida de *F. cernua* (-0.321). Para el caso de las comunidades con suelo profundo (tabla 1), la DE es más alta para el el ecosistema restaurado (-1.417), a comparación del testigo (-1.235) sobresaliendo *P. incanum* (-0.367). seguida por *J. dioica* (-0.362). A su vez, en el testigo se observó a *P. incanum* con el valor más alto (-0.295), seguida de *F. cernua* (-0.263).

### **Valor de importancia de las especies (IVI):**

Se observó que *P. incanum* sobresalió con 58.47, seguida de *A. constricta* con 53.30 y *L. berlandieri* (50.32) como las de mayor peso ecológico en suelo somero restaurado. Para el caso del testigo, *P. incanum* (72.21), fue seguida por *F. cernua* (72.02). En relación con las especies en suelo profundo (Figura 2), *P. incanum* (77.62), sobresalió seguida por *J. dioica* (59.26). Para el ecosistema de referencia, *P. incanum* (105.72) y *F. cernua* (64.63)

presentaron el mayor peso ecológico. A su vez, los resultados obtenidos contrastan con Jiménez *et al.* (2009), quienes analizaron el efecto del uso del suelo en el matorral espinoso tamaulipeco para determinar diversidad y concluyeron que el análisis estructural comparativo mostró evidencias significativas que indican que el cambio de uso del suelo. Por su parte, Flores, (2013) evaluó el efecto del rodillo aereador tipo tándem en cinco sitios en un matorral de Peñón Blanco, Durango (agostaderos) en julio de 2013, determinando que el uso del rodillo rehabilitador mejoró la diversidad y la cobertura vegetal, en relación con la cobertura vegetal, a su vez, Andrade *et. al.*, encontró una mayor cobertura vegetal (47%) y por ende mayor producción de forraje 3.15 t ha<sup>-1</sup> que el testigo (1.65 t ha<sup>-1</sup>).

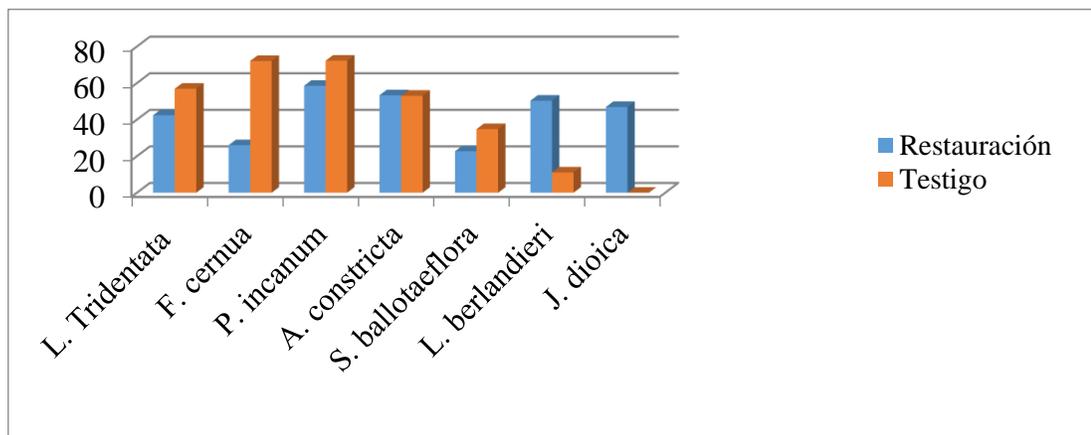


Figura 1: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo somero y su testigo.

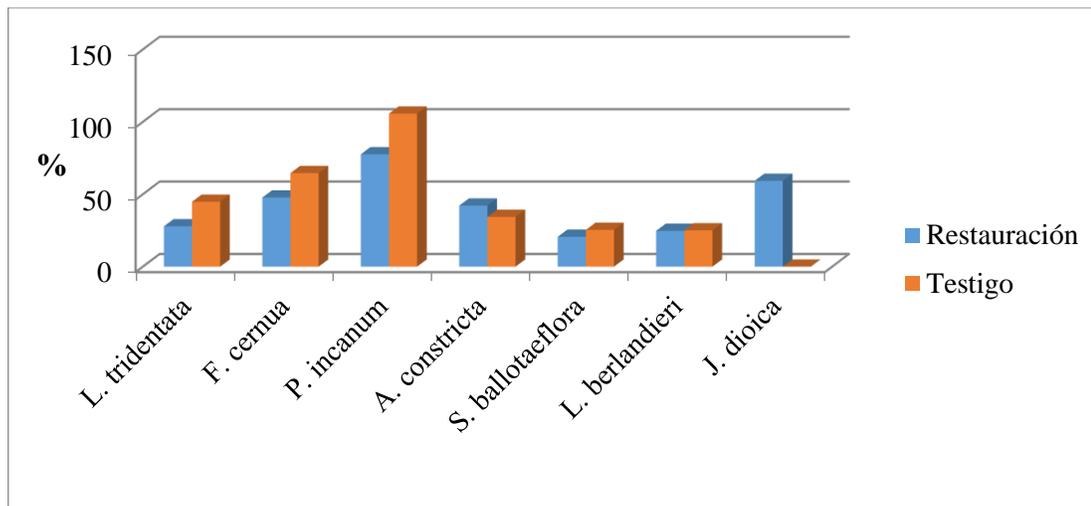


Figura 2: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo profundo y su testigo.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Se caracterizó diversidad de las especies a 10 años de su restauración.
- 2.- Para la comparación entre comunidades, el rodillo rehabilitador mostró valores superiores al área testigo como una respuesta al efecto del disturbio superficial del suelo.
- 3.- En base a los resultados obtenidos, queda de manifiesto que no existen riesgos potenciales a través de la aplicación de dicho manejo sobre la diversidad del ecosistema en estudio para trabajos futuros en comunidades con características afines.
- 4.- La implementación del rodillo rehabilitador de pastizales modificado representa una alternativa viable para el incremento de la cobertura vegetal ya que disminuye el grado de competencia interespecífica en el ecosistema sin poner en peligro el equilibrio de las especies, evitando así los efectos degradantes causados en ocasiones por el rodillo rehabilitador comercial.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, L. E., Espinosa, R. M., Garza, C. R. y Verdoljak J. J. 2009. Rehabilitación de praderas con el uso del rodillo aereador. VI Simposio Internacional de Pastizales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.
- Berlanga, R. C. A. 2009. Mejoramiento de agostaderos mediante el uso de rodillo rehabilitador en la región norte de Coahuila. INIFAP región noreste. Río Bravo, Tamaulipas, México.
- Briske, D. D.; Fuhlendorf, S. D. and Smeins, F. E. 2005. State-and-Transition Models, Thresholds, and Rangeland Health: A Synthesis of Ecological Concepts and Perspectives. Rangeland Ecology & Management: January 2005, Vol. 58, No. 1, pp. 1-10.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J. A., Gómez, J. M. and Gómez-Aparicio, L. (2004). Benefits of Using Shrubs as Nurse Plants for Reforestation in Mediterranean Mountains: A 4-Year Study. Restoration Ecology, 12: 352–358. doi: 10.1111/j.1061-2971.2004.0316.x.
- De Groot, R. 1994. Functions of nature evaluation of nature in environmental planning, Management and decision making. Restoration Ecology. Vol. 7, No. 1. pp. 42-50.
- Flores-Gallardo, H. 2013. Efectos del uso del rodillo aereador para la recuperación del pastizal en matorral en Durango. INIFAP, Valle del Guadiana, Durango, México.
- Jiménez, J., Alanís, E., González, M.A., Aguirre, O.A., Treviño, E.J. 2013. Characterizing woody species regeneration in areas with different land history tenure in the tamaulipan thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 58(3): 299–304.

## DIVERSIFICACIÓN DEL PROPÁGULO EN *Cenchrus ciliaris* Y SU EFECTOS

### PROPAGULE DIVERSIFICATIONS IN *Cenchrus ciliaris* AND ITS EFFECTS

Adrián Raymundo Quero-Carrillo<sup>1</sup>, Alejandra Pérez-Hernández<sup>1</sup>, María de Jesús Carrillo-Llanos<sup>1</sup> Leonor Miranda-Jiménez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Moreno Carrillo<sup>1</sup>, Adrián Hernández-Livera<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Autor de correspondencia queroadrian@colpos.mx

#### RESUMEN

Pasto Buffel, naturalizado en México, posee semilla con extremadamente baja densidad específica por presencia de estructuras secundarias que contienen al cariósido y dificultan la siembra (mecanizada o no) tanto por volatilidad y baja germinación inherentes. El objetivo fue conocer el efecto sobre la dispersión, en el espacio, de propágulos y su germinación, al aplicar tratamientos mecánicos (eliminación parcial o total de estructuras secundarias), físicos (enjuague) y químicos (ácido sulfúrico 15%); además, el efecto sobre la viabilidad del cariósido. Con semilla cosechada en 2018 se evaluaron cuatro réplicas de 25 semillas por tipo de propágulo. Los tratamientos incluyeron semilla testigo en greña (Gr), semilla sin aristas (PP) y cariósidos (CP); a la vez, sometidos o no, a diferentes tiempos enjuague de 1 hora cada uno (1, 2 o 3 h); además de tratamiento de ácido sulfúrico al 15%. Todos aplicados a semilla Gr. Se le realizó prueba de viabilidad de tetrazolio en cariósidos de cada tipo de propágulo. La prueba de germinación se desarrolló en papel durante 15 días; transcurridos estos, se retiró y contabilizó germinación. La semilla de *C. ciliaris*, con todas sus estructuras accesorias (Gr) mostró 80% de viabilidad, al retirar parcial o totalmente brácteas accesorias tiende a perder viabilidad; sin embargo, el mayor porcentaje de germinación lo presentó el tratamiento de CP (63%); con lavados al CP, aumentó a 79%. La disponibilidad de tres tipos de propágulo en Buffel puede ser clave para asegurar y reducir el tiempo de establecimiento de praderas de esta especie bajo condiciones de temporal semiárido. Mayor densidad al propágulo ofrece alternativas de mecanización de siembra y menor pérdida de propágulos por rápido desplazamiento de semilla, a causa del viento, en campo.

**Palabras clave:** Buffel, latencia, viabilidad, germinación, cariósido.

#### ABSTRACT

Buffel grass seed is covered by secondary structures that make germination difficult, so the objective was to know the percentage of germination by applying various mechanical treatments (partial or total removal of secondary structures), physical (three wash times), chemicals (15% sulfuric acid), and at the same time know the effect of the treatments on the viability of the seed. Seed of the year 2018 was used, with four replicates of 25 seeds, for each treatment 100 seeds were used. The treatments consisted of a control (Gr), manual edge removal (PP) and total removal of secondary covers (caryopsis = CP); at the same time they underwent three different wash times (1, 2, 3) and a 15% sulfuric acid chemical treatment. Once the treatments were carried out, the viability test with tetrazolium was carried out, for this purpose the accessory covers of all treatments were removed until leaving the karyotype. The germination test was on paper, and four replicates of 25 seeds were used in each treatment, the test was 15 days; after the time elapsed, the percentage of germination was withdrawn and counted. The seed of *Cenchrus ciliaris* having all its accessory structures (Gr)

retains 80% viability, by partially or totally removing secondary structures it tends to lose viability; however, the highest percentage of germination was presented by the 63% caryopsides treatment, and if we give the caryopsides three washes, germination is increased up to 79%.

**Keywords:** Buffel, latency, viability, germination, karypsid.

## INTRODUCCIÓN

*Cenchrus ciliaris* L., es una gramínea de crecimiento amacollado o rizomatoso, perenne, C<sub>4</sub>, originaria de África (Quero *et al.*, 2010). La propagación de *Cenchrus* ocurre por semilla; sin embargo el cariósipide se encuentra contenido en un flósculo (falsa espiguilla) con espiguillas en panícula contraída tipo racimos cilíndricos, compuestos por cerdas (aristas= ramas modificadas) que le dan apariencia plumosa (Ibarra *et al.*, 2013; Loredó *et al.*, 2005), estas estructuras se encuentran en capas compactas, estrechamente unidas al cariósipide e imposibilitan la imbibición e intercambio gaseoso (Ma *et al.*, 2010). Lo anterior, resulta en un tipo de latencia, donde una semilla viable teniendo todas las condiciones de humedad, temperatura, luz y concentración de oxígeno idónea, no germina (Doria, 2010). Así han evolucionado los pastos y logran colonizar nichos ecológicos diversos asegurando sobrevivencia en el espacio y tiempo (Koornneef *et al.*, 2002). Sin embargo, existen otras razones de reposo como presencia de embrión inmaduro, cubierta seminal impermeable y presencia de sustancias que actúan como inhibidores de la germinación (Ma *et al.*, 2010). Se han probado diversos tratamientos físicos y químicos para aumentar el porcentaje de germinación y esto varía de un trabajo a otro por ejemplo Bhattarai *et al.* (2008), con ácido sulfúrico al 100% aumenta la germinación hasta 94%, mientras que Martínez *et al.* (2013), reporta 0% de germinación. Buffel ha sido declarado maleza en países desarrollados (US y Australia); sin embargo, en México se convierte en una herramienta para proteger los suelos de la erosión y para la producción pecuaria por lo que se sigue utilizando de forma amplia por sus ventajas de resistencia a la sequía, bondades de establecimiento de praderas y dominancia ecológica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Análisis de Semillas, Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Edo. de México. El material genético consistió en semilla de *Cenchrus ciliaris* cv. Común, cosechada en 2018 y almacenada en condiciones de campo en Altiplano árido. Se realizó la evaluación fisiológica para conocer la viabilidad de los cariósipides, para ello se eliminaron brácteas accesorias al cariósipide una vez aplicado cada tratamiento y los cariósipides liberados se evaluaron con sal de tetrazolio (cloruro de 2,3,5-trifenil tetrazolio) a concentración del 0.1%. Para determinar viabilidad, se evaluaron cuatro repeticiones de 25 cariósipides por tratamiento en cajas plásticas (9cm×9cm×3.5cm); para esto, se remojaron cariósipides en agua destilada por 12 horas a 25 °C; posteriormente, de forma longitudinal, se dividieron en dos, con navaja de afeitar, para exponer el embrión y tejidos, ambas mitades de cariósipide permanecieron unidas después del corte y se tiñeron en solución de tetrazolio (0.1%), durante 12 horas a 32°C, en incubadora. Se lavaron con agua destilada y se realizó el conteo de viabilidad, El color rojo intenso indica alta viabilidad, de no teñirse indica que el embrión o parte de este está muerto. Para tratamientos mecánicos aplicados, se emplearon 25 semillas con sus cuatro replicas por tratamiento: 1) testigo: semilla (flósculo) con estructuras accesorias (ramas modificadas con aristas, glumas, lema, palea; Greña = Gr) 2)

cariópside (CP) 3) flósculo sin aristas (PP) 4) Tratamiento químico de ácido sulfúrico al 15 %, con remojo de 5 minutos en semilla aristada (PPAc). Se realizaron diferentes tiempos de enjuague a intervalos de una hora en cada caso: 1, 2, 3 y testigo sin enjuagar. La prueba de germinación estándar (ISTA, 2005) se estableció “sobre papel”, debido al tamaño de semilla y posteriormente, se llevó a cámara de germinación durante 15 días. Transcurrido este tiempo se contaron semillas germinadas normales o anormales. A las variables se les aplicó análisis de varianza bajo un diseño completamente con cuatro repeticiones y Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para comparación de medias, con paquete para análisis estadístico InfoStat (Di *et al.*, 2008). La volatilidad de los tipos de semilla se evaluó por siete días; en un cuadro de 20 x 20 cm en condiciones de campo y tres repeticiones; se depositaron 100 semillas de cada tipo. Se evaluó cada cinco días el desplazamiento físico de la semilla.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viabilidad media en todos los tratamientos fue 69% (Cuadro 1;  $p < 0.001$ ); sin embargo, cuando consideramos la semilla con todas sus estructuras accesorias el porcentaje se mantiene en 82%. Al extraer el cariópside, la viabilidad disminuye a 74% y el efecto de remover aristas es semejante a limpiar el cariópside; sin embargo el tratamiento de ácido sulfúrico al 15% llevó el porcentaje de viabilidad hasta 40%; lo anterior, demuestra el efecto negativo de este tratamiento. Esto es importante para determinar el manejo de la semilla, si la deseo conservarla por más tiempo se debe dejar tal cual es cosechada de la planta y aplicar tratamientos de interés justo antes de la siembra.

Cuadro 1. Porcentaje de viabilidad en semillas de *Cenchrus ciliaris*

Tratamiento	Porcentaje de viabilidad (%)	
	Viable	No viable
GrT1	82 <sup>a</sup>	18 <sup>d</sup>
GrTE1	81 <sup>a</sup>	19 <sup>d</sup>
GrTE3	82 <sup>a</sup>	19 <sup>d</sup>
GrT2	83 <sup>a</sup>	19 <sup>d</sup>
PPTM	84 <sup>a</sup>	19 <sup>d</sup>
CPT	76 <sup>a</sup>	24 <sup>d</sup>
CPE1	74 <sup>ab</sup>	26 <sup>cd</sup>
CPE3	73 <sup>ab</sup>	27 <sup>cd</sup>
PPME1	71 <sup>ab</sup>	29 <sup>cd</sup>
PPME33	70 <sup>ab</sup>	30 <sup>cd</sup>
PPAcE1	58 <sup>bc</sup>	43 <sup>bc</sup>
PPAcE33	43 <sup>c</sup>	57 <sup>b</sup>
PPAcT	20 <sup>d</sup>	80 <sup>a</sup>
Media	69	31
cv	9.8	21
Tratamiento	***	***

Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), Significancia: \* =  $p \leq 0.05$ , \*\* =  $p \leq 0.01$ , \*\*\* =  $p \leq 0.001$ , cv: Coeficiente de variación.

El tratamiento que resultó con mayor porcentaje de viabilidad (Gr), no obtuvo el mayor porcentaje de germinación (Cuadro 2); lo anterior, debido a la presencia de inhibidores de la germinación presentes en las estructuras accesorias; algo similar pasó en tratamiento de propágulo desaristado (PPM). Gómez y González (s/f), indican germinación de semilla en greña de 0.21 a 15.9% en semilla con tres y seis meses de cosechada y de 25 a 48% para los cariósides de la mismas fechas de obtención. El tratamiento PPAc también presenta muy alto porcentaje de semillas duras, sin embargo, estas sí están muertas debido al tratamiento de ácido sulfúrico; mientras que los tratamientos de Gr y PPM, necesitan tratamiento adicional para lograr aumentar el porcentaje de germinación y el uso de ácido giberélico ha sido reportado como mejorador de la germinación en semilla de esta especie (Agüero *et al.*, 2017). Martínez *et al.* (2013), usaron diversas concentraciones de ácido sulfúrico, sin embargo, reportan cero germinación, algo similar lo observado en este experimento. Contrariamente Bhattarai *et al.* (2008), usando una concentración de 100% con ácido sulfúrico alcanzó una germinación de 94%, en *C. ciliaris*.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación en semilla de *Cenchrus ciliaris*.

Tratamiento	Porcentaje (%)			
	Si germinaron		No germinaron	
	Normal	Anormal	Hongos	Dura
CPT	45 <sup>b</sup>	14 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	23 <sup>c</sup>
CPE1	53 <sup>b</sup>	15 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	14 <sup>cd</sup>
CPE3	67 <sup>a</sup>	12 <sup>a</sup>	18 <sup>a</sup>	3 <sup>d</sup>
Media CP	55	13	18	13
PPTM	6 <sup>c</sup>	3 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	93 <sup>ab</sup>
PPME1	5 <sup>c</sup>	5 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	95 <sup>ab</sup>
PPME33	12 <sup>c</sup>	0 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	84 <sup>b</sup>
Media PPM	8	3	2	91
GrTE1	6 <sup>c</sup>	2 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	88 <sup>ab</sup>
GrT1	5 <sup>c</sup>	4 <sup>b</sup>	0 <sup>b</sup>	95 <sup>ab</sup>
GrT2	3 <sup>c</sup>	6 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	93 <sup>ab</sup>
GrTE3	7 <sup>c</sup>	1 <sup>b</sup>	7 <sup>b</sup>	86 <sup>ab</sup>
Media Gr	5	4	4	91
PPAcT	0 <sup>c</sup>	8 <sup>b</sup>	5 <sup>b</sup>	95 <sup>ab</sup>
PPAcE1	2 <sup>c</sup>	7 <sup>b</sup>	4 <sup>b</sup>	94 <sup>ab</sup>
PPAcE33	0 <sup>c</sup>	9 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	98 <sup>ab</sup>
Media PPQ	1	8	4	96
Tratamiento	***	***	***	***

Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), Significancia: \*\*\* =  $p \leq 0.001$ .

La máxima germinación se observó en CP, con 69% ( $p < 0.05$ ); sin embargo, sólo 55% fueron plántulas con estructuras normales, aquí se puede apreciar el efecto de realizar lavados, al no dar lavado en semilla la germinación es 45%, con un lavado 53% y al realizar tres lavados aumenta a 67%. También Martínez *et al.* (2013), eliminó glumas y el efecto fue 12% de germinación, sin reportar viabilidad. La presencia de inhibidores de la germinación aún en

cariópsides ha sido indicada por Tinoco-Ojanguren *et al.* (2016) y esto redujo a que únicamente 78% de las semillas viables germinara y del total germinado 31% fueron plántulas anormales, tal vez debido al daño mecánico de la escarificación manual (Cuadro 2) o influencia de inhibidores del embrión. El desaristado manual no afectó la viabilidad ni la germinación de la semilla ( $P>0.05$ ); sin embargo, los resultados de dispersión indican que su desplazamiento es lento en condiciones ambientales, lo que puede significar una ventaja en la reducción de pérdidas de semilla por efecto del viento. La semilla CP mostró el menor desplazamiento; sin embargo, después de siete días de evaluación todos los cariópsides desaparecieron por efecto de depredadores (hormiga y pájaro). Después de una semana de depositados en campo, los propágulos sin cubrir, solamente puestos en suelo mostraron dentro de su perímetro de colocación 6% de semilla Gr y 12% de semilla sin aristas; lo que es indicador de un lento desplazamiento de la semilla sin aristas respecto a la semilla como se comercializa actualmente (en greña). A pesar de sus efectos invasivos e inhibitorios de pasto Buffel sobre poblaciones de especies vegetales nativas (Jordan *et al.*, 2011), representa una opción para proteger el suelo de la erosión física y biológica (microorganismos) que amenaza grandes áreas sobrepastoreadas de México semiárido; la cual, podrá revertirse si hay condiciones de actividad en suelos a futuro, toda vez resguardada y evaluada la diversidad de especies nativas de gramíneas; en caso de no generar tecnología para proteger el suelo, no habrá oportunidad de recuperación de los pastizales a mediano plazo.

### CONCLUSIÓN

Las brácteas accesorias al cariósipside protegen a la semilla durante su almacenamiento por lo que no se deben aplicar tratamientos hasta antes de la siembra. Los tres tipos de propágulo evaluados ofrecen ventajas diferenciales. El enjuague incrementó la germinación en los tres tipos de propágulo sin tratamiento con ácido sulfúrico. El cariósipside debe utilizarse cuando las condiciones de siembra son profesionales, protegidos contra depredadores y buena presencia de humedad en el suelo; el propágulo desaristado conserva condiciones similares de germinación a la semilla en greña; sin embargo, tiene la ventaja de que no es desplazado por el viento en condiciones de campo, dando la oportunidad a la mejora en el establecimiento de praderas.

### LITERATURA CITADA

- Agüero, CG, GR Pereira y RO Rolando. 2017. Método alternativo de germinación para determinar la calidad de semillas en Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris* L.). *Agriscientia* 34: 47-58.
- Bhattarai, SP, Fox J, and Gyasi A. 2008. Enhancing buffel grass seed germination by acid treatment for rapid vegetation establishment on railway batters. *J of Arid Environments*. 72: 255-262
- Di, RJA, Casanoves F, Balzarini MG, González, MG, Tablada M, Robledo, CW. 2008. InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 336p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales* 31(1): 74-85.
- Gómez M, S y JR González D. s/f. Latencia de la semilla de nuevas variedades de zacate buffel *Cenchrus ciliaris* L. *Zonas Áridas*. pp. 309-312.
- Ibarra, FFA, MH Marín R y AR Quero C. 2013. Pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* L. Link. (*Pennisetum ciliare* Lam.). In: AR Quero C. (ed.) Gramíneas Introducidas: Importancia e Impacto en Ecosistemas Ganaderos. INIFAP, COLPOS, UA Chapingo, IICA. Biblioteca Básica de Agricultura 1ra Ed. pp. 73-101.
- Koornneef, M, Bentsink L, and Hilhorst H. 2002. Seed dormancy and germination. *Plant Biol*. 5: 33-36.
- Loredo, OC, Beltrán LS, Villanueva DJ y Urrutia MJ. 2005. Establecimiento de pasto Buffel para el control de la erosión. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis. pp 40.

- 
- Ma, HY, Liang ZW, Liu MM, Wang M, and Wang SH. 2010. Mechanism of the glumes in inhibiting seed germination of *Leymuschinensis* (Trin.) Tvel (Poaceae). *Seed Sci. Technol.* 38(3): 655-664.
- Quero, CAR, Enríquez QFJ; Morales NCR, Miranda JL.2010. Apomixis y su importancia en el mejoramiento en la selección y mejoramiento de las gramíneas tropicales. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 1: 25-41.
- Tinoco-Ojanguren, C, I. Reyes-Ortega, ME Sánchez-Coronado, F. Molina-Freaner y A. Orozco-Segobia. 2016. Germination of an invasive *Cenchrus ciliaris* L. (buffel grass) population of the Sonoran Desert under various environmental conditions. *South African J of Botany.* 104: 112-117.

# GRAMÍNEAS FORRAJERAS SEMBRADAS EN DOS TAMAÑOS DE CARIÓPSIDE

## SEEDLING GROWTH FOR GRASSES USING TWO CARYOPSIS SIZES.

María de Jesús Carrillo Llanos<sup>1</sup>, Adrián Raymundo Quero Carrillo<sup>1</sup>, José Alberto Salvador Escalante Estrada<sup>1</sup>, Leonor Miranda Jiménez<sup>1</sup>, Juana Elvira Ramírez Meléndez<sup>1</sup>, Fernando López Carrillo<sup>2</sup>, Filogonio Jesús Hernández Guzmán<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo; <sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo, <sup>3</sup>U Tec. Fco. I. Madero, Hgo.

### RESUMEN

En temporal semiárido diversos factores pueden incrementar el éxito de establecimiento de plantas. El rápido desarrollo de plántula es uno de ellos. Se compararon tres gramíneas nativas: *Bouteloua curtipendula*; *B. radicata*; *Muhlenbergia phleoides* y *Pennisetum ciliare* (introducida), como testigo y bajo condiciones de invernadero. Se realizó limpieza, medición, pesaje y selección de cariósides; las cuales, se clasificaron y sembraron en dos tamaños (chico, grande). Como sustrato, se utilizó mezcla suelo: tepetil: corteza molida de árbol (2:1:1). Se sembró a capacidad de campo en almácigos. A 21 días después de la siembra (dds), se trasplantó una planta por tubete de 70 cm<sup>3</sup>. Se regó cada tres días y no se fertilizó. Se evaluó el crecimiento de plántulas mediante muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 dds, con tres repeticiones por tratamiento, utilizando dos plantas por repetición para tamaño de cariósido y especie. Se evaluó biomasa (MS) total, de hoja, raíz y tallo. La información se analizó mediante diseño completamente al azar y DMS honesta ( $p < 0.05$ ) para separación de medias. Se obtuvo mayor rendimiento de MS total para tamaño de cariósido ( $P < 0.05$ ). Respecto a distribución de componentes morfológicos, se observó mayor asignación de asimilados a la parte radical en el primer muestreo ( $P < 0.05$ ), no así en los siguientes. La alternativa de utilizar cariósido grande resulta benéfica para mayor crecimiento inicial de plántulas, esto es importante en escenarios difíciles para el establecimiento de praderas de temporal. *B. radicata* mostró capacidad competitiva comparable a Buffel, durante el periodo evaluado.

**Palabras clave:** crecimiento de plántulas, tamaño de cariósido, establecimiento de praderas.

### ABSTRACT

Several factors may increase successful prairies establishment under arid rain-fed conditions. Faster seedling development may be one of those. We compare three native to Mexico grasses: *Bouteloua curtipendula*; *B. radicata*; *Muhlenbergia phleoides*, and *Pennisetum ciliare* (introduced), as placebo, under greenhouse conditions. Seed propagules were cleaned and obtained caryopses measured (dimensions and weight) and classified as big and small. Soil substrate consisted on a mixture of soil: volcanic pebbles: grounded three bark (2:1:1). Seed was germinated in special containers and 21 days after sowing (dds) seedlings were individually transplanted to plastic pots (70 cm<sup>3</sup>). No fertilization and watering every three days were applied. Plant growth was evaluated through destructive sampling to 43, 56, 67, 81, and 96 dds, using three replicates per treatment, two plants per replicate for caryopsis size and species. Total biomass (MS) was determined as well as foliar, roots and semi-stem plant tissue. Data was analyzed using a completely randomized design and DMS for means separation ( $p < 0.05$ ). Higher total MS was observed for big caryopsis ( $p < 0.05$ ).

Morphological MS components showed higher fotosintates assignation to root development just after germination, but not on the following ages. Big caryopsis sowing is a valuable alternative to promote vigorous growth facing harsh arid land conditions for plant establishment.

**Keywords:** seedling growth, caryopsis classification, prairies establishment.

## INTRODUCCIÓN

En México, las gramíneas constituyen por su diversidad la tercera familia más importante, precedida por las asteráceas y fabáceas (Valdés y Cabral, 1993). Las estimaciones más recientes señalan entre 198 y 206 géneros y un poco más de 1,000 especies a nivel nacional, representadas en seis subfamilias, 26 tribus y 30 subtribus (Valdés y Dávila, 1995). El deterioro del suelo en las zonas áridas y semiáridas de México es debido a sobre-pastoreo, deforestación y cambio de uso de suelo, este último debido principalmente a apertura de tierras a campos de cultivo (SEMARNAT, 2008; PMARP, 2012; Quero *et al.*, 2014). En ese sentido, la investigación en gramíneas representa una herramienta para disminuir el avance de la desertificación por su potencial para cubrir el suelo mediante dos herramientas sólidas: producción-densidad de semilla, además de corto tiempo a la madurez; lo cual, ocurre entre 70 a 90 días (Quero *et al.*, 2014). Especies introducidas y nativas como *B. curtipendula* se recomiendan para rehabilitación de zonas áridas degradadas (Corrales *et al.*, 2016). Por tanto, dependiendo de la especie, se da manejo para su establecimiento en praderas. El tamaño de cariósipide puede determinar el vigor de planta, aumento o reducción de la germinación (Naylor, 1980). El objetivo fue estudiar el crecimiento mediante muestreos destructivos a 43, 56, 67, 81 y 96 días después de la siembra (dds) en tres gramíneas nativas y una introducida, con diferente tamaño de cariósipide.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo Texcoco, Estado de México. Se evaluaron cuatro especies de gramíneas (Poaceae), tres nativas: Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.; Navajita morada *B. radicata* (Vasey & Hack.) Columbus; Lobero *Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus y una introducida, pasto Buffel *Pennisetum ciliare* (L.) Link. Las semillas fueron proporcionadas por el área de forrajes del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se acondicionó la semilla de forma manual, se limpió hasta que las cariósipides de cada especie quedaron sin brácteas accesorias: ramillas modificadas, glumas, lemas, palea; según el caso, utilizando tapete corrugado de caucho con ayuda de cepillo de madera cubierto del mismo material corrugado. Utilizando tamiz de acero inoxidable del número 25 con tamaño de ojo de 0.6 mm (Norma ASTM), se clasificaron los cariósipides en grandes y pequeños, por especie; además, se determinó tamaño y forma utilizando vernier modelo Knova. La siembra se realizó en almácigos, utilizando como sustrato un compuesto de suelo, tepecil y corteza molida de árbol (2:1:1). Los cariósipides se inocularon con producto comercial de *Trichoderma* spp., para controlar enfermedades causadas por hongos y promover germinación. Se realizó el trasplante a tubetes de 70 cm<sup>3</sup> a veintiún días después de la siembra (dds), utilizando como sustrato peat moss con tezontle (2:1). Se realizaron cinco muestreos destructivos; a 43 dds, se inició con el primero, los siguientes, se realizaron a 56, 67, 81, 96 dds, utilizando dos plantas por especie por tamaño de cariósipide, hasta el periodo considerado de establecimiento natural: 90 dds. En cada

muestreó, se separaron componentes morfológicos: hoja, tallo y raíz. Se determinó el área foliar utilizando Integrador de Área Foliar (LI-COR 3100), se realizó la cuantificación del rendimiento de materia seca (MS) por componente: hoja, tallo y raíz; los cuales se colocaron en bolsas de papel de estraza, se identificaron y secaron en estufa de flujo de aire a 55°C hasta peso constante; posteriormente, se pesaron en balanza electrónica de precisión Ohaus (420 g + 0.001 g), para determinar MS por componente. Los tratamientos fueron resultado de la combinación de cuatro pastos: Banderita, Lobero, Navajita morada y Buffel, con dos tamaños de cariósido (chico y grande), la unidad experimental consistió en tubetes de 70 cm<sup>3</sup>, con dos plantas por unidad. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza en arreglo completamente al azar y pruebas DMS<sub>h</sub>,  $\alpha = 0.05$ ) con el programa (SAS).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La biomasa promedio en especies evaluadas provenientes de cariósido con tamaño grande, obtuvieron mayor cantidad de MS (Fig. 1). Kneebond y Cremer (1955), ya indicaban la influencia del tamaño de cariósido en el desarrollo de plántulas. Smith *et al.* (2003), documentaron en *Lolium perenne* el mismo efecto; posteriormente Quero *et al.* (2017), muestran en pasto Banderita, la importancia del tamaño de embrión para generar mayor tamaño de plántulas como resultado de mayor tamaño de raíz y hoja en menor tiempo, características de la plántula que contribuyen a un mejor establecimiento del pastizal. Similarmente Quero *et al.* (2017a) indican el potencial de variabilidad genética y selección para diversos caracteres en los recursos genéticos de pastos en México. En cereales de grano pequeño López-Castañeda *et al.* (1996), obtuvieron mayor emergencia a mayor tamaño de cariósido (TC) y embrión, lo que resultó en plantas de mayor vigor y les permitió sobrevivir a la sequía intraestival y producir mayor cantidad de grano. Por otra parte, la biomasa producida (Cuadro 1) entre las gramíneas estudiadas, nativas e introducidas, no mostró diferencias entre genotipos y tamaño de cariósido ( $p > 0.05$ ) a 43 dds; sin embargo, para muestreos subsecuentes (56, 67, 81, 96) dds, se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para tamaño de cariósido y entre especies. La MS total en plántulas originadas de cariósido grande fue mayor, tanto en especies nativas como introducidas respecto a aquellas plántulas originadas a partir de cariósido chico. Respecto a composición morfológica de la MS producida por especies nativas e introducidas de gramíneas evaluadas, para la distribución de la asignación de fotosintatos, mostraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la primera fecha de muestreo por componente morfológico y tamaño de cariósido (g MS pl<sup>-1</sup>). Se observó mayor translocación de asimilados a la parte radical en cada variedad; sin embargo, para los muestreos siguientes banderita mostró mayor asignación de recursos a MS aérea para ambos tamaños de cariósido, los demás materiales y en los muestreos siguientes, mostraron mayor importancia al asignar fotosintatos a la parte aérea. No se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ) en estos muestreos subsecuentes (56, 67, 81, 96 dds). Navajita morada y Buffel presentan un desarrollo similar de plántula, asignando una proporción similar al desarrollo de raíz respecto a la parte aérea en ambos tamaños de cariósido y ligeramente superior, al primer muestreo, para raíz. Banderita asigna mayor importancia al desarrollo radical, de 60 a 80% para la primera fecha de muestreo en cariósido grande (Cg) y chico Cch), respectivamente (43dd). Posteriormente, la parte aérea recibe alrededor de 60% de foto-asimilados en Cg y hasta 80% hasta 81 dds, equiparándose a 96dds, momento que puede considerarse como de fin de la influencia del tamaño de cariósido para esta especie. Banderita Cch asignó mucha mayor importancia al desarrollo de la parte aérea, pasando de 80% (43dds) a 25% (56 dds), 20% (67 dds), 22% (81 dds) y

37% (96 dds), mostrando el mayor contraste para la asignación de foto asimilados entre las especies estudiadas (Fig. 2).

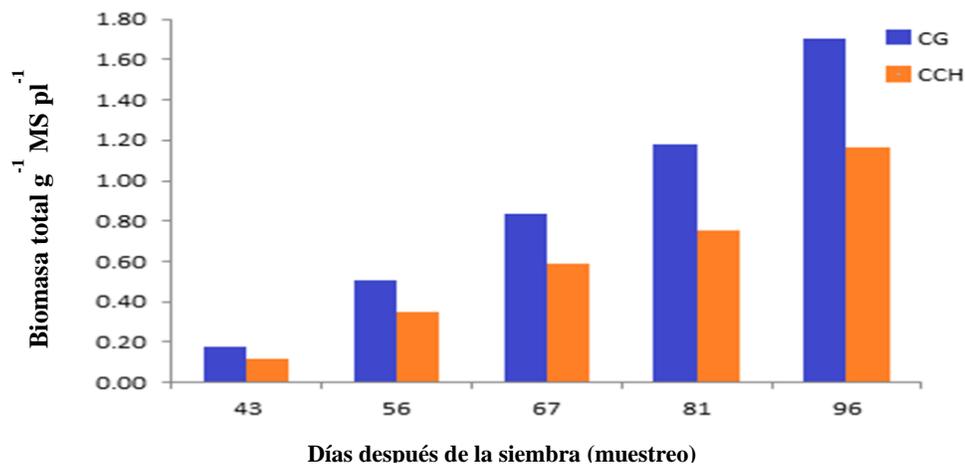


Figura 1. Biomasa total (g<sup>-1</sup> MS pl<sup>-1</sup>) de cuatro especies de pastos mediante cinco fechas de muestreo destructivo post-siembra, en Banderita *Bouteloua curtipendula*; Navajita morada *B. radicata*; Lobero.

Cuadro 1. Biomasa total de plántula de tres variedades nativas y una introducida, a partir de muestreos destructivos con diferente fecha de muestreo post-siembra, en condiciones de invernadero en Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Gen	Tamaño	dds					Total						
		43	56	67	81	96							
Banderita	G	0.008	a	0.116	ab	0.116	d	0.299	b	0.509	c	1.04	c
	Ch	0.021	a	0.099	b	0.084	d	0.236	b	0.338	c	0.77	c
Navajita morada	G	0.038	a	0.116	ab	0.235	b	0.305	a	0.556	b	1.25	a
	Ch	0.036	a	0.164	b	0.168	c	0.364	a	0.478	b	1.21	a
Buffel	G	0.054	a	0.094	a	0.302	a	0.291	a	0.374	a	1.11	a
	Ch	0.050	a	0.060	ab	0.211	b	0.145	a	0.228	a	0.69	a
Lobero	G	0.036	a	0.164	b	0.184	c	0.364	b	0.578	b	1.32	b
	Ch	0.016	a	0.155	b	0.122	c	0.286	b	0.468	b	1.04	c
DMSh		0.023		0.05		0.06		0.09		0.1		0.36	
Significancia		ns		**		**		**		**		**	

\*P<0.05; \*\*P<0.001. Gen: Genotipo; G: Cariópside grande; Ch: Cariópside chico; dds: días después de siembra; DMSh= Diferencia mínima significativa honesta ns: no significativo.

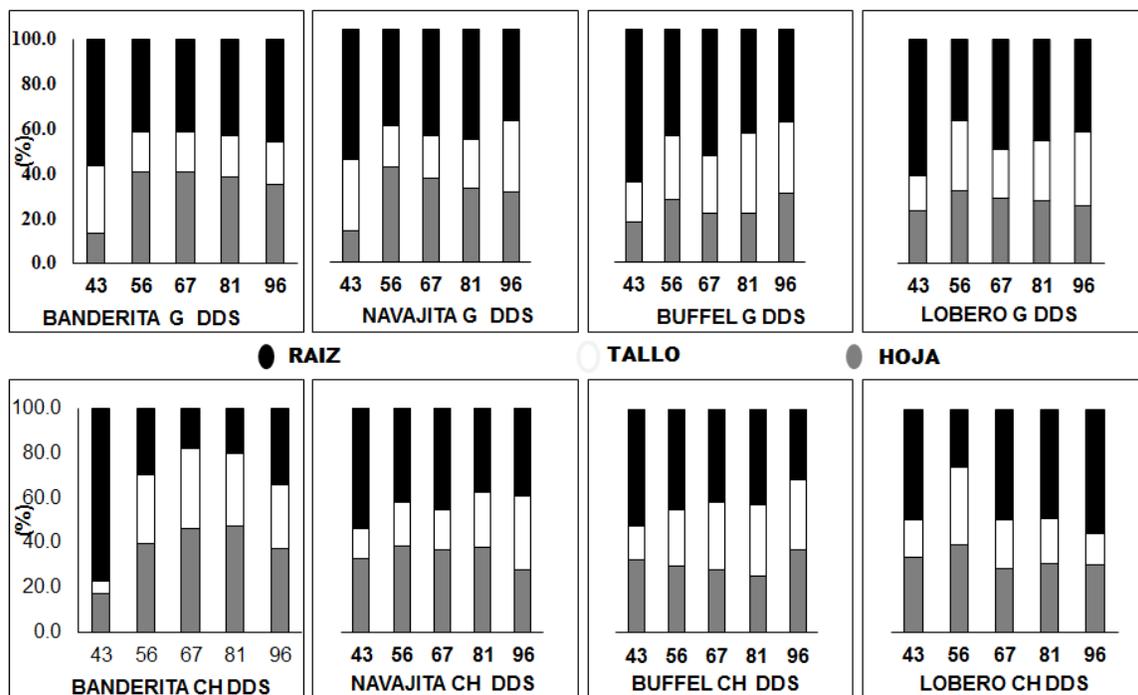


Figura 2. Asignación de foto-asimilados hacia hoja, tallo o raíz, de plántulas de tres especies de gramíneas nativas y una introducida: Banderita (BAN), Lobero, Buffel y Navajita morada, con muestreos destructivos a 43, 56, 67, 80 y 96 días después de siembra (DDS) para CG= Cariópside grande y CH= Cariópside chico, bajo condiciones de invernadero.

## CONCLUSIONES

La utilización de cariópside de mayor peso y tamaño resulta en plántulas con mayor desarrollo de raíz y de la parte aérea y este efecto no desaparece en el desarrollo de plántulas durante el periodo evaluado Banderita posee crecimiento más lento y asigna recursos para una raíz de mayor eficiencia en la producción de materia seca. *Bouteloua radicata* mostró buena capacidad competitiva comparable a Buffel, durante el periodo evaluado. Existe oportunidad para lograr plántulas de mayor potencial para establecerse ante ambientes de siembra difíciles.

**AGRADECIMIENTOS.** A CONACYT-FOINS, por el apoyo, proyecto 248252: Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014: "Colecta, Salvaguarda y Evaluación de Forrajeras (Poaceae), para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido".

## LITERATURA CITADA

- Corrales, LR, C Morales N, A Melgoza C, JS Sierra T, J Ortega G, G Méndez. 2016. Caracterización de variedades de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Rev Mex de Cien Pecuarias*. 7(2): 201-211.
- Kneebone, WR, CL Cremer. 1955. The relationship of seed size to seedling vigor in some native grass species. *Agronomy J*. 47: 472-477.
- López, C, RA Richards, GD Farquar, and RE Williamson. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperature cereals. *Crop Science* 36: 1257-1266.
- Naylor, RE. 1980. Effects of seed size and emergence time on subsequent growth of perennial ryegrass. *New Phytologist*. 84: 313-318.
- PMARP (Plan Maestro de la Alianza Regional para la Conservación de los Pastizales del Desierto Chihuahuense). 2012. In: Guzmán-Aranda, J.C.; J. Hoth y H. Berlanga (eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal. Canadá. 40 p.
- Quero, CAR., L Miranda J, F Hernández G y F Rubio A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas de temporal. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p.
- Quero, CAR., FJ Hernández G., J Pérez J, A Hernández G, P Pérez L, S Ramírez. 2017. Germinación de carióspsides clasificados por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8:489-502.
- Quero, CAR., L Miranda J, JF Villanueva A. 2017a. 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.
- SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2009. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. México D.F. 78 p.
- Smith, KF, NM McFarlane., VM Croft., PJ Trigg, GA Kearney. 2003. The effects of ploidy and seed mass on the emergence and early vigor of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) cultivars. *Australian J of Experimental Agriculture* 43: 481 – 486.
- Valdés, RJ, Cabral C. 1993. Chorology of Mexican grasses. In: Ramamoorthy, T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Biological diversity of Mexico, origins and distribution*. Oxford University Press. Nueva York. pp. 439-446.
- Valdés RJ y P Dávila. 1995. Clasificación de los géneros de gramíneas (Poaceae) mexicanas. *Acta Bot. Mex*. 33: 1-36.

EMERGENCIA Y SOBREVIVENCIA DE DOS GRAMÍNEAS BAJO PATRONES DE SEQUÍA SIMULADOS

EMERGENCY AND SURVIVAL OF TWO GRASSES UNDER SIMULATED DRAUGHT PATTERNS

Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez<sup>1</sup>, Alicia Melgoza Castillo<sup>2</sup>, Ricardo Mata-González<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Valle de Culiacán INIFAP-CIRNO, Culiacán, Sinaloa, México. fazobed@gmail.com <sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México. amelgoza@uach.mx <sup>3</sup>Department of Animal and Rangeland Sciences, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.  
[ricardo.matagonzalez@oregonstate.edu](mailto:ricardo.matagonzalez@oregonstate.edu)

RESUMEN

La disponibilidad del agua es una condición muy importante para la germinación de las semillas. El objetivo del presente estudio fue evaluar algunas de las especies presentes en el desierto Chihuahuense sujetas a diferentes secuencias de humedad/sequía. El presente trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. La temperatura utilizada fue de 30/20 °C (día/noche) para simular las condiciones de la temperatura del mes de Julio en el desierto Chihuahuense. Se utilizaron semillas de *Leptochloa dubia* y *Eragrostis curvula*, gramíneas presentes en el desierto Chihuahuense. Se utilizaron las secuencias utilizadas por Esqueda *et al.* (2005): alta, media, baja y muy baja. Las variables evaluadas fueron: emergencia, velocidad de emergencia, primer día de emergida la semilla, sobrevivencia, proporción radícula:plúmula. El trabajo se realizó bajo un diseño en parcelas divididas donde se consideró a la secuencia como parcela grande y a la especie como parcela chica. Se utilizaron cinco repeticiones por cada secuencia. Para el análisis de los datos se utilizó el programa SAS mediante el procedimiento GLIMMIX. Se encontró diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) en la emergencia de las especies. A mayor cantidad de agua, la emergencia fue mayor. Así mismo, la velocidad de emergencia disminuyó cuando la cantidad de agua fue menor. También, se encontró que, a menor cantidad de agua administrada, el tiempo a la primera emergencia aumentaba ( $P < 0.05$ ). En *E. curvula* se mostró un decremento en la sobrevivencia ( $P < 0.05$ ), sin embargo, en *L. dubia* no se encontró diferencia entre las secuencias ( $P > 0.05$ ). La proporción radícula:plúmula, en *E. curvula* no se encontró diferencia estadística, sin embargo, en *L. dubia* se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). A menor cantidad de agua la proporción fue mayor. Esto quiere decir que la plántula almacena mayor cantidad de materia seca bajo condiciones de sequía.

**Palabras clave:** *Leptochloa dubia*, *Eragrostis curvula*, Secuencias.

ABSTRACT

Water availability is a very important condition for seed germination. The aim of the present study was to evaluate some of the species present in the Chihuahuan desert subject to different humidity/drought sequences. The present work was carried out under greenhouse conditions. The temperature used was 30/20 °C (day/night) to simulate the temperature conditions of the month of July in the Chihuahuan desert. Seeds of *Leptochloa dubia* and *Eragrostis curvula*, grasses present in the Chihuahuan desert were used. The sequences used by Esqueda *et al.* (2005): high, medium, low and very low. The variables evaluated were:

emergency, emergency velocity, first day of emergence, survival, root:shoot rate. The work was carried out under a design in divided plots where the sequence was considered as a large plot and the species as a small plot. Five repetitions were used for each sequence. The SAS program was used to analyze the data using the GLIMMIX procedure. Statistical difference ( $P < 0.05$ ) was found in the emergence of the species. The greater the amount of water, the emergency was greater. The emergency velocity decreased when the amount of water was lower. Also, it was found that the lower the amount of water administered, the time to the first emergency increased ( $P < 0.05$ ). In *E. curvula* a decrease in survival was shown ( $P < 0.05$ ), however, in *L. dubia* no difference was found between the sequences ( $P > 0.05$ ). The root:shoot ratio, in *E. curvula* no statistical difference was found, however, in *L. dubia* a significant difference was found ( $P > 0.05$ ). At a lower amount of water the proportion was higher. This means that the seedling stores more dry matter under drought conditions.

**Keywords:** *Leptochloa dubia*, *Eragrostis curvula*, Sequences.

## INTRODUCCIÓN

Si bien las plantas de zonas áridas están adaptadas a bajos niveles de humedad, esto es una limitante en la etapa de establecimiento (Van Swaaij *et al.*, 2001; Esqueda *et al.*, 2005, Prado-Tarango *et al.*, 2019). La disponibilidad del agua es una condición muy importante para la germinación de las semillas, debido a que determina la imbibición y activación de procesos metabólicos como rehidratación, mecanismos de reparación, crecimiento celular y aparición de la radícula (Dubreucq *et al.*, 2000; Zhu *et al.*, 2014). La baja disponibilidad de humedad para el establecimiento de plantas reviste una gran importancia en los programas de restauración, especialmente en zonas áridas (Mata-González *et al.*, 2012). Aunado a esto, los cambios en temperatura y precipitación debidos al cambio climático tendrán un impacto en el establecimiento de las plantas. Es importante la evaluación de especies nativas en México y su respuesta para tolerar la sequía. Existen diversos estudios donde se habla sobre nuevas variedades de especies introducidas en programas de resiembra; sin embargo, existen muy pocos estudios sobre especies nativas para su uso en estos programas (Silva-Olivas *et al.*, 1993; Esqueda y Carrillo, 2001; Beltrán-López *et al.*, 2018). Además, se ha generado gran cantidad de paquetes tecnológicos para el uso de plantas introducidas y no existen tantos para especies nativas (Melgoza-Castillo *et al.*, 2007). El objetivo del presente estudio fue evaluar algunas de las especies presentes en el desierto Chihuahuense sujetas a diferentes secuencias de humedad/sequía.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los invernaderos de la Universidad Estatal de Oregon (OSU). Para lo cual se utilizó un invernadero con temperaturas 30/20 (día/noche) para simular las condiciones de la temperatura del mes de Julio en el desierto Chihuahuense (Esqueda *et al.*, 2005). Se utilizaron semillas de dos gramíneas presentes en el desierto Chihuahuense. Las especies utilizadas en las pruebas fueron: *Leptochloa dubia* y *Eragrostis curvula*. Se utilizaron las secuencias utilizadas por Esqueda *et al.* (2005): Muy baja 1-1, 1-1, 1-2, 1-2, 1-4, 1-12 (Seis días con lluvia); 60 mm de precipitación total durante la prueba. Baja 1-2, 1-2, 1-1, 1-1, 2-4, 2-12 (ocho días con lluvia); 80 mm de precipitación total durante la prueba. Media 1-1, 1-1, 2-2, 2-2, 2-4, 2-12 (diez días con lluvia); 100 mm de precipitación

total durante la prueba. Alta 2-1, 2-1, 2-1, 2-1, 2-4, 2-12 (doce días con lluvia); 120 mm de precipitación total durante la prueba.

### **Variables Evaluadas**

**Emergencia.** El porcentaje de emergencia se obtuvo con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ emergencia} = \frac{\text{semillas emergidas}}{\text{total de semillas sembradas}} \times 100$$

**Velocidad de emergencia (VE).** Esta variable se obtuvo con base en la siguiente ecuación (Maguire, 1962):

$$VG = \sum_{i=1}^n \frac{G_i}{N_i}$$

Donde:  $G_i$ : representa el número semillas emergidas en el día  $i$ -ésimo.  $N_i$ : representa el número de días desde la iniciación del ensayo de la emergencia.

**Tiempo a la primera emergencia (PDE).** Se evaluó el primer día de emergida la semilla.

**Sobrevivencia.** Se evaluó a los 40 días de haber establecido las secuencias.

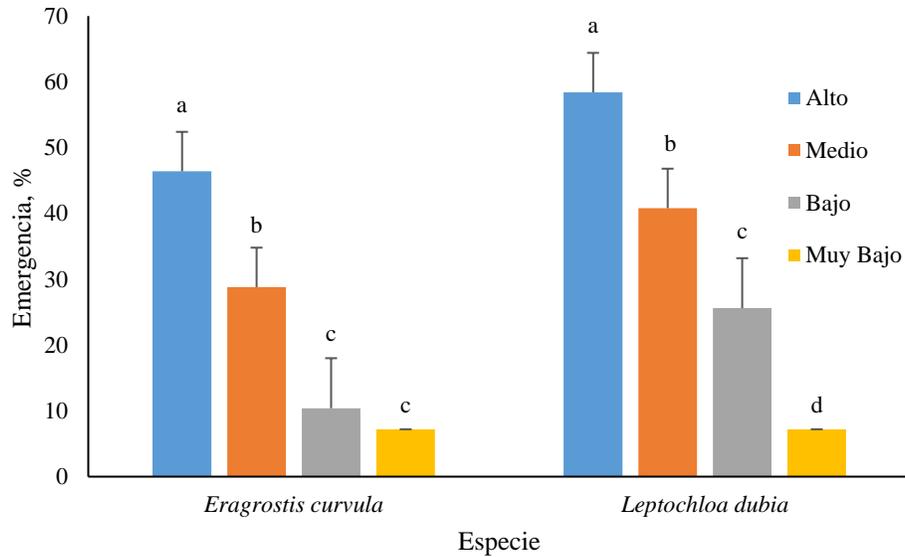
**Proporción radícula:plúmula (R:P).** Al día 40 de la prueba se midió la plántula para obtener sus proporciones de radícula:plúmula (R:P), las proporciones fueron con respecto a la longitud (R:PL) y el peso (R:PW).

### **Análisis Estadístico**

El trabajo se realizó bajo un diseño en parcelas divididas donde se consideró a la secuencia como parcela grande y a la especie como parcela chica. Se utilizaron cinco repeticiones por cada especie para cada secuencia. Se utilizó el procedimiento GLIMMIX de SAS (SAS Institute Inc.) para el análisis de la emergencia y sobrevivencia. Para el análisis de VE, NDE, R:PL y R:PW se utilizó MIXED.

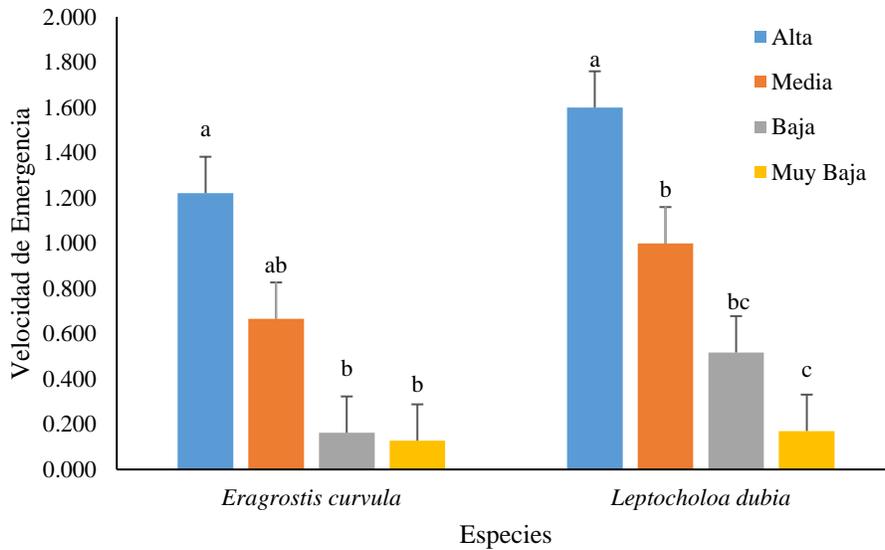
## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La emergencia fue afectada por la cantidad de agua disponible en cada uno de los tratamientos ( $P < 0.05$ ). Con la secuencia alta se encontraron las mayores emergencias y con la baja las menores (Gráfica 1). Ambas gramíneas disminuyeron la emergencia cuando las secuencias de humedad/sequía eran más bajas ( $P < 0.05$ ). Esqueda *et al.* (2005) encontraron una disminución entre 95 y 77 % en la emergencia de *Leptochloa dubia* bajo condiciones de sequía. En *Eragrostis curvula* se presentó una disminución de 97 y 80 % con respecto al porcentaje de emergencia en las secuencias de humedad/sequía. La disminución de la emergencia se debe a que las plantas necesitan una cantidad mínima de humedad para llevar a cabo los procesos de germinación (Zhu *et al.*, 2014).



Gráfica 1. Porcentaje de emergencia en dos gramíneas sometidas a diferentes secuencias de humedad/sequía.

La velocidad de emergencia (VE) resultó estar influenciada ( $P < 0.05$ ) por las secuencias de humedad sequía en todas las especies (Gráfica 2). La secuencia con mayores días de humedad presentó el mayor VE ( $P < 0.05$ ). Estas respuestas fueron similares a las reportadas por Prado-Tarango *et al.* (2019), donde reportaron un comportamiento similar en plantas del desierto Chihuahuense cuando eran sometidas a secuencias de humedad/sequía.



Gráfica 2. Velocidad de emergencia de dos gramíneas presentes en el desierto chihuahuense sometidas a diferentes niveles de humedad/sequía.

Debido a la cantidad de datos de sobrevivencia en la secuencia muy baja, no se pudieron realizar los análisis estadísticos correspondientes. El tiempo promedio a la primera germinación fue afectado por las secuencias de humedad/sequía ( $P < 0.05$ ). Mientras menor cantidad de agua se aplicaba, mayor era el tiempo a la germinación, en promedio ambas

especies germinaron cuando se tenían seis riegos (60 mm de precipitación simulada). Así mismo, la sobrevivencia fue afectada por las secuencias de humedad/sequía ( $P < 0.05$ ). Al aplicar los niveles de humedad más bajos, la sobrevivencia fue menor. *Leptochloa dubia* presentó la menor pérdida de sobrevivencia en la secuencia baja (Cuadro 1). Waller y Lewis (1979) mencionaron que las plantas que sean tolerantes a sequía o falta de humedad, tendrán ventaja sobre aquellas que no toleran la sequía ante escenarios futuros. En la proporción raíz:plúmula con respecto a longitud, *E. curvula* y *L. dubia* no mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ). Lo anterior se pueda deber al tamaño del contenedor en el que se encontraba la prueba. Sin embargo, en la proporción R:PW (referente a el peso), *E. curvula* no mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ), sin embargo, *L. dubia* mostró un aumento en la relación. Cuando menor fue la cantidad de agua administrada, mayor fue esta relación ( $P < 0.05$ ).

Cuadro 1. Respuesta de diferentes parámetros en gramíneas sometidas a diferentes secuencias de humedad/sequía

Especie	Secuencia	PDE	Sobrevivencia	R:PL	R:PW
<i>Eragrostis curvula</i>	Alta	8.8 ± 1.01 <sup>a</sup>	0.67 ± 0.12 <sup>a</sup>	0.91 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.64 ± 0.16 <sup>a</sup>
	Media	11.0 ± 1.01 <sup>a</sup>	0.54 ± 0.15 <sup>a</sup>	0.81 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.16 <sup>a</sup>
	Baja	14.9 ± 1.10 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.09 <sup>b</sup>	0.79 ± 0.18 <sup>a</sup>	0.35 ± 0.19 <sup>a</sup>
	Muy Baja*	-	-	1.18 ± 0.22 <sup>a</sup>	0.63 ± 0.23 <sup>a</sup>
<i>Leptochloa dubia</i>	Alta	7.2 ± 1.01 <sup>a</sup>	0.59 ± 0.13 <sup>a</sup>	0.82 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.56 ± 0.16 <sup>a</sup>
	Media	8.6 ± 1.01 <sup>a</sup>	0.41 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.73 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.75 ± 0.16 <sup>ab</sup>
	Baja	12.2 ± 1.01 <sup>b</sup>	0.50 ± 0.15 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.16 <sup>a</sup>	0.68 ± 0.17 <sup>ab</sup>
	Muy Baja*	-	-	1.023 ± 0.22 <sup>a</sup>	1.12 ± 0.23 <sup>b</sup>

Secuencia: Nivel de humedad con base en Esqueda *et al.* (2005); PDE: Primer día a la emergencia; Sobrevivencia= conteo a los 40 d de iniciado la prueba; R:PL= Proporción Raíz/Plúmula de la longitud; R:PW= Proporción Raíz/Plúmula del peso. \* No datos suficientes para realizar el análisis.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, Ante diferentes escenarios de cambio climático, las especies de gramíneas pudieran disminuir debido a las condiciones desfavorables de precipitación, lo anterior debido a que hubo una disminución de la emergencia cuando fueron sometidas a baja humedad. La tolerancia a la sequía de *Leptochloa dubia* lo hace un candidato potencial para ser utilizado como una fuente alternativa de forraje, durante los períodos de sequía en programas de rehabilitación de pastizales. Se recomienda continuar con este tipo de evaluaciones en especies nativas, así mismo, analizar los efectos de la temperatura y el CO<sub>2</sub>.

## LITERATURA CITADA

- Beltrán-López, S., C. A. G. Díaz, C. L. Osti, J. U. Morales, J. A. H. Alatorre, and H. G. G. Vázquez. 2018. "Llorón Imperial", *Eragrostis curvula* (Schrad) Nees, variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 9:400-407.
- Dubreucq, B., N. Berger, E. Vincent, M. Boisson, G. Pelletier, M. Cabache, and L. Lepiniec. 2000. The Arabidopsis AtEPR1 extensin-like gene is specifically expressed in endosperm during seed germination. *Plant Journal* 23:643-652.
- Esqueda, M. H., A. Melgoza, M. Sosa, R. Carrillo, and 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.
- Esqueda, M. H. y R. L. Carrillo. 2001. Producción de forraje y carne en pastizales resemebrados con gramíneas introducidas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 39:139-152.
- Mata-González, R., T. McLendon, D. W. Martin, M. J. Trlica, and R. Pearce. 2012. Vegetation as affected by groundwater depth and microtopography in a shallow aquifer area of the Great Basin. *Ecohydrology* 5:54-63.
- Melgoza-Castillo, A., C. Ortega-Ochoa, C. R. Morales-Nieto, P. Jurado-Guerra, C. Velez-Sanchez-Verin, M. H. Royo-Márques, G. Quintana-Martínez, A. Lafón-Terrazas, M. T. Alarcón-Herrera, G. Bezanilla-Enríquez, and C. Pinedo-Alvarez. 2007. Propagación de plantas nativas para la recuperación de áreas degradadas: opción para mejorar ecosistemas. *Tecnociencia Chihuahua*. 1:38-41.
- Prado-Tarango, D., Mata-González, R., Melgoza-Castillo, A., Elias, S. G., and Santellano-Estrada, E. 2019. Simulated rainfall sequences affect germination and biomass allocation of Chihuahuan desert native plants. *Arid Land Res Manag* 33:22-36.
- Silva-Olivas, M. F., F. Ramírez-Moreno, M. A. Parra-Galindo, M. H. Martín-Rivera, and F. R. Burboa-Cabrera. 1993. Evaluación de 20 variedades de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en el matorral arborescente de Sonora. *Técnica Pecuaria en México* 31:51-55.
- Van Swaaij, A. C. P. M., W. Heijbroek, and J. L. Basting. 2001. Testing and improving seed vigour in sugar beet. *International Sugar Journal* 103:467-472.
- Zhu, Y., X. Yang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, M. Dong, and Z. Huang. 2014. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China. *Plant Soil* 374:399-409

# CARACTERÍSTICAS DE GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE GRAMÍNEAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

## GERMINATION AND DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF GRASSES FROM THE CHIHUAHUAN DESERT

Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez<sup>1</sup>, Alicia Melgoza Castillo<sup>2</sup>, Ricardo Mata-González<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP, Culiacán, Sinaloa, México. fazobed@gmail.com <sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, México. amelgoza@uach.mx

<sup>3</sup>Department of Animal and Rangeland Sciences, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA.  
[ricardo.matagonzalez@oregonstate.edu](mailto:ricardo.matagonzalez@oregonstate.edu)

### RESUMEN

La resiembra es una de las prácticas más comunes en la recuperación de la vegetación. Sin embargo, su alto costo e incertidumbre hace necesario contar con información sobre las características de germinación y desarrollo de la plántula para asegurar el éxito. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características de germinación y desarrollo de gramíneas nativas y exóticas presentes en el desierto Chihuahuense. El trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de semilla de la Universidad Estatal de Oregón, EUA. Las variables evaluadas fueron: germinación, rangos de germinación, tiempos de germinación, velocidad de germinación y proporción radícula:plumula a los 7 y 14 días. La germinación varió de 4 a 91%. En los rangos de germinación seis de las especies presentaron una germinación rápida (R = 50% en los primeros 3 días), cuatro media (M = 50% entre el 4to y 7mo día) y dos lenta (L = 50% después del 7mo día). El tiempo de germinación promedio fue de 8.5 días. La velocidad de germinación mayor se presentó para *Leptochloa dubia* con 29.81 semillas/día y la menor para *Pennisetum ciliare* con 0.56. A los 7 y 14 días, *E. curvula* presentó el valor más alto de proporción R:P con 2.02 y 2.66, respectivamente. La rápida germinación da ventajas competitivas para el establecimiento de plántulas ante cortos períodos de humedad, comunes en zonas áridas. Sin embargo, la lenta germinación mantiene los bancos de semilla en suelo ante eventos de lluvia irregulares. Por otro lado, la alta proporción de R:P representan mayor posibilidad de explorar más área en busca de humedad.

**Palabras clave:** revegetación, pastizales, estrategias de la germinación.

### ABSTRACT

Reseeding is a common practice for vegetation recovery. However, due to its high cost and uncertainty is necessary to have information on the germination and seedling development characteristics to ensure success. The aim of the present work was to evaluate the germination and seedling development characteristics of native and exotic grasses present in the Chihuahuan desert. The work was carried out at the seed laboratory of Oregon State University, USA. The variables evaluated were: germination, germination ranges, germination times (first day, last day and germination time), germination rate and root:shoot ratio at 7 and 14 days. Germination ranged from 4 to 91%. In the germination ranges, six of the species showed rapid (R = 50% in less than 3 days), four medium (M = 50% between the 4<sup>th</sup> and 7<sup>th</sup> day) and two slow (L = 50% after the 7<sup>th</sup> day) germination. The average germination time was 8.5 days. The highest germination rate was presented for *Leptochloa dubia* whit 29.81 seed/day and the lowest for *Pennisetum ciliare* whit 0.56. At 7 and 14 days

*E. curvula* presented the highest R:S ratio with 2.02 and 2.66, respectively. The rapid germination gives competitive advantages for the establishment of seedlings in short periods of moisture, common in arid areas. However, the slow germination keeps the seed banks in soil when irregular rain events occurs. On the other hand, the high proportion of R:S represents a greater possibility of exploring more area in search of moisture.

**Keywords:** revegetation, grassland, germination strategies.

## INTRODUCCIÓN

En los pastizales el cambio de uso de suelo, fragmentación, invasión de especies exóticas, sobrepastoreo, entre otras, se han identificado como principales causas de deterioro (Moreira *et al.*, 2012; Pool *et al.*, 2014; Butikofer *et al.*, 2018). La recuperación de la vegetación es una de las prácticas más comúnmente utilizadas; a pesar de sus altos costos e incertidumbre. Por lo que, el conocimiento técnico y científico sobre la biología de la semilla de especies que se puedan utilizar en la restauración es básica para aumentar las tasas de éxito (Panchal *et al.*, 2011; Aires *et al.*, 2013; Kildisheva *et al.*, 2018). En zonas áridas, la falta de humedad y temperaturas altas son factores limitantes para el establecimiento de las especies en etapa de plántula (Prado-Tarango *et al.*, 2019). Cairns *et al.* (1997) mencionan que el conocimiento de cómo se desarrollan las plantas es importante para comprender el funcionamiento de los ecosistemas. Es importante conocer las estrategias de germinación y desarrollo de la plántula para la selección de especies que tengan las mayores probabilidades de sobrevivencia en ambientes áridos (Mummey *et al.*, 2016). Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características de germinación de gramíneas nativas y exóticas presentes en el desierto Chihuahuense.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de semilla de la Universidad Estatal de Oregon (OSU, por sus siglas en inglés). Para lo cual se utilizó una cámara de crecimiento con temperaturas 30/20 (día/noche). Se utilizaron semillas de 12 especies de gramíneas presentes en el desierto Chihuahuense. Las especies nativas utilizadas en las pruebas fueron: *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua dactyloides*, *Bouteloua eriopoda*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Leptochloa dubia*. Las especies exóticas fueron: *Cynodon dactylon*, *Eragrostis curvula*, *Eragrostis lehmanniana*, *Eragrostis superba*, *Melinis repens* y *Pennisetum ciliare*.

### Variables Evaluadas

Germinación estándar. El porcentaje de germinación se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{total de semillas}} \times 100$$

**Rangos de Germinación.** Germinación rápida (R) cuando germinan al menos el 50 % durante los primeros tres días de que la semilla es expuesta a la humedad, media (M) cuando el 50 % germina entre el cuarto y séptimo día y (L) lenta cuando el 50 % de la germinación es después del día siete (Jurado y Westoby, 1992).



altos de VG podría ser considerado como una desventaja al momento de presentarse una sequía prolongada, esto debido a que se agotaría el banco de semilla. De esta manera se daría paso a especies oportunistas. Sin embargo, podría ser una ventaja en condiciones de humedad constante.

Cuadro 1. Características de germinación de 12 especies de gramíneas presentes en el desierto Chihuahuense

	GE	RG	PDG	UDG	TG	VG
<i>Bouteloua curtipendula</i>	67.50	R	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	14.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	13.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	20.99 ± 1.04 <sup>e</sup>
<i>Bouteloua dactyloides</i>	69.00	M	2.50 ± 0.29 <sup>ab</sup>	8.00 ± 0.58 <sup>b</sup>	6.50 ± 0.65 <sup>b</sup>	18.22 ± 1.10 <sup>e</sup>
<i>Bouteloua eriopoda</i>	91.75	R	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	5.00 ± 0.58 <sup>a</sup>	4.00 ± 0.58 <sup>a</sup>	28.35 ± 0.74 <sup>fg</sup>
<i>Bouteloua gracilis</i>	88.75	M	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	6.50 ± 0.50 <sup>b</sup>	5.50 ± 0.50 <sup>b</sup>	26.07 ± 0.60 <sup>f</sup>
<i>Cynodon dactylon</i>	87.00	M	3.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	14.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	12.00 ± 0.00 <sup>c</sup>	20.09 ± 0.28 <sup>e</sup>
<i>Digitaria californica</i>	38.50	R	3.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	12.25 ± 1.75 <sup>bc</sup>	10.25 ± 1.75 <sup>bc</sup>	11.21 ± 0.54 <sup>d</sup>
<i>Eragrostis curvula</i>	73.75	R	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	8.50 ± 0.50 <sup>b</sup>	7.50 ± 0.50 <sup>b</sup>	20.71 ± 0.38 <sup>f</sup>
<i>Eragrostis lehmanniana</i>	11.75	L	6.25 ± 3.13 <sup>c</sup>	12.50 ± 0.87 <sup>c</sup>	7.25 ± 0.75 <sup>b</sup>	1.57 ± 0.13 <sup>b</sup>
<i>Eragrostis superba</i>	73.25	R	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	8.75 ± 0.95 <sup>b</sup>	7.75 ± 0.95 <sup>b</sup>	27.24 ± 0.83 <sup>e</sup>
<i>Leptochloa dubia</i>	91.75	R	2.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	14.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	13.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	29.81 ± 0.43 <sup>fg</sup>
<i>Melinis repens</i>	12.75	M	3.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	10.50 ± 2.33 <sup>bc</sup>	8.50 ± 2.33 <sup>bc</sup>	3.74 ± 1.29 <sup>c</sup>
<i>Pennisetum ciliare</i>	4.00	L	5.67 ± 0.58 <sup>c</sup>	12.00 ± 1.73 <sup>bc</sup>	7.33 ± 2.31 <sup>ab</sup>	0.56 ± 0.28 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> Literales diferentes denotan diferencia estadística dentro de columnas (P <0.05).

GE= Germinación estándar; RG= Rango de germinación; PDG= Primer día a la germinación; UDG= Ultimo día a la germinación; TG= Tiempo de germinación; VG=Velocidad de Germinación.

Los valores obtenidos para las proporciones R:P a los siete días varió entre 0.85 y 2.02. Los valores superiores a 1.0 representa mayor inversión en raíces con relación a la parte aérea que favorece el establecimiento bajo condiciones de humedad limitada (Mokany *et al.*, 2006). Los valores de proporción R:P a los 14 días variaron de 0.78 a 2.66. Las mayores proporciones R:P podrían señalar que las especies son capaces de explorar a mayor profundidad en busca de humedad en suelo (Prado-Tarango *et al.*, 2019). No se encontró diferencia (p>0.05) entre los valores del día 7 y día 14 en la mayoría de las especies, excepto en *B. gracilis*.

Cuadro 2. Relación radícula plúmula durante los primeros 14 días de germinada la plántula

Especie	R:P7	R:P14
<i>Bouteloua curtipendula</i>	0.85 ± 0.07 <sup>a</sup> A	0.90 ± 0.07 <sup>a</sup> A
<i>Bouteloua dactyloides</i>	1.88 ± 0.06 <sup>ef</sup> A	1.50 ± 0.17 <sup>ef</sup> A
<i>Bouteloua eriopoda</i>	0.96 ± 0.07 <sup>ab</sup> A	1.00 ± 0.03 <sup>ab</sup> A
<i>Bouteloua gracilis</i>	1.08 ± 0.03 <sup>b</sup> A	0.78 ± 0.05 <sup>b</sup> B
<i>Cynodon dactylon</i>	1.41 ± 0.10 <sup>cd</sup> A	1.52 ± 0.02 <sup>cd</sup> A
<i>Digitaria californica</i>	1.63 ± 0.06 <sup>de</sup> A	1.59 ± 0.02 <sup>de</sup> A
<i>Eragrostis curvula</i>	2.02 ± 0.07 <sup>f</sup> A	2.66 ± 0.31 <sup>f</sup> A
<i>Eragrostis lehmanniana</i>	1.79 ± 0.16 <sup>de</sup> A	1.64 ± 0.13 <sup>de</sup> A
<i>Eragrostis superba</i>	1.36 ± 0.10 <sup>cd</sup> A	1.56 ± 0.14 <sup>cd</sup> A
<i>Leptochloa dubia</i>	1.15 ± 0.03 <sup>bc</sup> A	1.14 ± 0.03 <sup>bc</sup> A
<i>Melinis repens</i>	0.94 ± 0.04 <sup>ab</sup> A	0.94 ± 0.08 <sup>ab</sup> A
<i>Pennisetum ciliare</i>	1.76 ± 0.12 <sup>de</sup> A	1.53 ± 0.12 <sup>de</sup> A

<sup>abc</sup> Literales diferentes denotan diferencia estadística dentro de columnas (P <0.05).

AB Literales diferentes denotan diferencia estadística entre columnas (P <0.05).

R:P7= Proporción radícula:plúmula evaluada a los 7 días; R:P14= Proporción radícula:plúmula evaluada a los 14 días.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados de rango tiempo y velocidad de germinación las especies *Bouteloua eriopoda*, *B. gracilis*, *Eragrostis curvula* y *E. superba* presentan mayores posibilidades de establecimiento ante periodos cortos de humedad. Mientras que los valores de proporción R:P, las especies con mayor capacidad de explorar en busca de humedad son *Eragrostis curvula* y *B. dactyloides*.

## LITERATURA CITADA

- Aires, S. S., Sato, M. N., and Miranda, H. S. 2013. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. *Grass Forage Sci* 69:470-478.
- Bracamontes, J. A., Tinoco-Ojanguren, C., Sánchez-Coronado, M. E., and Molina-Freaner, F. 2017. Germination requirements and the influence of buffelgrass invasion on a population of *Mammillaria grahamii* in the Sonoran Desert. *J Arid Environ* 137:50-59.
- Butikofer, L., Jones, B., Sacchi, R., Mangiacotti, M., and Ji, W. 2018. A new method for modelling biological invasions from early spread data accounting for anthropogenic dispersal. *PLoS ONE* 13: e0205591.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., and Baumgardner, G. A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*. 111:1-11.
- Jurado, E. and Westoby, M. 1992. Germination biology of selected central Australian plants. *Aust J Ecol* 17:341-348.
- Kildisheva, O. A., Erickson, T. E., Madsen, M. D., Dixon, K. W., and Merritt, D. J. 2018. Seed germination and dormancy trails of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biol* 21:458-469.
- Mokany, K., Raison, R. J., and Prokushkin, A. S. 2006. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. *Glob Change Biol* 12:84-96.
- Moreira, F., Silva, J. P., Estanque, B., Palmeirim, J. M., Lecoq, M., Pinto, M., Leitao, D., Alonso, I., Pedroso, R., Santos, E., Catry, T., Silva, P., Henriques, I., and Delgado, A. 2012. Mosaic-level inference of the impact of land cover changes in agricultural landscapes on biodiversity: A case-study with a threatened grassland bird. *PLoS ONE* 7:e38876.
- Mummey, D. L., Herget, M. E., Hufford, K. M., and Shreading, L. 2016. Germination timing and seedling growth of *Poa secunda* and the invasive grass, *Bromus tectorum*, in response to temperature: evaluating biotypes for seedling traits that improve establishment. *Ecol Rest* 34:200-208.
- Panchal, K. R., Pandya, N. R., Albert, S., and Gandhi, D. J. 2011. Germination responses of several Poaceae members towards differential storage durations. *Not Sci Biol* 3:44-50.
- Pool, D. A., Panjabi, A. O., Macias-Duarte, A., and D. Solhjem, M. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. *Biol Conserv* 170:274-281.
- Prado-Tarango, D., Mata-González, R., Melgoza-Castillo, A., Elias, S. G., and Santellano-Estrada, E. 2019. Simulated rainfall sequences affect germination and biomass allocation of Chihuahuan desert native plants. *Arid Land Res Manag* 33:22-36.

**EMERGENCIA DE PASTOS NATIVOS EN UN SITIO CONTAMINADO CON  
JALES MINEROS ABANDONADOS CON ENMIENDAS DE SUSTRATO  
COMPUESTO**

**EMERGENCY OF NATIVE PLANTS IN A CONTAMINATED SITE WITH  
ABANDONED MINE TAILINGS WITH COMPOSITE SUBSTRATE  
AMENDMENTS**

Adriana Cano -Gutierrez<sup>1</sup>, Leonor Cortes -Palacios<sup>2</sup>, Sandra Rodríguez -Piñeros<sup>2</sup>, Gilberto Sandino -Aquino  
de los Ríos <sup>2</sup>, Raúl Corrales-Lerma <sup>2</sup>. Carlos Morales-Nieto<sup>2</sup>,

Federico Villarreal- Guerrero<sup>2</sup>, Luis Miguel Rodríguez -Vázquez<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Programa de Posgrado UACH-FZYE, <sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología UACH, <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de  
Parral

**RESUMEN**

En la ciudad de Hidalgo del Parral, se encuentra ubicada la mina La Prieta, misma que operó por más de tres siglos, extrayendo altas cantidades de plata, aportando al desarrollo económico de esta entidad (West, 2002). Si bien, durante los años de operación trajo beneficios, los residuos generados representan actualmente un problema ambiental, estos abarcan un área de aproximadamente 80 ha y se encuentran expuestos y a cielo abierto (Lima, 2012). La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para acumular, volatilizar o estabilizar contaminantes como metales pesados (Delgadillo-López y González-Ramírez, 2011). Méndez y Maier (2008) señalan que la fitoestabilización permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de la absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera reduciendo la movilidad de los contaminantes y evitando su migración a las aguas subterráneas o al aire. El objetivo de este estudio fue evaluar el porcentaje de emergencia de 8 especies nativas aplicando siembra directa, buscando la posibilidad de fitoestabilizar los metales pesados utilizando las siguientes especies, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya*, *Leptochloa dubia*, *Sporobolus airoides*, *Dasyilirion spp.* y *Atriplex canescens*. Robinson *et al.* (1997) menciona que la unión entre la materia orgánica y los metales, puede disminuir la capacidad de fitoextracción, y permitir que se pueda reestablecer la vegetación, para esto se aplicaron 6 diferentes tratamientos con cierto porcentaje de zeolita, composta y jal, una vez sembradas las parcelas se evaluó la cantidad de emergencia en cada uno de los sustratos.

**Palabras clave:** Fitoestabilización, pastizales, zeolita, composta, metales pesados.

**ABSTRACT**

In the city of Hidalgo del Parral, the La Prieta mine is located, which operated for more than three centuries, extracting high amounts of silver, contributing to the economic development of this entity (West, 2002). Although, during the years of operation it brought benefits, the waste generated currently represents an environmental problem, these cover an area of approximately 80 ha and are exposed and open (Lima, 2012). Phytoremediation takes advantage of the ability of certain plants to accumulate, volatilize or stabilize contaminants such as heavy metals (Delgadillo-López and González-Ramírez, 2011). Méndez and Maier (2008) point out that phytostabilization allows immobilizing contaminants in the soil through absorption and accumulation in the roots or, by precipitation in the rhizosphere area, reducing

the mobility of pollutants and preventing their migration to water underground or air. The objective of this study was to evaluate the emergency percentage of 8 native species by applying direct seeding, looking for the possibility of phytostabilization of heavy metals using the following species, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya*, *Leptochloa dubia*, *Sporobolus airoides*, *Dasyilirion spp.* and *Atriplex canescens*. Robinson *et al.* (1997) mentions that the union between organic matter and metals, can reduce phytoextraction capacity, and allow vegetation to be restored, for this, 6 different treatments were applied with a certain percentage of zeolite, compost and tailings mining, once sown the plots the amount of emergency in each of the substrates was evaluated.

**Keywords:** Phytoestabilization, grasslands, zeolite, compost, heavy metals.

## INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales de la minería en México son una herencia del pasado. Un gran porcentaje de residuos mineros fueron generados antes del año 2000 cuando no existía ningún tipo de legislación y control ambiental (Pérez-Martínez *et al.*, 2015). Un sitio minero no rescatado generalmente permanece sin vegetación entre decenas y cientos de años, por lo que los jales expuestos pueden dispersarse sobre decenas de hectáreas por erosión eólica y/o hídrica, con el potencial de contaminar comunidades cercanas y áreas ambientales sensibles (Carrillo-González y González-Chávez, 2006; Méndez y Maier, 2008). La fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en suelos, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto in situ como ex situ. (Betancur *et al.*, 2005). A diferencia de otras técnicas de fitorremediación, el objetivo de la fitoestabilización es fijar y llegar a inmovilizar a los contaminantes con el objetivo de reducir el riesgo a la salud humana y el medio ambiente, no es para remover el metal de los sitios contaminados (Galaviz Lozano y Trejo Calzada, 2011). La unión entre la materia orgánica y los metales permite que se pueda reestablecer la vegetación de sitios contaminados debido a que se disminuye la toxicidad (Robinson *et al.*, 1997). Baca, (2016) realizó un trabajo donde se encontró que la zeolita ayudó al zacate en su emergencia y sobrevivencia, aun estando en presencia de un suelo contaminado por jales ácidos mineros. Para el presente estudio se consideró importante utilizar especies nativas, con características de resistencia a la sequía, perennes y de importancia para la fauna, se planteó el objetivo de evaluar la emergencia de 8 especies sobre un sustrato compuesto por zeolita, composta y jales mineros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la selección de especies nativas, se consultaron bases de datos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), libros de la Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). La siembra se realizó en las instalaciones de la Mina la Prieta, dentro del sitio se excavaron 192 cuadrantes de 100×100×20 cm cada uno, mismos que se emplearon como parcelas, la cantidad de semilla que se sembró en cada cuadrante se determinó de acuerdo al resultado de las pruebas de germinación realizadas previamente. Los tratamientos empleados fueron mezclas de zeolita, composta y jal minero en las proporciones que se muestran en el Cuadro 1, además se consideraron 4 repeticiones por tratamiento. Los jales mineros del sitio se caracterizan por tener alto

contenido de Pb, Zn, As, Fe, Cu, Cr y Ag donde las concentraciones de Zn, As, y Pb se encuentran por encima de los valores establecidos por la Norma 147 de SEMARNAT/SSA.

**Cuadro 1.** Composición de sustrato.

Tratamiento	Composta	Zeolita	Jal de mina
T1	10%	6.60%	83.40%
T2	10%	13.30%	76.70%
T3	20%	6.60%	73.40%
T4	20%	13.30%	66.70%
T5	100%	0.00%	0.00%
T6	0%	0.00%	100%

A los 54 días posteriores a la siembra se realizó el conteo del número de plantas que emergieron, para realizar el conteo se utilizó un cuadrante de 15×15 cm, dentro de cada parcela se realizaron 4 repeticiones de la medición. Para conocer el efecto de cada tratamiento con respecto a las 8 especies de plantas que se utilizaron, los datos de emergencia se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA).

## RESULTADOS

**Cuadro 2**

Análisis de varianza					
Especie	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Probabilidad
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Entre grupos	4915.02	5	983.004	0.08578
	Dentro de los grupos	7623	18	423.5	
	Total	12538.02	23		
<i>Bouteloua gracilis</i>	Entre grupos	217422.48	5	43484.496	0.02867
	Dentro de los grupos	240189.84	18	13343.88	
	Total	457612.32	23		
<i>Digitaria californica</i>	Entre grupos	33867.9	5	6773.58	0.00884
	Dentro de los grupos	27900.18	18	1550.01	
	Total	61768.08	23		
<i>Setaria macrostachya</i>	Entre grupos	79418.955	5	15883.791	0.0000007
	Dentro de los grupos	13797.63	18	766.535	
	Total	93216.585	23		
<i>Leptochloa dubia</i>	Entre grupos	24415.38	5	4883.076	0.00654
	Dentro de los grupos	18796.14	18	1044.23	
	Total	43211.52	23		
<i>Sporobolus airoides</i>	Entre grupos	82707.735	5	16541.547	0.00775
	Dentro de los grupos	66134.97	18	3674.165	
	Total	148842.705	23		
<i>Atriplex canescens</i>	Entre grupos	14628.9	5	2925.78	0.38491
	Dentro de los grupos	47023.02	18	2612.39	

El resultado del análisis de varianza mostro que las 8 especies evaluadas, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya*, *Leptochloa dubia*, *Sporobolus airoides*, *Dasyilirion spp.* y *Atriplex canescens*. difieren unas de otras, las especies *Bouteloua curtipendula* y *Atriplex canescens* mostraron que no hay diferencia significativa respecto a los tratamientos aplicados (Cuadro 2), mientras que las especies *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Setaria macrostachya*, *Leptochloa dubia*, y *Sporobolus airoides*, muestran que si existe una diferencia entre los tratamientos.

### CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos, se considera que la especie *Dasyilirion spp.* no es viable aplicando siembra directa ya que no emergió en ningún tratamiento, para esta especie es recomendable realizar trasplante, por otra parte, es importante continuar con la revisión del comportamiento del *Atriplex canescens* debido a que tuvo mayor emergencia a diferencia de las otras especies y no mostro diferencia entre los tratamientos, lo cual quiere decir que se puede adaptar a cualquier sustrato en la etapa de emergencia, además es indispensable evaluar si alguna de las especies que se sembraron tienen potencial para fitoestabilizar los metales pesados en jales mineros abandonados.

### REVISIÓN DE LITERATURA

- Baca, E. 2016. Fitorremediación de un suelo contaminado por jales mineros mediante *Bouteloua curtipendula* y sustrato Zeolita Tesis de Licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- Betancur, A., L. Marcela, M. Mazo, K. Isabel, S. Mendoza, A. José, L. Marcela, A. Betancur, K. Isabel, M. Mazo, and A. José. 2005. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos.
- Carrillo-González, R. and M. C. González-Chávez. 2006. Metal accumulation in wild plants surrounding mining wastes. *Environ. Pollut.* 144: 84-92.
- Delgadillo-lópez, A. E., and C. A. González-Ramírez. 2011. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14 (2011): 597- 612. 14:597–612.
- Lima E., 2012. La Prieta Mine; Chihuahua, State Government; [http://www.turismoporlaregion.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=98:mina-la-prieta&catid=136:cd-parral&Itemid=223](http://www.turismoporlaregion.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=98:mina-la-prieta&catid=136:cd-parral&Itemid=223); Consulta: Mayo 2012.
- Mendez, M. O., and R. M. Maier. 2008. Review Phytostabilization of Mine Tailings in Arid and Semiarid Environments — An Emerging Remediation Technology. 278–283. doi:10.1289/ehp.10608.
- Pérez-martínez, I., and F. M. Romero. 2015. Uso de parámetros indirectos para la evaluación de la contaminación de suelos por metales pesados en una zona minera de San Luis Potosí, México.
- West, Robert C. (2002). *La Comunidad Minera en el Norte de la Nueva España: El Distrito Minero de Parral. Introducción y Notas: Zacarías Márquez Terrazas; Traductor: Ricardo Cabrera Figueroa; Chihuahua, Gobierno del Estado. Secretaría de Educación y Cultura. Biblioteca Chihuahuense. 195p; pp 111.*



utilizaron para la cría de ganado hasta el primer semestre de 2008, después se excluyó el pastoreo de ganado. El uso pecuario se caracterizó por el manejo inadecuado de las tierras de pastoreo, donde la cantidad de forraje requerido por el ganado bovino y equino era mayor a la cantidad de forraje disponible. Además, el ganado pastoreaba continuamente por periodos prolongados, en ocasiones todo el año, de tal forma que la vegetación no disponía de tiempo suficiente para recuperarse después de ser consumida, ocasionando un permanente sobrepastoreo y deterioro de la vegetación y del suelo. Se ha demostrado que el pastoreo severo que ocurre repetidamente, antes de que las plantas produzcan semillas, reduce la cobertura de pastos y herbáceas perennes (Vale, 1974; Bork *et al.*, 1998). La disminución de la cubierta vegetal aumenta la exposición de la superficie del suelo a los impactos de las gotas de lluvia y la escorrentía (Busby y Gifford, 1981), lo que finalmente aumenta la escorrentía y la pérdida de suelo.

La exclusión del pastoreo es una medida de manejo ecológica que excluye el pastoreo y las prácticas perjudiciales, permitiendo que los pastizales entren en un estado de auto-recuperación (Lunt *et al.*, 2007). La exclusión es una técnica de manejo del suelo y de la vegetación que se aplica para recuperar agostaderos degradados con potencial de recuperación y para la conservación de pastizales, es considerada como una medida extrema, pues en ocasiones, según el grado de deterioro de las áreas de pastoreo, es necesaria y muchas veces la única opción. Numerosos estudios han demostrado que tanto las características de la vegetación como las propiedades del suelo han mejorado después de la exclusión del pastoreo en los últimos años (Courtois *et al.*, 2004; Deleglise *et al.*, 2011; Hoshino *et al.*, 2009). Algunos estudios demostraron que la cobertura vegetal, la altura y la riqueza de especies aumentaron después de la exclusión del pastoreo en áreas áridas de la meseta de Loess, China (Cheng *et al.*, 2011).

Para evaluar el efecto de la exclusión del pastoreo, la cobertura del suelo es uno de los atributos más utilizados en los pastizales. La cobertura ofrece una variedad de interpretaciones que afectan directamente al manejo de los pastizales, incluyendo la erosión potencial, el valor del hábitat de la vida silvestre, la disponibilidad de forraje y las tendencias de la condición del pastizal (Muir y McClaran, 1997).

En México las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad. En el PNSO, son pocas las acciones que se han aplicado para conservar los recursos naturales, una de ellas es la exclusión del pastoreo. El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de la exclusión del pastoreo en la cobertura del suelo del pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, en el periodo 2008-2014.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Parque Nacional Sierra de Órganos que se ubica al noroeste del municipio de Sombrerete, Zacatecas (Figura 1). El clima es templado, C(w<sub>0</sub>) (w) a (e), con lluvias en verano. La fisiografía se caracteriza por una sierra baja de roca volcánica con escarpes, crestas y topografía de montaña. Además, existen pequeños valles con topografía plano-ondulada y pendientes bajas con residuos aluviales. Los suelos que posee son el Fluvisol, Xerosol y Litosol eútrico (UACH, 2002).

Los tipos de vegetación en el PNSO por orden de abundancia son: Bosque de Pino-Encino-Pastizal natural, Chaparral-Bosque de *Juniperus*, Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera y Matorral Crasi-Rosulifolio. Existe una especie (*Mammillaria moelleriana*) endémica y sujeta a protección especial. Con relación a la fauna, adentro del PNSO y en su zona de influencia se han identificado once especies de fauna con categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana Nom-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). El uso actual del suelo en el Parque es forestal y ecoturístico.

La exclusión del pastoreo inició en el verano de 2008, sacando todo el ganado del área del PNSO y continuó hasta 2014.

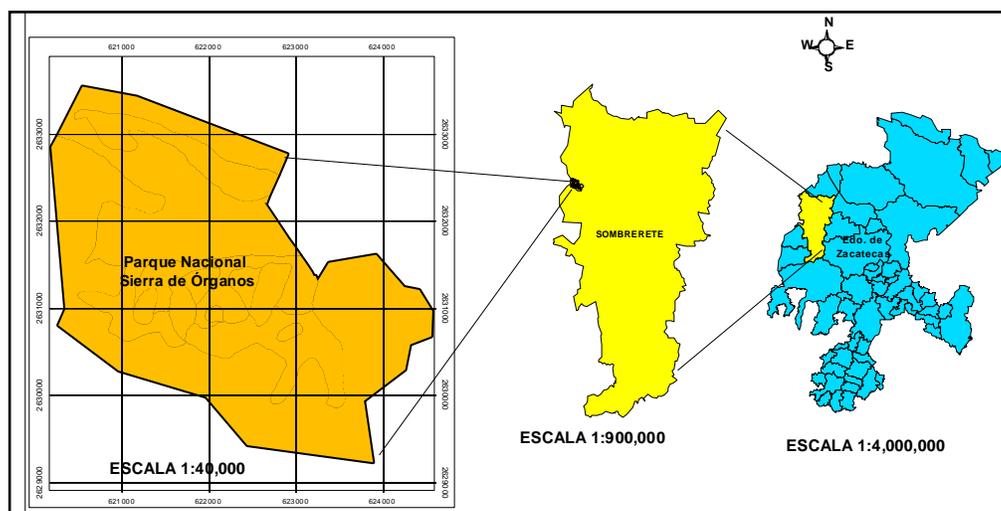


Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México.

En las áreas de pastizal del PNSO se establecieron estratégicamente cuatro transectos de monitoreo, en cada uno de ellos se obtuvo información de 100 puntos seleccionados al azar. Se realizaron cuatro monitoreos, el primero en 2008, cuando inició la exclusión, después en 2010, 2012 y 2014. En los cuatro monitoreos la información se obtuvo en otoño utilizando la metodología “Early Warning Biological Monitoring -Rangelands and Grasslands” del Centro de Allan Savory para el Manejo Holístico (1999). Los indicadores que se evaluaron fueron cobertura basal y cobertura del dosel o aérea. Ambas coberturas se obtuvieron únicamente de especies perennes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la cobertura media basal y de la cobertura media aérea o de dosel del pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, para el periodo de exclusión del pastoreo de seis años (2008-2014) se presentan en la Figura 2A y 2B, respectivamente.

Al factor tiempo de exclusión del pastoreo se asociaron diferencias significativas ( $p < 0.000$ ) para la cobertura media basal. En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura media de la base de las plantas perennes se incrementó 19.94 puntos porcentuales, al pasar de 9.02% a 28.96% (Figura 2A). La cobertura basal proporciona la medida más confiable para monitorear la tendencia del pastizal (particularmente cuando se centra en los componentes

herbáceos), debido a que es menos sensible a las fluctuaciones causadas por las condiciones ambientales de temporada o la historia inmediata de pastoreo (Muir y McClaran, 1997).

Al factor tiempo de exclusión del pastoreo se asociaron diferencias significativas ( $p < 0.000$ ) para la cobertura media de dosel. En el periodo de exclusión del pastoreo de seis años, la cobertura media dosel de las plantas perennes se incrementó 79.24 puntos porcentuales, al pasar de 13.93% a 93.17% (Figura 2B). La cobertura de dosel es un atributo importante para describir el hábitat de la vida silvestre y también se relaciona con la disponibilidad de forraje.

En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura basal se incrementó en los primeros dos años, pero en los siguientes dos años no cambio; en cambio la cobertura aérea descendió en el periodo de dos a cuatro años sin pastoreo (Figura 2A y 2B). La cantidad y distribución de la precipitación pluvial en el periodo de estudio probablemente influyó en la dinámica de la cobertura basal y aérea, pues el mayor y menor incrementó de estos atributos, se registró de 2008-2010 y 2010-2012 respectivamente (Figura 2A y 2B), mismos periodos en los que la precipitación anual fue mayor y menor con respecto a la media anual.

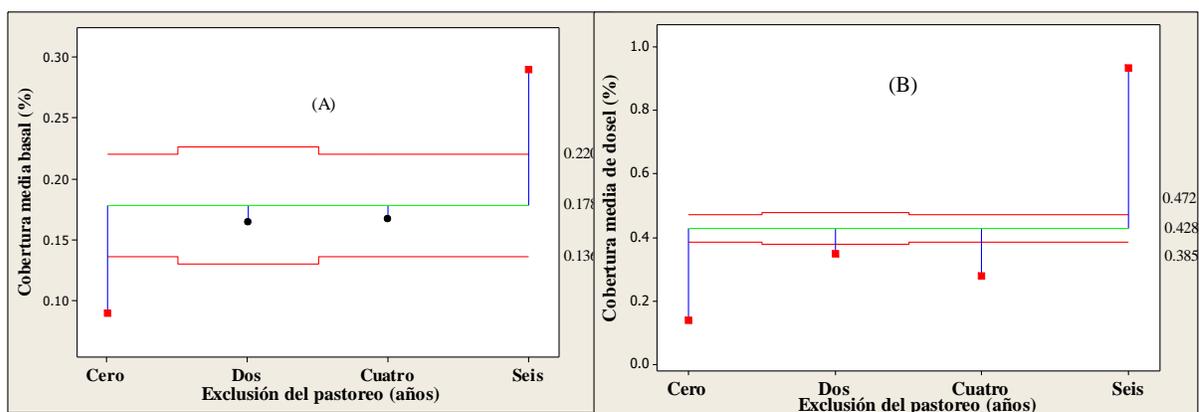


Figura 2. Cobertura media basal (%) (A) y Cobertura media de dosel (%) (B) en el pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México.

## CONCLUSIONES

La exclusión del pastoreo en el Parque Nacional Sierra de Órganos contribuyó a mejorar la condición del pastizal, al incrementar la cobertura de las bases de las plantas perennes 2.2 veces y la cobertura de dosel 5.69 veces en seis años de exclusión.

### Agradecimiento

Al Centro de Investigación en Recursos Naturales y Medio Ambiente de la UACH que financió parcialmente el presente trabajo, mediante el proyecto con número de registro 19114-C-73.

## LITERATURA CITADA

- Allan Savory Center for Holistic Management (ASCHM). 1999. Early Warning Biological Monitoring-Rangelands and Grasslands- Albuquerque, New Mexico. E.U.
- Bork, E.W., West, N.E., & Walker, J.W. 1998. Cover components on long-term seasonal sheep grazing treatments in three-tip sagebrush steppe. *Journal of Range Management*, 51(3), 293–300.
- Busby FE, Gifford GF. 1981. Effects of livestock grazing on infiltration and erosion rates measured on chained and unchained pinyon-juniper sites in Southern Utah. *Journal of Range Management* 34, 400-405.
- Courtois, D.R.; Perryman, B.L.; Hussein, H.S. 2004. Vegetation change after 65 years of grazing and grazing exclusion. *J. Range Manag.* 57, 574–582.
- Cheng, J.; Wu, G.L.; Zhao, L.P.; Li, Y.; Li, W.; Cheng, J.M. 2011. Cumulative effects of 20-year exclusion of livestock grazing on above- and belowground biomass of typical steppe communities in arid areas of the Loess Plateau, China. *Plant Soil Environ.* 57, 40–44.
- Deleglise, C.; Loucougaray, G.; Alard, D. 2011. Effects of grazing exclusion on the spatial variability of subalpine plant communities: A multiscale approach. *Basic Appl. Ecol.* 12, 609–619.
- Hoshino, A.; Tamura, K.; Fujimaki, H.; Asano, M.; Ose, K.; Higashi, T. 2009. Effects of crop abandonment and grazing exclusion on available soil water and other soil properties in a semi-arid Mongolian grassland. *Soil Tillage Res.* 105, 228–235.
- Lunt, I.D.; Eldridge, D.J.; Morgan, J.W.; Witt, G.B. 2007. A framework to predict the effects of livestock grazing and grazing exclusion on conservation values in natural ecosystems in Australia. *Aust. J. Bot.* 55, 401–415.
- Muir S and McClaran M P. 1997. Principles of Rangeland Science and Management Chapter 5. Rangeland Inventory, Monitoring, and Evaluation Arizona, USA. <http://ag.arizona.edu/agnic/knowledge/chapter5>.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies de flora y fauna silvestres de México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, jueves 30 de diciembre de 2010.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 2002. Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN). *Estudio técnico para elaboración del Programa de Manejo del Parque Nacional Sierra de Órganos*.
- Vale, T.R. 1974. Sagebrush conversion projects: An element of contemporary environmental change in the western United States. *Biological Conservation*, 6(4), 274–284.

# MORFOLÓGICA FORRAJERA DE POBLACIONES DE *Panicum* spp. EN MÉXICO

## FORAGE MORPHOLOGY OF *Panicum* spp. POPULATIONS IN MÉXICO

Adilene Pineda-Martínez<sup>1</sup>, Adrián R Quero-Carrillo<sup>1</sup>, Abieser González Vazquez<sup>1</sup>, José Fco. Villanueva Ávalos<sup>2</sup>, Francisco Rubio Aguirre<sup>3</sup>, Alejandra Pérez Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo-Ganadería <sup>2</sup> INIFAP CE “El Verdineño”, Nayarit, <sup>3</sup>INIFAP CE “Calera”, Zacatecas.

### RESUMEN

El uso de técnicas para organizar la diversidad morfológica, con base en descriptores, ha sido el primer paso en el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en especies importantes como *Brachiaria* spp., *Tripsacum* spp., *Bouteloua curtipendula* e *Hymenachne amplexicaulis*, previo a su evaluación dirigida en estudios agronómicos. El objetivo fue explorar la diversidad morfológica de poblaciones de pasto *Panicum* spp., con porte tipo Guinea y evaluar sus principales características morfológicas para cualidades forrajeras. Se calificaron y analizaron 405 ecotipos al momento de la floración mediante 16 descriptores morfológicos cualitativos, para conocer y definir la estructura poblacional. Los datos se analizaron mediante análisis de factores, mediante la función Factor, método de componentes principales con el programa SAS<sup>®</sup>. Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 78.6 % de la variación en los datos. En el factor uno las variables más sobresalientes fueron dicotomía del tallo floral, capacidad de amacollamiento, sobrevivencia del genet, etapa fenológica, potencial de producción forrajera, suavidad de hoja central y hábito de crecimiento. En el CP dos: tricomas en hoja, razón hoja:tallo y margen de hoja. La importancia de tales rasgos está directamente relacionada con la producción de forraje, apetencia por los animales y recolección manual de forraje. Por consiguiente, emplear descriptores morfológicos es útil en un primer paso para el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en especies importantes; lo anterior, para conformar una colecta núcleo en la que se pueden dirigir estudios agronómicos.

**Palabras clave:** Cualidades forrajeras, programa de selección.

### ABSTRACT

The use of techniques to organize morphological diversity, based on descriptors, has been the first step to evaluate extensive collections of genetic resources in important species such as *Brachiaria* spp. *M. maximus*, *Tripsacum* spp., *Bouteloua curtipendula*, and *Hymenachne amplexicaulis*; this is important previously to targeted studies on agronomic attributes. The objective of this work was to explore morphological diversity of *Panicum* spp. grass populations and evaluate their main morphological characteristics for forage production. Four hundred and five ecotypes were classified and analyzed at anthesis stage using 16 qualitative morphological descriptors to define population structure. Data was analyzed through Factor analysis using the Factors function from SAS<sup>®</sup> program's Principal Components Analysis procedure. The first two main components (PC) explained 78.6% of the variance within the population. Factor one. The outstanding variables included dichotomy of floral stem, tillering capacity of the genet, potential for forage production, softness of the central leaf and growth habit. Factor two included foliar trichomes, leaf:stem ratio and leaf

margin type. The importance of such traits is directly related to forage production, animal preference, and manual forage management, among other attributes. Evaluating morphological descriptors is useful as first step in the study of extensive collections of genetic resources for native valuable species. This analysis supports the conformation of a smaller core collection to proceed with agronomic evaluations for the most valuable material.

**Keywords:** Forage qualities, selection program.

## INTRODUCCIÓN

En México, el pasto Guinea [*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon y S. W. L. Jacobs] tiene un amplio rango de adaptación, tanto de suelo como de clima, se encuentra prácticamente en toda la región tropical, dada su versatilidad y plasticidad que le permiten adaptarse y crecer en gran diversidad de ambientes, entre las ventajas del pasto Guinea destacan alta capacidad de producción de biomasa de buena calidad, pocos problemas de plagas y enfermedades y tolerancia a la sombra que permite establecerlo en sistemas silvopastoriles. La recolección y conservación de recursos forrajeros es fundamental para mantener y mejorar la producción forrajera como base para la alimentación del ganado (Do Valle, 2001). Una recolección eficiente de germoplasma es la clave para iniciar programas de selección de germoplasma y mejoramiento genético (Quero, *et al.*, 2003; Quero *et al.*, 2012). Los descriptores morfológicos involucran el uso de atributos para realizar mejoramiento genético de especies forrajeras mediante la evaluación y selección de estos descriptores en ecotipos sobresalientes, esto ha permitido definir los atributos de mayor importancia en la explicación de la variabilidad de poblaciones, así como su vigor y constancia dentro de las mismas poblaciones (Steiner *et al.*, 1998). En mejoramiento genético de *Brachiaria* spp. (Do Valle, 1988) y *Panicum maximum* (Costa *et al.*, 1989) se ha utilizado la conformación de grupos morfológicos mediante el análisis de valores de parámetros para potencial para producción de forraje de descriptores vegetales. La diversidad genética se puede evaluar por un método específico o por una combinación de ellos. Los datos a menudo implican medidas numéricas, es decir, variables cuantitativas (número de macollos por grupo e inflorescencias, número de días desde la emergencia hasta la floración) y / o variables cualitativas distribuidas de forma discontinua, dividiendo clases fenotípicas muy distintas y separables entre sí (color de hoja, pilosidad, patrón de crecimiento, entre otros). Una vez que hay un conjunto de datos que involucran variables cuantitativas y cualitativas, un análisis conjunto de las variables puede resaltar la diversidad en el banco de germoplasma con precisión (Moura *et al.*, 2010). El objetivo del presente trabajo fue explorar la diversidad morfológica de poblaciones de pasto *Panicum* spp. y evaluar sus principales características morfológicas para cualidades forrajeras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 2018 y 2019 se recolectaron 375 ecotipos de pasto nativo y naturalizado tipo Guinea en Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Oaxaca y Coahuila. El material se trasplanta *ex situ* en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias (INIFAP) CE “El Verdineño”, Santiago Ixcuintla, Nayarit. Después de seis meses de establecido sobrevivieron 305 ecotipos los cuales fueron usados para las evaluaciones y definir la estructura poblacional desde un punto de vista de potencial forrajero; lo anterior, con el fin de generar una colecta núcleo para posibles estudios agronómicos más informativos. Durante la anécdota, se realizó la caracterización morfológica mediante la calificación de descriptores



variabilidad agromorfológica y molecular, lo que indica que ambos enfoques proporcionan información complementaria. Este estudio sugiere que con criterios de selección adecuados en especies introducidas a México como *Panicum* spp. Se puede iniciar un programa de selección y mejoramiento que permita incrementar los rendimientos de forraje con calidad nutricional. Aunque *Panicum* spp. del tipo Guinea ha sido reportada como maleza invasora en bosques y pastizales naturales particularmente en el trópico húmedo. Autores la han reportado en cultivos de frutales maíz, sorgo y tomate y con este estudio podemos constatar que se encuentra propagándose a latitudes más norteñas y secas, de Altiplano. Sin embargo, es un excelente pasto para la alimentación del ganado en la región tropical de México, ya que es el sostén de gran parte de la ganadería nacional.

Cuadro 1. Descriptores morfológicos utilizados para caracterizar 400 ecotipos de pasto *Megathyrus* sp. evaluados en Nayarit, México.

Código	Descriptor
SHC	Suavidad de hoja central
MH	Margen de la hoja
CA	Capacidad de amacollamiento
SG	Sobrevivencia del genet
PHT	Proporción hoja tallo
TH	Tricomas en la hoja
RH	Resistencia de la hoja
DTF	Dicotomía de tallo floral
DH	Daño por hongos
PPF	% de floración de la parcela
PPF	Potencial de producción forrajera
EF	Etapa fenológica
HC	Habito de crecimiento
DE	Densidad
CO	Color
AM	Arquitectura del macollo

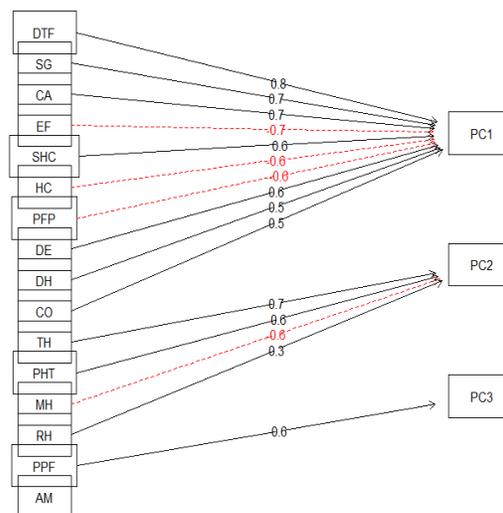


Figura 1. Análisis de componentes principales para 16 descriptores morfológicos de 405 ecotipos de *Megathyrus* sp. Recolectados en

Cuadro 2. Valores característicos y proporción de la varianza total, basados en 16 variables en 405 ecotipos de *Megathyrus* sp., recolectados en México.

Componente principal	Valor característico	Diferencia	Proporción de la varianza global explicada (%)	Proporción de la varianza acumulada (%)
1	4.691	0.293	0.506	0.506
2	2.587	0.162	0.279	0.786
3	1.986	0.124	0.214	1.000

## CONCLUSIONES

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 78.6 % de la variación en los datos. En el factor uno, las variables sobresalientes incluyeron dicotomía del tallo floral, capacidad de amacollamiento, sobrevivencia del genet, potencial de producción forrajera, suavidad de la hoja central y hábito de crecimiento. En el CP dos, se incluyeron atributos como tricomas en hoja, razón hoja:tallo y margen de hoja. La importancia de tales rasgos está directamente relacionada con la producción de forraje, apetencia por los animales. Emplear descriptores morfológicos es útil en un primer paso para el estudio de amplias

recolectas de recursos genéticos en recursos genéticos de especies forrajeras; lo anterior, apoya el desarrollo de una colecta núcleo sólida para realizar estudios de mayor costo e inversión financiera, como son los agronómicos i.e. evaluar agronómicamente materiales forrajeros destacados con mayor potencial de producción de forraje por morfología.

### LITERATURA CITADA

- Armado, LV, MA Thomas., AF Garayalde and AD Carrera. 2015. Assessing the genetic diversity of *Panicum coloratum* var. makarikariense using agro-morphological traits and microsatellite-based markers. *Annals of Applied Biology* Volume 167, Issue 3.
- Berthaud, J, and Y Savidan. 1989. Genetic resources of *Tripsacum* and gene transfer to maize. *In: Mujeeb-Kazi A., and L.A. Sitch (eds). Review of Advances in Plant Biotechnology. 1985-1988: 2nd Int. Symp. on Genetic Manipulation in Crops. México, D. F. and Manila, Philippines. CIMMYT and IRRI. pp: 121-131.*
- Costa, JM, Y Savidan, L Jank, and LH Castro. 1989. Morphological studies as tool for evaluation of wide tropical forage grass germplasms. *In: Proc. XVI Int. Grassland Congress. Nice, France. Association francaise pour la production fourragère. INRA. Versailles Cedex, Francia. pp:277-278*
- Do Valle, CB. 1988. Coleção de germoplasma de espécies de *Brachiaria* no CIAT: Estudos básicos visando ao melhoramento genético. Campo Grande, MS, EMBRAPA-CNPQC. 33 p.
- Do Valle, CB. 2001. Genetic resources for tropical areas: achievements and perspectives. *In: Proc. XIX Int. Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brazil. Brazilian Society of Animal Husbandry. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba, Brasil. pp: 477-482.*
- Drobná, J. 2010. Morphological variation in natural populations of *Lotus corniculatus* in association to geographical parameters of collecting sites. *Biologia, section botany. 65/2: 213—218*
- Mansoor V, 2002 Ecotypic variability for drought resistance in *Cenchrus ciliaris* L. germplasm from Cholistan desert in Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biology, Faisalabad, v. 4, n. 3, p. 392-397, 2002.*
- Moura, M. C. C. L. 2010. Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta. *Horticultura Brasileira, Brasília, v. 28, n. 2, p. 155-161.*
- Quero, CA, CR Morales, L Miranda, y JF Enríquez. 2003. Recursos genéticos de gramíneas forrajeras nativas. El complejo de zacate banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. UNAM. México, DF. pp: 424 (Resumen).
- Quero, CAR, JF Villanueva A, CR Morales N, JF Enríquez Q, ED Bolaños Z, J Castillo H, JJ Maldonado M. 2102. Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CE Santiago Ixcuitla. Folleto Técnico 21. 48p.
- Silva CLA, Ferreira dos S MV, Batista DJC. 2009. Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista brasileira de zootecnia. vol.39 no.10 Viçosa Oct.*
- Steiner, J. J., E. Piccioni, M. Falcinelli, and A. Liston. 1998. Germplasm diversity among cultivars and the NPGS crimson clover collection. *Crop Sci. 38: 263-271.*



*Cenchrus purpureus*, *Cynodon* spp., *Tripsacum* spp., *Megathyrsus maximus*, *Panicum virgatum*, *P. hallii*, *Leucaena leucocephala*, *Clitoria ternatea*, and *Dolichos Lablab*, among other important grasses and legumes in lesser proportion. The BGEFT represents an important strategy for conservation *ex situ* of native and introduced forage species of great importance for the development of tropical livestock; in addition, the available 'Base collection' represents a major input in research for the selection and improvement of tropical forage species in Mexico.

**Keywords:** Tropic, Verdineño, Genetic resources, Forage germplasm, Grasses, Legumes.

## INTRODUCCIÓN

La conservación de los recursos genéticos vegetales (RGV) adquiere cada día más relevancia como una estrategia para salvaguardar el planeta y conservar la diversidad biológica en el mundo. Estos RGV constituyen un patrimonio de la humanidad de valor incalculable, sin embargo, estos RGV están desapareciendo a un ritmo alarmante (Martín, 2012), amenazando la estabilidad de los ecosistemas, el desarrollo agrícola y la seguridad alimentaria del mundo (Gold *et al.*, 2004).

En México, los recursos genéticos forrajeros (RGF) son de total importancia por su uso actual y potencial en los sistemas ganaderos, además de contribuir al equilibrio ecológico, económico y social de los ecosistemas naturales. La protección y conservación de estos recursos es importante por la erosión física y genética que ocurre en México, donde los ecosistemas sufren continuamente una degradación de los recursos naturales, a consecuencia de una intensa depredación escasamente planeada por el hombre. La recolección, conservación *ex situ* y evaluación de estos RGF, constituye el primer paso para el desarrollo de tecnologías tendientes a lograr mayor producción animal en las explotaciones ganaderas (CIAT, 1982; Quero *et al.*, 2013; Villanueva *et al.*, 2013).

El objetivo del presente escrito es dar a conocer el Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras Tropicales del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP, establecido con el propósito de coleccionar, conservar *ex situ*, evaluar y multiplicar los RGF de mayor importancia para la ganadería tropical.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras Tropicales (BGEFT) se localiza en el S. E. El Verdineño - INIFAP, localizado en Santiago Ixcuintla, Nayarit, a 60 msnm, clima tropical subhúmedo Aw<sub>2</sub>, precipitación anual de 1201 mm, temperatura media anual de 24 °C y una época de secas de siete a ocho meses (SEMAN, 2007). Suelos chernozem, rojos y café rojizo, franco-arcillosos y franco-arenosos, someros y profundos, origen *in situ* y coluvial; estructura granular y blocoso angular, consistencia firme, drenaje interno lento, medio y rápido con pedregosidad de 5 a 30%, rocosidad de 40% y pH de 6.7. La vegetación original corresponde a una selva mediana subcaducifolia, con especies dominantes de *Enterolobium cyclocarpum*, *Bursera simaruba*, *Hura polyandra*, *Ficus padifolia*, *Paspalum* spp., *Hyparrhenia rufa* y *Panicum* spp (Cotecoca, 1979).

La Colecta Base está constituida por las especies forrajeras de mayor trascendencia en la ganadería tropical. Los RGF (planta y semilla) se colectaron por carreteras, caminos y ecosistemas naturales del trópico en los estados de Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa (Schultze-Kraft, 1979; Villanueva *et al.*, 2013). Asimismo, mediante Convenios Internacionales con Instituciones asociadas al Grupo CGIAR (*Consultative Group on International Agricultural Research*), se introdujeron RGF del ILRI (International Livestock Research Institute - Etiopia), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical - Colombia), CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento en Maíz y Trigo - México) y colaboraciones interinstitucionales con la Universidad de Texas, auspiciados por el Departamento de Energía de los Estados Unidos, además de intercambios y donaciones intra e interinstitucionales y de casas comerciales en México.

La plantación en campo de gramíneas erectas y arbóreo-arbustivas se realizó en parcelas de cinco plantas en hilera separadas a 1.5 m entre plantas y 2.0 m entre parcelas, mientras que las gramíneas de porte bajo y leguminosas herbáceas fueron sembradas/plantadas en parcelas de 2x5 m con cuatro surcos distanciados a 50 cm entre sí. Se aplicaron riegos de auxilio hasta el establecimiento, posteriormente, los RGF han sobrevivido bajo condiciones de temporal, con control de plagas y enfermedades y fertilización de mantenimiento (60-60-00). Los RGF disponibles han sido evaluados considerando variables asociadas a su adaptación, establecimiento, morfología forrajera y de su comportamiento agronómico y productivo a través de varios años (2007 - 2018).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales forrajeros que inicialmente conformaron el BGEFT y que básicamente constituyeron la Colecta Base desde 2007 al 2012, se detallan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Recursos genéticos forrajeros nativos e introducidos en el banco de germoplasma del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP.

<b>RGF</b>	<b>Género</b>	<b>Especies</b>	<b>Variedades</b>	<b>Ecotipos</b>
Gramíneas introducidas	16	26	71	71
Gramíneas nativas	8	29	3	116
Leguminosas introducidas	11	14	3	11
Leguminosas nativas	11	24	2	41
Otros RGF	3	3		3
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>96</b>	<b>79</b>	<b>242</b>

Los RGF introducidos incluyen colecciones importantes de *Brachiaria* (*brizantha*, *humidicola*, *decumbens*, *dictioneura*, *ruzizensis*, híbridos recientes y otros materiales codificados aun en evaluación), *Cenchrus purpureus* sin. *Pennisetum purpureum*, *Cynodon dactylon*, *Megathyrus maximus* y otras especies de *Andropogon*, *Panicum*, *Cynodon*, *Hemarthria*, *Botriochloa*, *Setaria*, *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Chenchrus* y *Melinis*; las gramíneas nativas incluyen diferentes especies y accesiones del género *Tripsacum* [*dactyloides* (54), *floridanum* (1), *maizar* (1), *lanceolatum* (1) y *laxum* (1)] y en menor proporción *Paspalum*, *Hymenachne* y *Echinochloa*.

En 2013, la Colecta Base se incrementó con 185 accesiones procedentes del ILRI (171) y CIAT (14), los cuales donaron las especies y accesiones enlistadas en los Cuadros 2 y 3. Asimismo, CIMMYT, mediante dos donaciones, incrementó nuevamente la Colecta Base con 63 nuevos ecotipos y accesiones de *Tripsacum* spp. Inicialmente se recibieron 20 accesiones de las especies: *T. intermedium* (2), *T. dactyloides* var. Meridionale, *T. bravum*, *T. jalapense*, *T. peruvianum*, *T. australe* var. Australe, *T. latifolium*, *Tripsacum* sp. (4), *T. andersonii*, *T. cundinamarca*, *T. manisuroides*, *T. zopilotense*, *T. manisuroides*, *T. dactyloides* var. Hispidum y *T. lanceolatum*. Una segunda donación de materiales y su origen se detallan en el Cuadro 4.

Las leguminosas nativas y naturalizadas son varios ecotipos de *Leucaena* (12) y *Clitoria* (7) con flores y semillas distintivas y en menor proporción *Centrosema* (*plumieri*, *pubescens* y *macrocarpum*) y *Macroptilium* (*atropurpureum* y *lathyroides*). De las leguminosas introducidas se incluyen algunos ecotipos de *Cajanus*, *Leucaena*, *Acacia*, *Cratylia*, *Macroptilium*, *Clitoria*, *Dolichos*, *Pueraria* y *Centrosema*; y otros RGF arbóreos como *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Moringa oleifera* y *Acacia cymbispina*.

Actualmente, en colaboración con la Universidad de Texas y el Departamento de Energía de los Estados Unidos, se está consolidando una colección de 635 ecotipos de *Panicum* spp, con la cual, se cuenta con 598 ecotipos en campo (216 *P. virgatum* introducidos de Estados Unidos, 349 *Megathyrsus maximus* sin. *Panicum maximum* y 33 *P. hallii*), los 37 (5.8%) restantes, no sobrevivieron a las condiciones ecobiológicas de la región. Estos recursos genéticos se encuentran en una primera fase de evaluación sobre la adaptación al medioambiente y morfología forrajera.

Cuadro 2. Gramíneas forrajeras procedentes del Ilri - Etiopia establecidas en el banco de germoplasma del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP.

Nombre Científico	Accesiones	Nombre Científico	Accesiones
<i>Andropogon gayanus</i>	2	<i>Chloris gayana</i> *	1
<i>Anthephora pubescens</i> *	3	<i>Cynodon aethiopicus</i>	1
<i>Brachiaria bovonei</i> *	2	<i>Cynodon dactylon</i>	2
<i>Brachiaria brizantha</i>	13	<i>Fingertuthia africana</i> *	1
<i>Brachiaria decumbens</i>	6	<i>Hyparrhenia rufa</i>	6
<i>Brachiaria humidicola</i>	2	<i>Panicum maximum</i>	9
<i>Brachiaria lachnantha</i> *	3	<i>Pennisetum polystachion</i>	9
<i>Brachiaria nigropedata</i> *	3	<i>Setaria megaphylla</i> *	3
<i>Brachiaria platynota</i> *	1	<i>Setaria sphacelata</i> *	10
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	2	<i>Triraphis ramossissima</i> *	1*
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>		<b>43</b>

\*RGF con problemas de adaptación y baja sobrevivencia bajo las condiciones agroecológicas del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP.

Cuadro 3. Leguminosas forrajeras introducidas de ILRI - Etiopia y CIAT - Colombia establecidas en el banco de germoplasma.

Nombre Científico	Acc.	Nombre Científico	Acc.
<b>Herbáceas:</b>		<b>Arbóreo-arbustivas:</b>	
<i>Centrosema pascourum</i> *	1	<i>Acacia angustissima</i>	2
<i>Centrosema pubescens</i> *	1	<i>Cajanus cajan</i>	2
<i>Centrosema schothie</i> *	1	<i>Leucaena diversifolia</i>	2
<i>Chamaecrista rotundifolia</i> *	3	<i>Leucaena esculenta</i>	1
<i>Clitoria ternatea</i>	19	<i>Leucaena leucocephala</i>	6
<i>Desmodium intortum</i> *	1	<i>Leucaena macrophylla</i>	1
<i>Desmodium uncinatum</i> *	1	<i>Leucaena pallida</i>	1
<i>Desmodium virgatus</i> *	2	<i>Leucaena pulverulenta</i>	1
<i>Lablab purpureus</i>	3	<i>Leucaena shannonii</i>	1
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	25	<i>Sesbania sesban</i> *	3
<i>Macrotyloma atropurpureum</i>	1		
<i>Macrotyloma axilare</i>	1		
<i>Macroptilium lathyroides</i>	1		
<i>Neonotonia wigthii</i> *	7		
<i>Pueraria phaseoloides</i>	1		
<i>Stylosanthes guianensis</i> *	4		
<i>Stylosanthes hamata</i> *	3		
<i>Stylosanthes scabra</i> *	4		
<i>Vigna parker</i>	1		
<i>Vigna unguiculata</i>	5		
<b>TOTAL</b>	<b>85</b>		<b>20</b>

\*RGF con problemas de adaptación y baja sobrevivencia bajo las condiciones agroecológicas del Sitio Experimental El Verdineño, INIFAP.

Cuadro 4. Recursos genéticos forrajeros del género *Tripsacum* procedentes del CIMMYT en el banco de germoplasma.

Especie	Accesiones	Origen
<i>Tripsacum australe</i>	1	COL
<i>Tripsacum andersonii</i> , híbrido	3	HND, TTO, VEN
<i>Tripsacum bravum</i> Gray	3	MEX
<i>Tripsacum cundinamarca</i>	4	COL
<i>Tripsacum dactyloides</i> (L.) L	2	USA, MEX
<i>Tripsacum dactyloides</i> var. hispidum	2	MEX
<i>Tripsacum dactyloides</i> var. mexicana	2	MEX
<i>Tripsacum intermedium</i>	2	MEX
<i>Tripsacum jalapense</i>	1	MEX
<i>Tripsacum latifolium</i> Hitchc.	2	MEX
<i>Tripsacum manisuroides</i>	2	MEX
<i>Tripsacum dactyloides</i> var. meridionale	6	VEN, COL, MEX
<i>Tripsacum maizar</i>	3	MEX, UNK
<i>Tripsacum pilosum</i>	6	MEX
<i>Tripsacum peruvianum</i>	2	ECU, PER
<i>Tripsacum zopilotense</i>	3	USA, MEX
<b>TOTAL</b>	<b>44</b>	

## CONCLUSIONES

El Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras Tropicales representa una importante estrategia para la conservación *ex situ* de las especies forrajeras nativas e introducidas de mayor importancia para el desarrollo de la ganadería tropical; asimismo, la ‘Colecta base’ disponible representa un importante insumo en investigación para la selección y mejoramiento de las especies forrajeras tropicales en México.

## LITERATURA CITADA

- CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. Manual para la evaluación agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Editor técnico: José Toledo. Cali, Colombia. 170 p.
- Gold, K., León-Lobos, P. y Way, M. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.
- Martín, M. I. 2012. Conservación de recursos fitogenéticos. Centro de Recursos Fitogenéticos Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Disponible en: [http://www.esporus.org/recursos/articulos/agrobiodiversitat/conservacion\\_rec\\_fitog\\_isaura\\_martin.pdf](http://www.esporus.org/recursos/articulos/agrobiodiversitat/conservacion_rec_fitog_isaura_martin.pdf) (22 de septiembre de 2012).
- Schultze-Kraft, R. 1979. Preparation for collection trip. In: Mott, G.O. (Ed.). Handbook for the collection, preservation and characterization of tropical forage germplasm resources. Cali, Colombia. CIAT. pp. 5-8.
- Sistema Estatal de Monitoreo Agroclimático Nayarit (SEMAN). (2007). Estación Meteorológica: El Verdineño-INIFAP.
- Villanueva-Avalos, J. F., Morales-Nieto, C. R., Enríquez-Quiroz, J. F., Quero-Carrillo, A. R., Herrera-Cedano, F., Jiménez-Guillen, R. y Silva-Luna, M. 2013. Manual para la recolección y conservación de germoplasma forrajero en México. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 20. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 46 p.
- Quero-Carrillo, A. R., Villanueva-Avalos, J. F., Enríquez-Quiroz, J. F., Morales-Nieto, C. R., Bolaños-Aguilar, E. D., Castillo-Huchim, J., Maldonado-Méndez, J. J. y Herrera-Cedano, F. 2013. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.



to the AMOVA. Results from the BARRIER analysis showed that the eco-geographical barriers that have generated the differentiation among the genetics groups are located in the transition area between the arid and the semi-arid region. These results, suggest that there are only two ecotypes of sideoats grama in Chihuahua, which were arose due to the adaptation to environmental conditions. The aforementioned, agrees with the results obtained by in MaxEnt, where the ecological niche and, therefore, the potential use of the genetic groups varied widely. According to our results, the selection of sideoats grama cultivars in Chihuahua must be perform by climatic region and local genotypes the restoration and local seed must be used in restoration programs.

## INTRODUCCIÓN

La degradación de los pastizales ha generado una baja importante en los productos y servicios que generan estos ecosistemas, como son la producción de ganado, infiltración de agua y captura de carbono (Chaplot *et al.* 2016). Para atender esta problemática, en los últimos años se han realizado trabajos para seleccionar materiales de diferentes especies de pastos, con la finalidad de utilizarlos para rehabilitación de pastizales. Sin embargo, la selección de materiales ha sido conducida principalmente con base en características agronómicas y poca importancia se ha dado a su estructura genética, así como las condiciones climáticas a las que están adaptados.

Conocer la estructura genética de las poblaciones y establecer que barreras eco-geográficas han limitado el flujo genético entre poblaciones puede ayudar a delimitar fronteras genéticas y la distribución de los tipos genéticos. A su vez, esta información ayuda a delimitar el uso potencial de un determinado genotipo en programas de revegetación. El “pasto banderita” [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], es uno de los pastos más utilizados en restauración de pastizales en el norte de México. Sin embargo, poco se ha estudiado sobre la estructura genética de sus poblaciones y el uso potencial de los ecotipos que posee esta especie. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la estructura genética, establecer las barreras eco-geográfica que afectan el flujo genético y delimitar el uso potencial de poblaciones de pasto banderita en el estado de Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

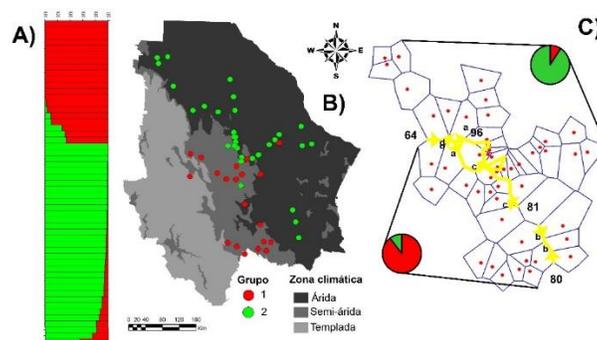
El material genético analizado fue hojas de plantas provenientes de 53 poblaciones de pasto banderita. La extracción de ADN se realizó siguiendo el método de Doyle y Doyle (1990). Una vez extraído el ADN, el análisis AFLP comenzó con la digestión de 2 µl de ADN diluido, por medio de las enzimas de restricción EcoRI y MseI. Posteriormente, los fragmentos de ADN digeridos fueron ligados con adaptadores para EcoRI y MseI. Después de esto, se adhirió un nucleótido extra a los primers (EcoRI + A y MseI + C) para realizar la pre-amplificación. La amplificación selectiva se llevó a cabo mediante cuatro combinaciones de primers marcados con fluorescencia: MseI + CTG - EcoRI + AAG, MseI + CTG - EcoRI + ACT, MseI + CAG - EcoRI + AGG, MseI + CAG - EcoRI + ACC. La reacción en cadena de la polimerasa se realizó en un termo ciclador cycler (Verity Applied Biosystems 2720), con el siguiente programa: Un ciclo de 94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s, 72 °C por 1 min, 12 ciclos de 94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s, 72 °C por 1 min, 23 ciclos de 94 °C por 30 s, 56 °C por 30 s, 72 °C por 1 min. La electroforesis se realizó en gel de acrilamida al 6.5%, con urea 8M y TBE 1X (Tris 1M, ácido bórico 1M, EDTA 20 mM, pH 7.0). La separación de los fragmentos amplificados se hizo en el analizador de DNA LI-COR, cargando 0.8 µl de muestra en un

pozo y utilizando el marcador de peso molecular de 50 a 700 pb. Se utilizaron oligos o primers, marcados con fluorescencia, a diferentes longitudes de onda (700 nm y 800 nm). Los marcadores de AFLP utilizados fueron del tipo quimioluminiscentes.

La estructura genética de las poblaciones se infirió con base en el algoritmo de agrupamiento con un modelo Bayesiano, mediante el software STRUCTURE versión 2.3.4. El programa STRUCTURE se corrió 30 veces para cada K número de conglomerados genéticos y se analizó desde  $K=1$  hasta  $k=10$ . En cada corrida se efectuaron 50,000 repeticiones de cadena de Markov-Monte Carlo (CMMC) y 50,000 periodos de rodaje (burn-in periods). Este análisis se llevó a cabo por medio de un modelo de mezcla y frecuencia de alelos correlacionados. Se consideró como número óptimo de  $k$  grupos al que obtuvo el valor mayor de la probabilidad posterior promedio (log likelihood) y de  $\Delta K$ . Los valores de la probabilidad posterior promedio y  $\Delta K$  se obtuvieron a través de sitio web Structure Harvester (<http://taylor0.biology.ucla.edu/structureHarvester/>). Los grupos conformados en el análisis de estructura genética fueron comparados mediante análisis de varianza molecular (AMOVA). Con los estadísticos  $F$  ( $\Phi ST$ ) obtenidos de AMOVA, se estimó el índice de flujo genético ( $Fst$ ) mediante la fórmula  $Fst = [0.25 (1 - \Phi ST) / (\Phi ST)]$ . Para conocer los niveles de diversidad, se estimó el índice de información de Shannon ( $I$ ) en general y para cada grupo. El AMOVA y el  $I$  se obtuvieron con ayuda del software GenAIEx versión 6. Las barreras eco-geográficas asociadas con la ubicación geográfica de cada población fueron investigadas mediante el algoritmo de máxima diferencia de Monmonier, con el software BARRIER versión 2.2. Por último, el uso potencial de los grupos genéticos formados por el análisis STRUCTURE fue determinado mediante el algoritmo MaxEnt 3.3.3 ([https://biodiversityinformatics.amnh.org/open\\_source/maxent/](https://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/)). El modelo se alimentó con las 26 variables disponibles en la página [worldclim.org/version2](http://worldclim.org/version2), delimitada para el estado de Chihuahua con el software ArcMap 10.3.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis AFLP generó 186 bandas, de los cuales el 79.3% fue polimórfico. El análisis de estructura reveló que existen dos grupos genéticos dentro del pasto Banderita en el estado de Chihuahua (Gráfica 1A), los cuales fueron significativamente diferentes ( $p < 0.0001$ ), de acuerdo con el AMOVA.

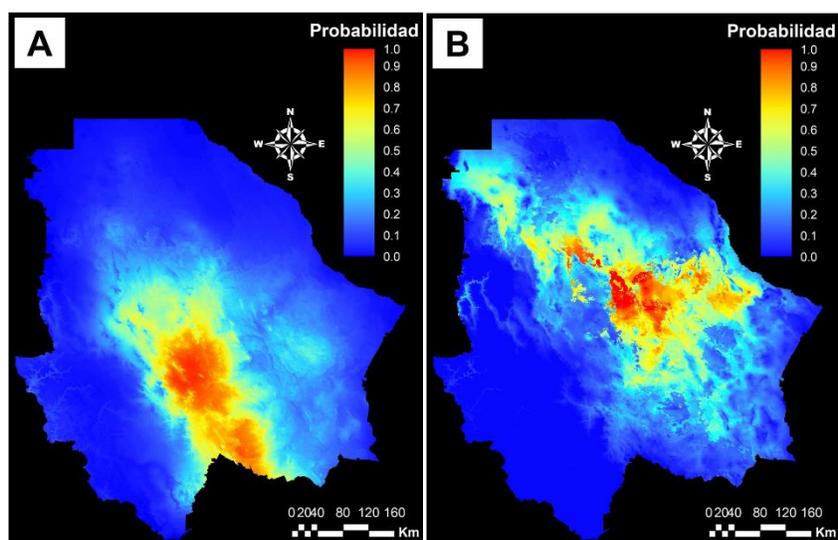


Gráfica 1. Estructura genética de poblaciones de poblaciones de *Bouteloua curtipendula* en el estado de Chihuahua, México. A) Análisis de estructura genética con  $k=2$  realizado con base en 186 fragmentos AFLP. B) Estructura en contexto geográfico. C) Discontinuidades en el flujo genético identificadas mediante análisis BARRIER. Las líneas amarillas representan las barreras genéticas y las azules poblaciones hipotéticas de Voronoi. Las gráficas circulares indican la proporción de poblaciones de cada grupo genético en las zonas divididas por las barreras genéticas y los números los valores de Bootstrap (1,000 remuestreos).

La formación de los grupos parece estar relacionada con las zonas climáticas del estado. Esto debido a que la mayoría de las poblaciones integradas en el Grupo 1 se encuentran en las zonas templada y semi-árida del Estado, mientras que la mayoría de las poblaciones del Grupo 2 se ubican en la región árida (Gráfica 1B). Estos resultados concuerdan con los obtenidos en el análisis de barreras genéticas, donde las barreras detectadas concuerdan con la frontera entre las regiones árida y semi-árida (Gráfica 1C). Estos resultados sugieren que la divergencia genética entre ambos grupos fue generada por adaptación a las condiciones climáticas de las diferentes regiones y, por lo tanto, que existen dos ecotipos de pasto banderita en el estado de Chihuahua.

A pesar de las barreras genéticas, se encontró que existe un alto intercambio genético entre ambos grupos. El flujo genético ( $F_{st}$ ) entre grupos genéticos fue de 3.41, el cual puede considerarse alto si se compara con los resultados obtenidos en investigaciones previas realizadas en pastos. Por ejemplo, Mitchell *et al.* (2014) un flujo genético de 0.21 entre 85 poblaciones del pasto *Microlaena stipoides* del sur de Australia. Por otro lado, se encontró que existe una alta diversidad dentro del pasto banderita en Chihuahua, ya que se obtuvo un valor de 0.36 en el índice de información de Shannon. Wanjala *et al.* (2013) obtuvieron hasta de 0.34 al evaluar 281 cultivares de *Pennisetum purpureum*, originarios de diferentes países de África. El Grupo 2 obtuvo mayor ( $p < 0.05$ ) diversidad genética (0.42) que el Grupo 1 (0.30), lo que puede ser consecuencia de una adaptación a las diferentes condiciones extremas que existen en la región árida.

La relación entre la diferenciación genética dentro del pasto banderita y las condiciones climáticas del Estado sugieren que los ecotipos de esta especie están adaptados a diferentes condiciones ambientales y deben ser utilizados en la región a la que pertenecen. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos en MaxEnt. De acuerdo con los resultados de este análisis, el uso potencial de ambos grupos genéticos varío ampliamente (Gráfica 2). Las poblaciones del Grupo 1 tienen mayor probabilidad de ser utilizadas en la región semi-árida, mientras que el Grupo 2 en la región árida.



Gráfica 2. Uso potencial de dos grupos genéticos de pasto banderita en el estado de Chihuahua, estimado mediante el modelo de MaxEnt, con base en 25 variables climáticas.

En los últimos años se han realizado un gran número de investigaciones para seleccionar materiales de diferentes especies de pastos, con fines de revegetación de pastizales. Sin embargo, estos trabajos se han centrado en el potencial productivo de los diferentes genotipos y han dado poca importancia a las condiciones climáticas a las que están adaptados. Los resultados de la presente investigación demuestran que las condiciones ambientales de origen son un factor fundamental a considerar cuando se seleccionan genotipos, ya que están determinan las áreas en donde tienen potencial de ser utilizados.

### CONCLUSIONES

Las poblaciones de pasto banderita del estado de Chihuahua se dividen en dos grupos genéticos y la divergencia de estos grupos parece haber sido provocada por las diferentes condiciones climatológicas del Estado. Por lo anterior, se puede considerar que existen dos ecotipos de pasto banderita en Chihuahua. Estos ecotipos tienen un potencial de uso diferente, por lo que la selección de materiales de pasto banderita en Chihuahua debe realizarse por región climática. Además, los programas de rehabilitación de pastizales deben ser realizados con materiales locales de cada región, ya que están adaptados sus condiciones ambientales y tienen mayor probabilidad de establecerse en la región a la que pertenecen.

### LITERATURA CITADA

- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue. *Focus* 1990; 12:13-15.
- Chaplot, V., P. Dlamini and P. Chivenge. Potential of grassland rehabilitation through high density-short duration grazing to sequester atmospheric carbon. *Geoderma*. 2016; 271:10-17
- Zhang, C., J. Zhang, Y. Fan, M. Sun, W. Wu, W. Zhao, X. Yang, L. Huang, Y. Peng, X. Ma and X. Zhang. Genetic structure and eco-geographical differentiation of wild sheep Fescue (*Festuca ovina* L.) in Xinjiang, Northwest China. *Molecules*. 2017; 22:1316-1331.
- Wanjala, B. W., M. Obonyo, F. N. Wachira, A. Muchugi, M. Mulaa, J. Harvey, X. Skilton, J. Proud and J. Hanson. Genetic diversity in Napier grass (*Pennisetum purpureum*) cultivars: implications for breeding and conservation. *AoB Plants*. 2013; 5:1-10.

**ATRIBUTOS IMPORTANTES DE RECURSOS GENÉTICOS DE *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. ANTE DÉFICIT HÍDRICO**

**IMPORTANT ATTRIBUTES OF *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. GENETIC RESOURCES, FACING WATER-DEFICIT CONDITIONS**

Juana Elvira Ramírez Meléndez<sup>1</sup>, Adrián Raymundo Quero Carrillo<sup>1\*</sup>, Filogonio de Jesús Hernández Guzmán<sup>2</sup>, Leonor Miranda Jiménez<sup>1</sup>, Cándido López Castañeda<sup>1</sup> y María de Jesús Carrillo Llanos<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo-Ganadería. <sup>2</sup>UP de Francisco I. Madero. Tepatepec, Fco. I. Madero, Hidalgo. \*Autor de correspondencia: queroadrian@colpos.mx

**RESUMEN**

Más de 50 % de la superficie de México corresponde a zonas áridas y semiáridas; cíclicamente, pastos nativos como *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., encuentran condiciones de sequía, que limita su desarrollo. Se evaluaron bajo condiciones de invernadero, cinco variedades y cinco genotipos de *B. curtipendula*, respectivamente: NdeM-125, NdeM-417, NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith; CP-Ñañú1 CP-Teloxtoc, CP-Centauro, CP-Mixe, CP-Tablón, en Montecillo Texcoco, Estado de México. Para comparar su respuesta, se usaron plantas de 137 días de edad en macetas de PVC en dos condiciones de humedad: Riego (R), macetas mantenidas con > 50% de humedad aprovechable, aplicando riego individualmente y Déficit Hídrico (DH), donde se suspendió el riego a partir de 192 días después del trasplante, un total de 42 días en DH y 23 por debajo del punto de marchitez permanente. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones y Tukey ( $p < 0.05$ ) para separar medias. Los tratamientos fueron la combinación de genotipo y condiciones de humedad. NdeM-Zenith obtuvo mayor biomasa total (BT) en R y DH; además, valores altos en la relación raíz: parte aérea en R, al igual que NdeM-125 en DH. La eficiencia en uso del agua fue afectada por el DH en CP-Mixe y NdeM-417. El Índice de Tolerancia a Sequía (ITS) indica que NdeM-125 y CP-Tablón son tolerantes; sin embargo, su rendimiento de BT en DH fue igual a los materiales susceptibles: NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith, CP-Centauro, CP-Ñañú1 y CP-Teloxtoc; es importante la BT, no es suficiente elegir genotipos por valor en ITS.

**Palabras clave:** *Bouteloua curtipendula*, déficit hídrico, biomasa, tolerancia a sequía.

**ABSTRACT**

Over 50% of the Mexican territory corresponds to semiarid and arid areas, on a yearly basis native pastures such as *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., suffer drought and these low soil moisture conditions limit plant development. Five varieties and five ecotypes of *B. curtipendula* were studied, respectively: NdeM-125, NdeM-417, NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith; CP-Ñañú1, CP-Teloxtoc, CP-Centauro, CP-Mixe, CP-Tablón under greenhouse conditions at Montecillo Texcoco, State of Mexico, to compare their response to water stress. One hundred and thirty seven-day-old plants were evaluated using PVC pots and two humidity regimes: Irrigation (R), where the pots were kept at more than 50% of usable humidity, applying irrigation individually and Water Deficit (DH), where irrigation was suspended starting 192 days after transplant to pots, with a total of 42 days under DH and 23 days below the point of permanent wilting. A completely randomized design with four repetitions was used. The treatments included the combination of each genotype in two humidity levels. NdeM-Zenith obtained greater total biomass (BT) under R and DH, in addition to high values in the root to aerial part ratio under R, as well as NdeM-125 under DH. Water use efficiency was affected by DH for CP-Mixe and NdeM-417. The drought tolerance index (DTI) indicates that NdeM-125 and CP-Tablón are tolerant; however, the performance of BT under DH was similar ( $P > 0.05$ ) to NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith, CP-Centauro, CP-Ñañú1 and

CP-Teloxtoc. Although BT production is important, it is not enough to select genotypes only for their value in ITS

**Keywords:** *Bouteloua curtipendula*, water deficit, biomass, drought tolerance.

## INTRODUCCIÓN

*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., es un pasto nativo de México, importante en programas de rehabilitación de pastizales en zonas áridas y semiáridas del norte del país; sin embargo, su establecimiento puede ser riesgoso debido a la baja disponibilidad de humedad en el suelo provocada por precipitaciones erráticas, mal distribuidas, suelos con bajo contenido de materia orgánica, arcillosos, arenosos, entre otras limitantes. Ante la falta de humedad, es importante usar genotipos que puedan mejorar el aprovechamiento de este recurso. Un mejor aprovechamiento de la humedad edáfica puede lograrse con genotipos que desarrollen sistemas radicales densos y profundos y con alta eficiencia en el uso del agua (EUA); es decir, que produzcan más biomasa por unidad de agua consumida (López, 2007). La producción de biomasa y la EUA han sido ampliamente estudiadas en cultivos de cereales (López, 2007); sin embargo, en *B. curtipendula* no se han estudiado suficientemente; lo que, en parte, limita la identificación de pastos nativos con tolerancia al déficit hídrico edáfico. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta al déficit hídrico edáfico en recursos genéticos de *B. curtipendula*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en condiciones de invernadero en el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Estado de México (19° 29'N; 98° 54' O y 2250 msnm). Se evaluaron cinco variedades de *Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr.: NdeM-125, NdeM-417, NdeM-303, NdeM-La Resolana y NdeM-Zenith y cinco genotipos: CP-Ñañú1 (Hgo), CP-Teloxtoc (Pue), CP-Centauro (Dgo), CP-Mixe (Oax) y CP-Tablón (Hgo). Se usaron plantas con 135 días de edad provenientes de semilla cosechada en 2016. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Se consideró como tratamiento la combinación de cada genotipo con dos condiciones de humedad edáfica: 1) Riego (R), al mantener al sustrato con más de 50 % de humedad aprovechable, y 2) Déficit hídrico (DH), con riego suspendido desde los días 192 a 234 post-trasplante (días después de que las plantas se colocaron en las macetas de PVC = ddt) con un total de 42 días en DH, lo que provocó que la humedad de la planta estuviera abajo de PMP durante 23 días. A 234 ddt, se aplicó un riego de recuperación para mantener la humedad del sustrato igual que en R hasta el final de la evaluación (237 ddt). La humedad del sustrato fue determinada por el método gravimétrico (Hernández *et al.*, 2017). La unidad experimental consistió en una planta en maceta de PVC (4" de diámetro y 1 m de largo) con bolsa cilíndrica de plástico de dimensiones iguales en su interior y perforaciones en el fondo, para drenaje. El sustrato de las macetas estuvo conformado por peat moss y tepezil (2:1) en el que se determinó capacidad de campo (CC = 22 %) y punto de marchitez permanente (PMP = 19 %). Se colocó una unidad experimental sin planta por repetición, para medir evaporación. La temperatura promedio dentro del invernadero fue de 22.7 °C. Se aplicaron 5 g de fertilizante (50-25-25) a 5 cm de profundidad en cada maceta a 151 ddt. Las variables evaluadas incluyeron en biomasa de corona (C), tallo (T, que incluyó vainas de hoja), hoja (H), inflorescencia (I, espiguillas unidas al raquis), material muerto (MM) y raíz (Rz). La biomasa de raíz total (RzT) fue la suma de Rz en los estratos de 0-30, 30-60 y 60-100 cm de profundidad de maceta. El sustrato se eliminó de la raíz manualmente y con lavados, usando agua corriente. La biomasa (g) se determinó después

de secar cada estructura de la planta en estufa de aire forzado a 60 °C por 42 h. La biomasa de la parte aérea (BPA) fue igual a la biomasa de C+T+H+I+MM. El cociente de RzT entre BPA se consideró como la relación raíz parte aérea (RzT: BPA). La eficiencia de uso de agua, se consideró como el cociente entre BPA y la transpiración acumulada durante todo el periodo de estudio (EUA, g BPA / g H<sub>2</sub>O; Fisher y Turner, 1958). Se calculó el índice de tolerancia a sequía (ITS) con el rendimiento de biomasa total en R y DH y la fórmula propuesta por Fernández *et al.* (1992). Los análisis de varianza se calcularon con el programa SAS versión 9.1. Para la comparación de medias se usó prueba Tukey ( $P < 0.05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

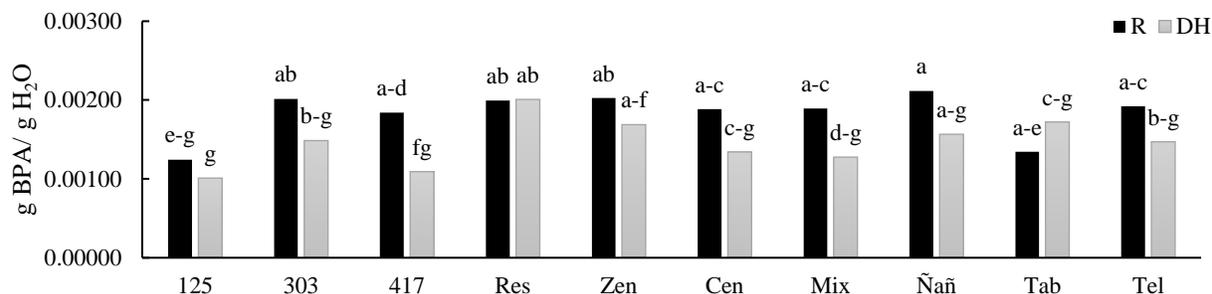
**Biomasa.** En R, CP-Ñañú1 y NdeM-Zenith presentaron la mayor BT ( $p < 0.01$ ; Cuadro 1). CP-Zenith se distinguió del resto de materiales por Rz para cada estrato de profundidad, T, e I ( $p < 0.01$ ); mientras que, CP-Ñañú1 sobresalió para valores de C, T, e I ( $p < 0.01$ ). En condiciones de DH, destacaron NdeM-125, NdeM-303, NdeM-Zenith y CP-Ñañú1, por BT ( $p < 0.01$ ). Los materiales que no disminuyeron BT bajo DH fueron NdeM-125 y CP-Tablón, este atributo se atribuye a biomasa radical, ya que en DH acumuló más RzT. Hernández *et al.* (2017), reportan mayor biomasa y longitud de raíz con estrés por sequía en trigo y cebada; sin embargo, este comportamiento no fue observado en materiales de *B. curtipendula* estudiados; solamente NdeM-125 y CP-Tablón, lograron mantener la misma biomasa en R y DH, pues en los materiales restantes la RzT fue menor bajo DH. Estos resultados coinciden con los reportados por Moreno *et al.* (2012), en *B. gracilis* y *Eragrostis curvula*; además Restrepo y Escobar (2007), demostraron que el DH afecta negativamente la longitud de la raíz principal en *Lolium perenne*. **Relación RzT: BPA.** NdeM-Zenith con valor 1.51 en R (Cuadro 1), asigna más biomasa a raíz, en el caso de CP-Teloxtoc esta relación fue la misma; es decir, la biomasa radical es proporcional a la superficial. Bajo DH, para NdeM-125, la relación fue mayor ( $P < 0.05$ ). La baja relación RzT: BPA de 0.3 para NdeM-La Resolana en DH puede demandar aumento en absorción de agua y nutrientes, con el fin de satisfacer requerimientos y lograr eficiencia en el transporte de nutrientes (Barrios *et al.*, 2014), posiblemente esta respuesta se relacione con valores en EUA de este material. **Eficiencia en el uso del agua (EUA) e índice de tolerancia a sequía ITS.** El efecto del DH afectó a CP-Mixe y NdeM-417, el resto de los materiales no presentaron diferencias ( $P > 0.05$ ) bajo ambas condiciones de humedad; sin embargo, los valores altos en CP-Ñañú1 y NdeM-Zenith en R, pueden indicar aumento de biomasa (López-Castañeda, 2007; Cuadro 1; Figura 1). Los materiales de *B. curtipendula* evaluados muestran diversidad en tolerancia al DH revelado por su ITS (Figura 1). Tanto CP-Tablón como NdeM-125 pueden considerarse como los más tolerantes al DH edáfico, pues tuvieron los valores más altos en ITS (1.23 y 0.99, respectivamente); además, no mostraron diferencias ( $P > 0.05$ ) entre DH y R para BT. Al seleccionar materiales para valores altos en ITS, se eligen indirectamente por mayor tolerancia al estrés y mayor biomasa (Castañón *et al.*, 2000). Es importante destacar que, aunque NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith, CP-Centauro, CP-Ñañú1 y CP-Teloxtoc no mostraron elevados ITS y redujeron significativamente su BT en DH, estos seis materiales produjeron, bajo DH, la misma BT que los materiales tolerantes, posiblemente por su alta BT y BPA en condiciones de R; es decir, producen estadísticamente la misma BT y BPA en DH respecto a aquellos tolerantes. Lo anterior es importante, debido a que, en condiciones favorables de humedad, el rendimiento es superior a aquellos tolerantes y bajo DH fueron similares estadísticamente.



**Cuadro 1.** Biomasa de raíz (Rz), de parte aérea (BPA), total (BT) y relación RzT: BPA de 10 variedades y genotipos de *Bouteloua curtipendula* en riego (R) y déficit hídrico (DH).

Variedad NdeM	NH	Biomasa de raíz (g)				Biomasa de parte aérea (g)						BT (g)	RzT:BPA
		0-30	30-60	60-100	RzT	C	T	H	I	MM	BPA		
125	R	4.4 b-f	3.7 d-g	2.4 g-j	10.4 f-h	3.4 c-g	2.4 e-h	2.7 c-e	1.0 g-i	0.3 h	9.8 f-i	20.3 c	1.1 bc
	DH	3.4 c-i	4.0 c-f	5.0 d-f	12.4 e-g	3.6 b-g	1.3 h	1.6 e-h	0.0 i	1.3 e-h	7.7 hi	20.1 c	1.6 a
303	R	4.8 b-d	5.5 bc	4.7 ef	15.0 de	6.4 a	5.5 b-d	3.8 bc	3.6 a-d	1.5 d-g	20.8 a-c	35.8 b	0.7 d-f
	DH	2.5 f-i	3.0 e-i	4.1 e-g	9.6 f-i	4.0 b-f	2.7 e-h	1.6 e-h	1.5 f-h	1.8 c-g	11.5 e-g	21.2 c	0.8 b-f
417	R	4.3 b-g	5.9 b	9.9 b	20.0 bc	5.4 ab	5.1 b-e	3.6 bc	2.6 c-f	1.4 e-h	18.1 b-d	38.1 b	1.1 b
	DH	2.4 g-i	2.1 g-j	1.2 h-j	5.7 i-l	2.6 fg	1.8 gh	1.5 f-h	0.9 hi	0.7 gh	7.5 i	13.2 d	0.8 c-f
Resolana	R	3.9 c-h	4.6 b-d	4.4 e-g	12.9 d-f	2.9 e-g	9.6 a	2.3 d-g	4.2 ab	2.2 b-f	21.1 ab	34.1 b	0.6 f-h
	DH	1.9 i	1.2 ij	0.9 ij	4.1 kl	1.7 g	4.1 d-g	0.9 h	1.8 d-h	6.4 a	15.0 de	19.1 cd	0.3 i
Zenith	R	7.8 a	8.1 a	12.2 a	28.0 a	4.2 b-f	7.6 ab	2.7 c-f	3.2 a-e	1.1 f-h	18.7 bc	46.8 a	1.5 a
	DH	2.5 g-i	2.9 e-i	3.4 e-g	8.8 g-j	3.4 c-g	4.4 c-g	1.5 f-h	2.3 d-g	1.5 d-g	13.0 ef	21.8 c	0.7 e-g
<b>Genotipo CP</b>													
Centauro	R	4.7 b-d	3.3 e-h	5.2 de	13.2 d-f	4.8 a-d	7.1 a-c	3.7 bc	3.8 a-c	1.7 c-g	21.1 ab	34.2 b	0.6 f-h
	DH	2.4 g-i	2.7 e-i	2.5 g-j	7.5 h-k	2.4 fg	2.6 e-h	1.2 gh	1.0 g-i	2.6 b-d	9.7 f-i	17.2 cd	0.8 c-f
Mixe	R	6.1 ab	4.2 b-e	2.8 f-i	13.1 d-f	4.9 a-c	9.6 a	5.5 a	0.0 i	2.8 bc	22.8 a	36.0 b	0.6 f-i
	DH	4.0 c-h	0.8 j	0.4 j	5.1 j-l	2.9 d-g	1.9 f-h	1.4 gh	0.0 i	2.1 b-f	8.3 g-i	13.5 d	0.6 f-h
Ñañú1	R	5.3 bc	9.0 a	7.9 bc	22.2 b	4.5 a-e	9.4 a	3.1 b-d	4.3 a	1.2 e-h	22.5 a	44.6 a	1.0 b-e
	DH	2.6 e-i	3.0 e-i	2.8 f-i	8.4 g-j	2.7 e-g	3.5 d-h	1.4 f-h	1.6 f-h	2.2 b-e	11.6 e-g	20.0 c	0.7 d-f
Tablón	R	1.8 i	0.8 j	0.5 j	3.2 l	1.8 g	3.0 d-h	1.3 gh	2.9 b-f	1.0 f-h	10.0 f-i	13.2 d	0.3 hi
	DH	2.4 hi	1.6 h-j	0.8 ij	4.9 j-l	2.5 fg	4.6 c-f	0.7 h	2.6 c-f	0.9 gh	11.3 e-h	16.2 cd	0.4 g-i
Teloxtoc	R	4.4 b-e	5.5 bc	7.0 cd	16.9 cd	5.0 a-c	5.6 b-d	4.1 b	1.1 g-i	1.4 e-h	17.3 cd	34.1 b	1.0 b-d
	DH	2.9 d-i	2.4 f-j	3.3 e-h	8.6 g-j	3.3 c-g	2.1 f-h	1.1 gh	0.7 hi	2.9 b	10.2 f-i	18.8 cd	0.8 b-f
DMS		1.90	1.77	2.20	4.05	1.96	2.77	1.21	1.39	1.15	3.65	6.18	0.3093
Sig		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

0-30, 30-60, 60-100 cm estratos de profundidad de macetas, C = Corona, T = Tallo, H = Hoja, I = Inflorescencia, MM = Material muerto. Letras diferentes en cada columna indican diferencia estadística (Tukey,  $P < 0.05$ ) DMS= Diferencia mínima significativa, Sig= Significancia (\*\*  $P < 0.01$ ).



**Figura 1.** Eficiencia en el uso del agua (g BPA/ g H<sub>2</sub>O) de cinco variedades y cinco genotipos de *Bouteloua curtipendula* en Riego (R) y Déficit hídrico (DH). Letras iguales sobre columnas indican promedios estadísticamente similares (Tukey,  $P < 0.05$ ).

**Cuadro 2.** Índice de tolerancia a sequía (ITS) en cinco variedades y cinco genotipos de *Bouteloua curtipendula*.

Variedad	NdeM-125	NdeM-303	NdeM-417	NdeM-La Resolana	NdeM-Zenith
ITS	0.99	0.59	0.35	0.56	0.47
Genotipo	CP-Ñañú1	CP-Teloxtoc	CP-Centauro	CP-Tablón	CP-Mixe
ITS	0.45	0.55	0.50	1.23	0.37

## CONCLUSIONES

En ambas condiciones de humedad NdeM-Zenith y CP-Ñañú1 obtuvieron rendimientos altos en BT- Los materiales de *Bouteloua curtipendula* mostraron diversidad en tolerancia al DH. NdeM-125 y CP-Tablón fueron los más tolerantes con alto ITS y no mostraron diferencias en BT ante el DH, materiales con bajo ITS como NdeM-303, NdeM-La Resolana, NdeM-Zenith, CP-Centauro, CP-Ñañú1 y CP-Teloxtoc, se consideran importantes; bajo DH estos materiales produjeron BT de igual manera que los tolerantes. No es suficiente elegir genotipos solo por su valor en ITS. El déficit hídrico afectó sólo a CP-Mixe y NdeM-417 para EUA.

**AGRADECIMIENTOS.** A CONACYT-FOINS, por el apoyo, proyecto 248252: Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014: "Colecta, Salvaguarda y Evaluación de Forrajeras (Poaceae), para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido"

## LITERATURA CITADA

- Barrios, MB, Buján A, Debelis SP, Sokolowski AC, Blasón ÁD, Rodríguez HA, & Gagey MC. 2014. Relación de raíz/biomasa total de Soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*; 32:3 221-230.
- Castañón, G, Ricardo C, Roberto P, Eleuterio P, Montiel M, Filobello L. 2000. Selección de líneas de maíz por resistencia a sequía. *Agronomía. Mesoamericana* 11(1): 163-169.
- Fernández, G. C. J. 1992. *Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceeding of Symposium. Taiwan, 13-16 Aug. Chapter 25: 257-270*
- Fischer, RA & NC Turner. 1978. Plant productivity in the arid and semi-arid zones. *An. Rev. Plant Phys.* 29: 277-317
- Hernández-Santiago, L., C. López-Castañeda, V.H. Aguilar-Rincón y E.J. Barrios-Gómez. 2017. Resistencia a sequía y tolerancia a calor en cebada y trigo. En: M.A. Martínez Damián, L.E. Garza Bueno, M.E. Tavera Cortés, E. Bravo Benítez y M.T. Pérez Soto (eds.). *Memoria del Sexto Congreso Internacional en Ciencias Básicas y Agronómicas. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. Septiembre de 2017. Pp: 884-900.*
- López, CC. 2007. Eficiencia en uso del agua: intercambio gaseoso entre transpiración y fotosíntesis. In: Conferencia: IV Encuentro Participación de la Mujer en la Ciencia, Guanajuato, México. 1: 1-5
- Moreno, GB, García ME, Rascón CQ, & Aguado SGA. 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 Fitotecnia Mexicana* 35:4 299-308.



Restrepo, J.S. y A.F. Escobar. 2007. Evaluación de algunos parámetros fisiológicos del raygrass bestfor (*Lolium perenne*), bajo condiciones de estrés hídrico. Trabajo de grado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Corporación para Estudios en la Salud (Universidad CES), Medellín, Colombia.



EVALUACIÓN MULTILOCACIONAL DE CINCO VARIEDADES DE *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, EN TRÓPICO SUB-HÚMEDO

MULTILOCATIONAL EVALUATION OF FIVE VARIETIES OF *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, IN SUB-HUMED TROPIC

Abieser Vázquez-González<sup>1</sup>, Adrián Raymundo Quero-Carrillo<sup>1</sup>, Cándido López-Castañeda<sup>1</sup>, Mario Antonio Cobos-Peralta<sup>1</sup>, Manuel Silva-Luna<sup>2</sup>, José Francisco Villanueva-Ávalos<sup>2</sup>, Javier Francisco Enríquez-Quiroz<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. <sup>2</sup> Sitio Experimental Costa de Jalisco -INIFAP, <sup>2</sup> Sitio Experimental El Verdineño - INIFAP, <sup>2</sup> Campo Experimental La Posta - INIFAP.

\*Autor para correspondencia. [queroadrian@colpos.mx](mailto:queroadrian@colpos.mx)

RESUMEN

La fisiografía de los ranchos permite localizar en estos, áreas fértiles para el establecimiento de pastos de rebrote vigoroso y con elevada demanda de nutrientes del suelo para apoyar la alimentación del ganado. El objetivo fue evaluar los componentes de rendimiento de materia seca (MS), en cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone: OM-22, Taiwán morado, Maralfalfa, CT-115 y Taiwán A-144, con cortes a 1 m de altura, 30 cm de forraje remanente, con dos densidades de siembra (60, 000 y 120 000 plantas ha<sup>-1</sup>), en tres regiones del trópico sub-húmedo de México: Nayarit, Jalisco y Veracruz. La siembra se realizó en diciembre 2017 (60 000) y mayo-junio 2018 para (120 000), esto en los tres sitios, en parcelas de 6 x 10 m<sup>2</sup>, con un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones y Tukey (p<0.05) para separación de medias. La evaluación se realizó de mayo 2018 a marzo 2019. En Nayarit, OM-22 mostró diferencia (P< 0.05) en rendimiento de MS acumulada d (56. 433 Mg ha<sup>-1</sup>); mientras que en Jalisco con 28. 220 Mg ha<sup>-1</sup>, ambos en densidad uno. En Veracruz, las variedades no mostraron diferencias (p>0.05). La variedad OM – 22 mostró ser excelente opción para su utilización en los sistemas ganaderos y mejorar la eficiencia de producción en el trópico de México, particularmente en los estados evaluados y con estabilidad productiva bajo la altura de planta a la cosecha y rastrojo remanente muestreadas.

**Palabras clave:** *Cenchrus purpureus*, Componentes rendimiento, densidad de siembra, Trópico sub húmedo.

ABSTRACT

Farm's physiography diversity allows for fertile areas to establish grass species with vigorous sprouting and high soil nutrients demands in order to support cattle alimentation. The objective was to evaluate dry matter (MS) yield components for five *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone varieties: OM-22, Purple Taiwan, Maralfalfa, CT-115 and Taiwan A-144, with cutting height of 1 m and 30 cm of remaining fodder (stubble), with two planting densities (60, 000 and 120 000 plants ha<sup>-1</sup>), under sub-humid tropical conditions in three regions of Mexico: Nayarit, Jalisco and Veracruz. Sowing procedures were performed during December 2017 (60 000) and May - June 2018 (120 000), for the three evaluation sites, in plots of 6 x 10 m<sup>2</sup>, with a completely randomized experimental design, four replications per treatment and Tukey (p<0.05) as means separation procedure. Forage production evaluations wer conducted from May 2018 to March 2019. In Nayarit OM-22 showed differences (P ≤ 0.05) in cumulative MS yield with 56 433 Mg ha<sup>-1</sup> and for Jalisco with 28 220 Mg ha<sup>-1</sup>, both for 60 000 plants ha<sup>-1</sup>. For Veracruz region, no differences wer observed among varieties (p>0.05). Variety OM-22 resulted a better option for use in livestock systems and to improve production efficiency in the tropics of Mexico, particularly in the states of Nayarit, Jalisco and Veracruz.

**Keywords:** *Cenchrus purpureus*, Yield components, planting density, Sub humid tropics.

## INTRODUCCIÓN

La producción ganadera sostenible depende en gran medida de la cantidad y calidad del forraje disponible a lo largo del año (Negawo *et al.*, 2017). Los recursos forrajeros en el mundo y México adolecen de esquemas de utilización adecuados, ya que los utilizados a la fecha resultan poco representativos de la diversidad natural y su utilización no ocurre bajo esquemas de evaluación y utilización sistemática que estandarice los rendimientos y los haga comparables: intercepción luminosa al 95% (Quero *et al.*, 2017). Para aumentar la producción forrajera en México, en épocas de estiaje, se han introducido variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, especie que tradicionalmente, se ha utilizado como pasto de corte y acarreo. El objetivo del estudio fue evaluar los componentes de rendimiento de materia seca (MS), en cinco variedades de *C. purpureus*: OM-22, Taiwán morado, Maralfalfa, Taiwán A-144 y CT -115, con cortes a 1 m de altura y 30 cm de forraje remanente, con dos densidades de siembra, en condiciones de trópico sub-húmedo en tres regiones del trópico mexicano: Nayarit, Jalisco y Veracruz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en diversos sitios experimentales del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP): Campo experimental (CE) “La Posta”, Veracruz; Sitio experimental (SE) “El Verdineño”, Nayarit; SE “Costa de Jalisco”, Jalisco; México (Figura 1).

**Análisis físico – químico del suelo:** Los tres sitios tienen pH ligeramente ácido, sin salinidad, contenido medio de materia orgánica y drenaje eficiente (Cuadro 1).

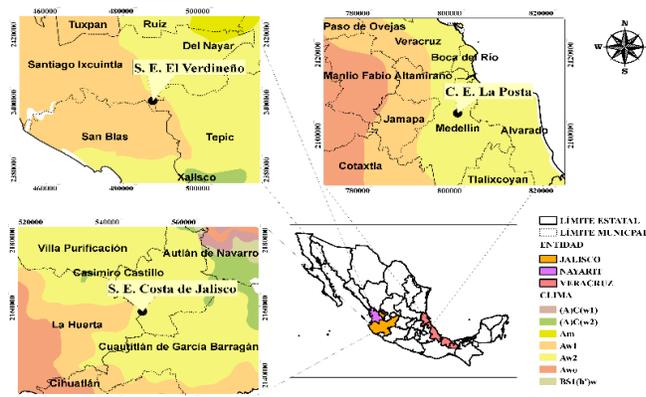


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios experimentales en los estados de Nayarit, Jalisco y Veracruz en la República Mexicana.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo de los tres sitios experimentales.

Sitio	Profundidad Cm	pH	C.E dS m	MO %	N. mg kg	P mg kg	K mg kg	DA. Gm	Textura
Jalisco	0-30	6.56	0.09	1.91	10.50	42.05	238	1.17	Franco Limoso
Jalisco	30-60	7.02	0.13	1.08	12.05	15.82	110	1.07	Franco Arcillo Limoso
Nayarit	0-30	6.06	0.14	2.63	8.75	19.61	592	1.09	Arcilla
Nayarit	30-60	7.09	0.10	2.39	10.50	8.15	450	1.15	Arcilla
Veracruz	0-30	6.79	0.11	1.91	10.50	21.24	402	1.31	Franco Arcillo Arenoso
Veracruz	30-60	4.55	0.06	1.56	10.50	2.52	144	1.3	Franco Arcillo Arenoso

pH= Potencial de hidrógeno, CE= Conductividad eléctrica, N= Nitrógeno, P= Fósforo, K= Potasio, DA= Densidad Aparente.

**Procedimiento experimental.** El experimento se estableció en diciembre de 2017 en los tres sitios experimentales para la densidad uno (60, 000 plantas ha<sup>-1</sup>); para la densidad dos (120, 000 plantas ha<sup>-1</sup>), en Nayarit y Jalisco se realizó en mayo (2018) y Veracruz en junio (2018). Se evaluaron

cinco variedades de *C. purpureus*: Taiwán A-144, Taiwán morado, Maralfalfa, OM-22 y CT-115, todos establecidos con material vegetativo proporcionado por el SE “Costa de Jalisco”. Se establecieron parcelas de 6 x 10 m<sup>2</sup>, con un diseño experimental completamente al azar. En ambas fechas de siembra se contó con riego de apoyo durante un mes. Se fertilizaron los tres sitios a dosis única (N-P-K; 40–40–00). El muestreo se inició con cortes de homogenización y posteriormente, los cortes se realizaron cuando las plantas alcanzaron 1 m de altura, tomando en cuenta a la primera variedad que obtuviera el metro sin importar la altura de las otras y dejando una altura de forraje remanente de 30 cm. Las evaluaciones abarcaron un periodo de 11 meses (mayo 2018- marzo 2019). **VARIABLES EVALUADAS:** Intercepción de luz (IL), se realizó por el método (línea de Canfield). En las plantas cosechadas se realizó la separación por componentes: pseudotallos, hoja y material muerto; y se pesaron en balanza electrónica de alta precisión de 15 kg ± 0.05 g. Se tomaron muestras de 200 g de cada componente y se secaron a temperatura constante de 60 °C en estufa de aire forzado durante 72 horas; posteriormente, se estimó el peso seco de pseudotallos (PSPT), hoja (PSH) y planta completa (PSPC). Similarmente, se estimó el rendimiento de MS por corte (RMS) y MS rendimiento acumulada (RMSA), extrapolándose a MS ha<sup>-1</sup> para las densidades y cinco variedades evaluados en cada sitio. **Diseño experimental y análisis estadístico:** Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo en medidas repetidas, con un sub muestreo de cuatro repeticiones (plantas) por parcela, los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.4, con PROC GLM. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (P≤ 0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estado de Nayarit se realizaron nueve cortes en densidad uno y siete en densidad dos; en Jalisco, seis cortes en densidad uno y cuatro en densidad dos; en Veracruz, seis cortes en densidad uno y cinco en densidad dos. Estos fueron definidos por la altura y la capacidad de rebrote de las plantas en función del clima (Figura 2).

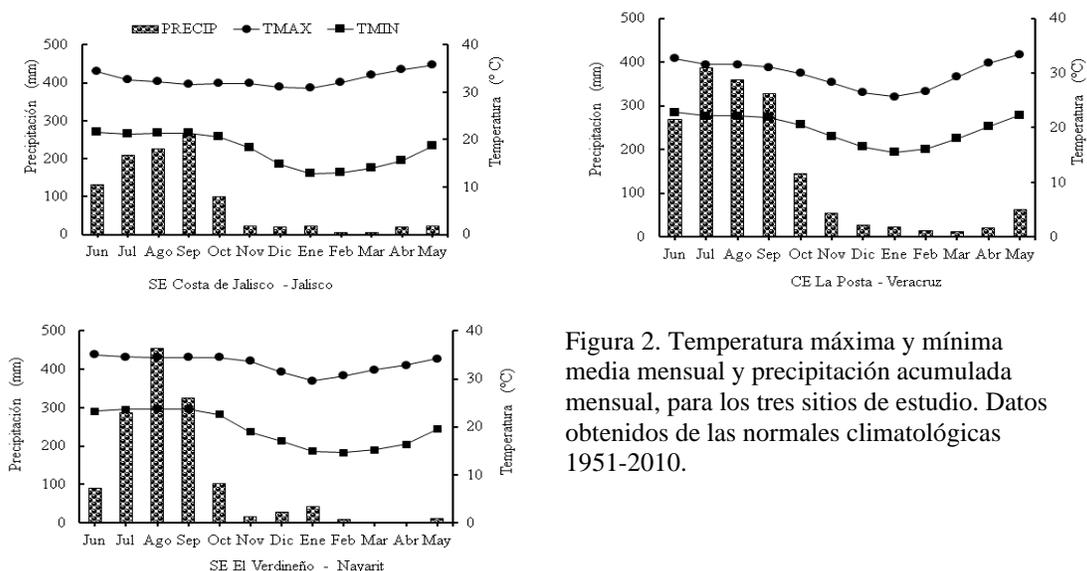


Figura 2. Temperatura máxima y mínima media mensual y precipitación acumulada mensual, para los tres sitios de estudio. Datos obtenidos de las normales climatológicas 1951-2010.

**Intercepción de luz (IL):** En Nayarit, OM-22 mostró diferencias para la densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 2). En Jalisco, Taiwán A-144 en densidad baja y Taiwán morado en ambas densidades mostraron diferencias (Cuadro 3). En Veracruz, OM-22 mostró diferencias en densidad uno y dos (Cuadro 4). Los valores que mostró OM-22 alcanzando 95% de intercepción de luz a 1 m de altura, concuerdan con lo recomendado por (Da silva *et al.*, 2015; Quero *et al.*, 2018) para el máximo

aprovechamiento de la planta. **Peso seco de pseudotallo (PSPT):** En Nayarit, Maralfalfa mostró diferencia en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 2). En Jalisco, OM-22, CT-1115, Taiwan A-144 y Maralfalfa mostraron diferencias en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 3). En Veracruz, Maralfalfa mostró diferencias para densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 4). **Peso seco de hoja (PSH).** En Nayarit, OM-22 mostró diferencia en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 2). En Jalisco, OM-22 y CT-115 mostraron diferencias en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 3). En Veracruz, OM-22, Maralfalfa, CT-115, Taiwán A - 144 y Taiwán morado mostraron diferencias en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 4). Un valor mayor de PSH en la planta con relación de PSPT, lo hace una excelente planta para forraje o pastoreo. Nyambati *et al.* (2010), mencionan que en hoja está presente el mayor contenido de proteína, confiriéndole mejor calidad nutricional al forraje y mejor apetencia para el animal.

Cuadro 2. Comparación de medias con valores promedios de los cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, Nayarit.

Den	Variedad	IL	PST	PSH	MM	PSPC	RMS	RMSA
1	OM-22	<b>95.53<sup>a</sup></b>	20.22 <sup>b</sup>	<b>84.29<sup>a</sup></b>	<b>0.91<sup>a</sup></b>	<b>104.5<sup>a</sup></b>	<b>6270<sup>a</sup></b>	<b>56.433<sup>a</sup></b>
1	T.Morado	87.92 <sup>bc</sup>	24.58 <sup>ab</sup>	74.35 <sup>ab</sup>	0.67 <sup>ab</sup>	98.93 <sup>ab</sup>	5936 <sup>ab</sup>	53.420 <sup>ab</sup>
1	Maralfalfa	85.72 <sup>bcd</sup>	<b>32.16<sup>a</sup></b>	54.36 <sup>bc</sup>	<b>0.80<sup>a</sup></b>	86.52 <sup>abc</sup>	5191 <sup>abc</sup>	46.722 <sup>abc</sup>
1	CT-115	85.42 <sup>bcd</sup>	21.93 <sup>b</sup>	49.28 <sup>cd</sup>	0.25 <sup>dc</sup>	71.21 <sup>bc</sup>	4273 <sup>abcde</sup>	38.453 <sup>bcd</sup>
2	T.Morado	84.16 <sup>cd</sup>	7.52 <sup>cd</sup>	31.4 <sup>def</sup>	0 <sup>d</sup>	38.92 <sup>de</sup>	4670 <sup>abcd</sup>	37.361 <sup>bcd</sup>
2	OM-22	88.91 <sup>b</sup>	8.47 <sup>cd</sup>	25.98 <sup>ef</sup>	0 <sup>d</sup>	34.46 <sup>de</sup>	4135 <sup>bcd</sup>	33.077 <sup>cde</sup>
2	T. A-144	87.88 <sup>bc</sup>	6.35 <sup>cd</sup>	25.9 <sup>ef</sup>	0 <sup>d</sup>	32.25 <sup>de</sup>	3870 <sup>bcd</sup>	30.963 <sup>cde</sup>
1	T. A-144	83.39 <sup>d</sup>	15.27 <sup>bc</sup>	41.72 <sup>cde</sup>	0.45 <sup>bc</sup>	57 <sup>cd</sup>	3420 <sup>cde</sup>	30.778 <sup>cde</sup>
2	Maralfalfa	77.03 <sup>e</sup>	7.25 <sup>cd</sup>	15.43 <sup>f</sup>	0 <sup>d</sup>	22.68 <sup>e</sup>	2722 <sup>de</sup>	21.773 <sup>de</sup>
2	CT-115	85.28 <sup>bcd</sup>	4.63 <sup>d</sup>	14.27 <sup>f</sup>	0 <sup>d</sup>	18.9 <sup>e</sup>	2268 <sup>e</sup>	18.144 <sup>e</sup>
	DMS	4.039	10.081	22.549	0.2747	32.182	2100.4	18.49

Den= Densidad (1= 60 000; 2= 120 000 plantas ha<sup>-1</sup>), AP = Altura de planta (cm), PST = Peso seco de tallos (g planta<sup>-1</sup>), PSH = Peso seco de hojas (g planta<sup>-1</sup>), MM = Material muerto (g planta<sup>-1</sup>), PSPC = Peso seco de planta completa (g planta<sup>-1</sup>), RMS = Rendimiento de MS corte<sup>-1</sup> (kg ha<sup>-1</sup>), RMSA = Rendimiento de MS acumulado (Mg ha<sup>-1</sup>). <sup>a-f</sup>Diferente literal minúscula, en la misma columna, indican diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

Cuadro 3. Comparación de medias con valores de cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, Jalisco.

Den	Variedad	IL	PST	PSH	MM	PSPC	RMS	RMSA
1	OM-22	69.6 <sup>b</sup>	<b>13.069<sup>a</sup></b>	<b>65.32<sup>a</sup></b>	0.20 <sup>ab</sup>	<b>78.39<sup>a</sup></b>	<b>4703.3<sup>a</sup></b>	<b>28.220<sup>a</sup></b>
1	CT-115	70.8 <sup>b</sup>	<b>18.418<sup>a</sup></b>	<b>42.50<sup>a</sup></b>	0.04 <sup>ab</sup>	60.91 <sup>ab</sup>	3654.7 <sup>abc</sup>	21.928 <sup>ab</sup>
1	T.Morado	<b>80.3<sup>a</sup></b>	12.101 <sup>ab</sup>	34.74 <sup>bc</sup>	0 <sup>b</sup>	46.84 <sup>bc</sup>	2810.3 <sup>bcd</sup>	16.862 <sup>bc</sup>
2	OM-22	71.5 <sup>b</sup>	5.78 <sup>bc</sup>	28.76 <sup>bcd</sup>	0 <sup>b</sup>	34.54 <sup>cd</sup>	4145 <sup>ab</sup>	16.580 <sup>bc</sup>
1	T.A-144	<b>81.4<sup>a</sup></b>	<b>13.122<sup>a</sup></b>	30.64 <sup>bcd</sup>	<b>0.35<sup>a</sup></b>	43.76 <sup>bc</sup>	2625.8 <sup>bcd</sup>	15.755 <sup>bcd</sup>
1	Maralfalfa	47.8 <sup>d</sup>	<b>12.894<sup>a</sup></b>	21.70 <sup>cdef</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	34.59 <sup>cd</sup>	2075.7 <sup>cd</sup>	12.454 <sup>cde</sup>
2	T.Morado	<b>82.9<sup>a</sup></b>	3.553 <sup>c</sup>	18.75 <sup>def</sup>	0 <sup>b</sup>	22.3 <sup>de</sup>	2676.5 <sup>bcd</sup>	10.706 <sup>cde</sup>
2	T.A-144	53.9 <sup>c</sup>	1.934 <sup>c</sup>	15.26 <sup>def</sup>	0 <sup>b</sup>	17.19 <sup>de</sup>	2063.2 <sup>d</sup>	8.253 <sup>ed</sup>
2	CT-115	56.6 <sup>c</sup>	2.692 <sup>c</sup>	12.67 <sup>ef</sup>	0.31 <sup>ab</sup>	15.36 <sup>de</sup>	1843.3 <sup>d</sup>	7.373 <sup>e</sup>
2	Maralfalfa	57 <sup>c</sup>	3.482 <sup>c</sup>	8.01 <sup>f</sup>	0 <sup>b</sup>	11.5 <sup>e</sup>	1379.7 <sup>d</sup>	5.519 <sup>e</sup>
	DMS	4.1716	6.3384	15.15	0.3233	20.722	1588.3d	8.048

**Material muerto (MM).** En Nayarit, OM-22 y Maralfalfa mostraron diferencia en densidad baja (Cuadro 2). En Jalisco, Taiwán A-144 mostró diferencias en densidad uno ( $< 0.05$ ; Cuadro 3). En Veracruz, CT - 115 mostró diferencias en densidad alta ( $p < 0.05$ ; Cuadro 4). La cantidad de material

muerto está influenciada por la intercepción de luz y altura de la planta. **Peso seco de planta completa (PSPC)**. En Nayarit, OM-22 mostró diferencias para densidad baja (Cuadro 2). En Jalisco, OM-22 mostró diferencias en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 3). En Veracruz, Maralfalfa, CT-115, Taiwán A-144 y Taiwán morado mostraron diferencias en densidad baja (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias entre valores de los cortes realizados durante la evaluación, a dos densidades de población, en cinco variedades de *C. purpureus*, Veracruz.

Den	Variedad	IL	PST	PSH	MM	PSPC	RMS	RMSA
1	Maralfalfa	80.5 <sup>cd</sup>	<b>27.7<sup>a</sup></b>	<b>50.4<sup>a</sup></b>	0.91 <sup>bc</sup>	<b>78.13<sup>a</sup></b>	4687.7 <sup>a</sup>	28.126 <sup>a</sup>
2	OM-22	<b>86.2<sup>a</sup></b>	8.5 <sup>cd</sup>	30.5 <sup>b</sup>	1.25 <sup>abc</sup>	39.001 <sup>c</sup>	4680.5 <sup>a</sup>	28.083 <sup>a</sup>
1	CT-115	79.3 <sup>d</sup>	21.5 <sup>b</sup>	<b>50.82<sup>a</sup></b>	1.0417 <sup>bc</sup>	72.23 <sup>ab</sup>	4333.9 <sup>a</sup>	26.003 <sup>a</sup>
2	CT-115	82.5 <sup>bc</sup>	9 <sup>c</sup>	25.3 <sup>bc</sup>	<b>2.08<sup>a</sup></b>	34.27 <sup>cd</sup>	4112.2 <sup>a</sup>	24.673 <sup>a</sup>
1	T.A-144	81.7 <sup>cd</sup>	18.6 <sup>b</sup>	<b>46.5<sup>a</sup></b>	0.70 <sup>bc</sup>	65.16 <sup>ab</sup>	3903.4 <sup>a</sup>	23.420 <sup>a</sup>
2	T.Morado	82.8 <sup>bc</sup>	17.4 <sup>b</sup>	<b>45.8<sup>a</sup></b>	0 <sup>d</sup>	63.21 <sup>ab</sup>	3792.8 <sup>a</sup>	22.757 <sup>a</sup>
1	T.A-144	81 <sup>cd</sup>	12 <sup>c</sup>	18.8 <sup>bc</sup>	1.66 <sup>ab</sup>	30.8 <sup>cd</sup>	3701.6 <sup>a</sup>	22.209 <sup>a</sup>
2	OM-22	<b>86.3<sup>a</sup></b>	10.4 <sup>c</sup>	<b>50.5<sup>a</sup></b>	1.37 <sup>abc</sup>	60.9 <sup>b</sup>	3653.7 <sup>a</sup>	21.922 <sup>a</sup>
1	Maralfalfa	78.7 <sup>d</sup>	6.8 <sup>cd</sup>	23.5 <sup>bc</sup>	0 <sup>d</sup>	30.3 <sup>cd</sup>	3639.1 <sup>a</sup>	21.835 <sup>a</sup>
2	T.Morado	84.9 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>d</sup>	15.3 <sup>bc</sup>	1.41 <sup>abc</sup>	18.8 <sup>d</sup>	2260 <sup>b</sup>	13.560 <sup>b</sup>
	DMS	3.0549	5.3344	12.586	0.8404	16.68	1269.5	7.617

**Rendimiento de materia promedio por corte (RMS)**. Para Nayarit, en RMS y rendimiento de MS acumulada (RMSA), OM-22 mostró diferencias en densidad baja ( $p < 0.05$ ; Cuadro 2). En Jalisco, OM-22 mostró diferencias en densidad baja para RMS y RMSA ( $p < 0.05$ ; Cuadro 3). En Veracruz, para RMS y RMSA, no se encontraron diferencias entre variedades y densidad ( $p > 0.05$ ; Cuadro 4). Los valores más altos en RMS se observaron en los meses lluviosos en los tres sitios y se redujeron en los meses con precipitaciones bajas. Diferentes estudios se han realizado con nuevas variedades y clones de *C. purpureus* en diferentes regiones, donde el rendimiento de MS está influenciado por la variedad, el ambiente y manejo agronómico (Arias *et al.*, 2019).

## CONCLUSIÓN

La variedad OM – 22 es una excelente opción para su uso en los sistemas ganaderos en el trópico de México, particularmente en los estados de Nayarit, Jalisco y Veracruz, debido a su alta producción de materia seca y mayor proporción de hoja. Se recomienda su uso para corte o pastoreo a 1 m de altura con remanente de 30 cm y densidad de (60, 000 plantas ha<sup>-1</sup>) alcanzando así 95 % de intercepción de luz. Este estudio dará oportunidad de evaluar, con otros datos obtenidos, la estabilidad genética de los materiales evaluados.

**AGRADECIMIENTOS.** Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a través de la Beca de Maestría en Ciencias otorgada al primer autor.



## LITERATURA CITADA

- Arias, J. J., Reyes, J. V., Ray, D. G., Benítez, L. G., Hernández, y Ledea, J. L. 2019. Indicadores morfométricos en nuevas variedades megatérmicas de *Cenchrus purpureus* tolerante al estrés hídrico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22: 115-125.
- Negawo, A. T., Teshome, A., Kumar, A., Hanson, J., Jones, C. S. 2017. Opportunities for Napier grass (*Pennisetum purpureum*) improvement using molecular genetics. *Agronomy*. 7: 28-33.
- Nyambati, E.M., Muyekho, F.N., Onginjo E., Lusweti, M. 2010. Production, characterization and nutritional quality of Napier grass (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivars in Western Kenya. *African J of Plant Sci.* 4(2): 496-502.
- Quero, C. A. R., Miranda, J. L., Villanueva, Á. 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*. 3: 63-85.
- Da Silva, S. C., Sbrissia, A. F., Pereira, L.E.T. 2015. Ecophysiology of C<sub>4</sub> forage grasses -understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture*, 5: 598-625.



g plant<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>). Commercial varieties presented the highest quality PC 12 %, FDN 67%, FDA 30% and EE 3.6%. Conservative forage harvesting render higher DM production.

**Keywords:** *Tripsacum*, quality, performance, fodder, Iuka, Pete, Nemaha.

## INTRODUCCIÓN

*Tripsacum* L. es un género de 16 especies, nativo de regiones tropicales de América y se distribuye desde el noreste de Estados Unidos hasta Paraguay (Gould y Shaw, 1992). Las plantas de *T. dactyloides* son gramíneas perennes, alógamas, monoicas, amacolladas, con dosel vegetal de pequeño a grande, limbos planos y anchos, con inflorescencia tipo racimo (Blakey *et al.*, 2007). Wet *et al.* (1982), indican que por su distribución geográfica, el género *Tripsacum* ha sido dividido en tres complejos: norteamericano, mesoamericano y sudamericano. El norteamericano, utilizado en este trabajo, incluye plantas pequeñas inferiores a 2 m de altura, con numerosos rizomas bien desarrollados, tallos inferiores de nudos comprimidos, resultando en numerosas hojas basales, hojas de 0.5 a 2 cm de ancho y glabras. El sudamericano, compuesto por plantas de pequeñas a robustas mayores a 3 m de alto, tallos erectos o decumbentes, rizomas bien desarrollados y de entrenudos basales acortados, hojas de 3 a 5 cm de ancho y glabras. El mesoamericano presenta rizomas pobremente desarrollados, plantas delgadas y culmos decumbentes, hojas caulescentes, tallos reproductivos ramificados en numerosas espigas solitarias (Villanueva *et al.*, 2015). Especie altamente preferida por el ganado después del rebrote, debido a su succulencia y alta calidad nutricional (Dewald *et al.*, 2009), en Estados Unidos se maneja bajo condiciones de pastoreo e inicia cuando la planta alcanza de 45 a 60 cm de dosel vegetal, con tres meses de descanso por año. Un balance adecuado entre calidad y cantidad de forraje se obtiene cuando el pasto es cosechado a una altura de 15 o 20 cm durante la etapa de crecimiento. Sin embargo, pastoreos frecuentes conducen al deterioro de la pradera, deben darse períodos de descanso en verano 45 días y 56 días en sequía (Guillen, 2001). El objetivo fue comparar calidad y rendimiento de materia seca acumulado en el segundo año de evaluación, con dos alturas de forraje remanente (15 y 25 cm) y una altura de forraje (50 cm) en un ecotipo nativo de Hidalgo y tres variedades comerciales de Estados Unidos: Iuka, Pete y Nemaha, bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México. El material genético consistió en tres variedades comerciales de *Tripsacum dactyloides*: Pete, Iuka y Nemaha y un ecotipo del Estado de Hidalgo. Las plantas se generaron mediante semilla comercial de Estados Unidos y vegetativamente del ecotipo Hidalgo. Las plantas recibieron un tiempo de establecimiento de seis meses para las variedades y dos para el ecotipo. Plantas individuales se sembraron en maceta plástica de 50 × 50 cm, con sustrato en proporción: 2:1:1 tezontle, estiércol y tierra, respectivamente. Se establecieron 32 macetas bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y dos alturas de forraje remanente (15 y 25 cm). Antes de iniciar la evaluación se dio un corte de homogenización a 15 cm del suelo y se dejó crecer la planta hasta que alcanzó una altura de dosel vegetal a 50 cm y se establecieron las dos alturas de forraje remanente, cortando 16 macetas a 15 cm y 16 a 25 cm del suelo; posteriormente, cada vez que llegaban a 50 cm de dosel vegetal, se procedía al corte por tratamiento. En este trabajo se reporta el segundo año de evaluación. En cada corte, el forraje se separó por componente morfológico: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto; posteriormente, se secó en estufa durante tres días a 50 °C, se registró peso seco, calculándose el rendimiento por planta individual (maceta). Las muestras de todos los cortes se fueron guardando por variedad y

tratamiento y al finalizar el año de muestreo se llevaron al molino y se molieron utilizando criba de 2 mm y se procedió al análisis de calidad, según manual de laboratorio de nutrición animal del Colegio de Postgraduados. A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza, con un diseño factorial de 4(variedades)\*2(forraje remanente), a aquellas variables que mostraron diferencias significativas, la comparación de medias se realizó mediante prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), mediante el paquete para análisis estadístico InfoStat (Di *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a su morfología, *T. dactyloides* es una especie que presenta mayor acumulación de hoja en relación a otros componentes morfológicos del rendimiento (Cuadro 1). Al evaluar dos alturas de forraje remanente, se observó que al cortar a 25 cm, la acumulación anual de materia seca (MS) total es 135 g planta<sup>-1</sup>, como promedio de las tres variedades y el ecotipo.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca en un ecotipo y tres variedades comerciales de *Tripsacum dactyloides*.

Forraje remanente (cm)	Variedad	Hoja	Tallo	Flor
		gramos planta <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		
15	Hidalgo	164.7 b	0.4 e	0.1 f
	Iuka	128.1 c	14 b	6.3 c
	Pete	112 d	4.2 d	5.7 cd
	Nemaha	108.8 d	5 cd	2.5 e
25	Hidalgo	195 a	0.9 e	0.2 f
	Iuka	122.8 c	13.8 b	10.5 b
	Pete	123.3 c	19.5 a	14.8 a
	Nemaha	100.5 e	6.5 c	4.3 d
Media 15 cm		128.4	5.9	3.7
Media 25 cm		135.4	10.2	7.5
Variedad		***	***	***
Tratamiento		***	***	***
Var*Trat		***	***	***
cv		2	10.8	11.9

Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), cv: Coeficiente de variación, Significancia: \* =  $p \leq 0.05$ , \*\* =  $p \leq 0.01$ , \*\*\* =  $p \leq 0.001$ , NS: no significativo, Var\*Trat: interacción Variedad\*Tratamiento.

En el ecotipo de Hidalgo fue mejor dejar más forraje remanente (cosechas ligeras), lo que repercutió en mayor acumulación de MS de hoja (195 g planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y con 15 cm de forraje remanente (164 g planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>); mientras que los rendimientos de las variedades americanas mostraron un rango de 100 a 128 g planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; lo anterior, mostrando baja variabilidad respecto al forraje remanente. Con respecto a tallo, la variedad Pete (25 cm) acumuló 19.5 g planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> e inflorescencia 14.8 g planta<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>; mientras que el ecotipo de Hidalgo fue el que menor cantidad de tallo e inflorescencia presentó. Al respecto Henry (2003), evaluó después de un año de establecimiento la variedad Pete y reporta para los años 2000, 2001 y 2002, rendimientos de MS (kg ha<sup>-1</sup>) de 5 247, 9 441 y 8 369, respectivamente, se puede observar que el rendimiento de MS aumentó de un año a otro y el tercer año disminuye nuevamente; en el presente trabajo, se mantiene

esta tendencia dado que el primer año presento rendimientos muy bajos y al año siguiente los rendimientos fueron superiores incluso en el ecotipo de Hidalgo.

En el Cuadro 2, se observan diferencias estadísticas ( $p \leq 0.001$ ), en todas las variables de calidad, con respecto a las variedades, mientras en los tratamientos FDA y EE tan sólo  $p \leq 0.05$ .

Cuadro 2. Calidad de forraje en un ecotipo y tres variedades comerciales de *Tripsacum dactyloides*.

Forraje remanente (cm)	Variedad	MS	Cenizas	M.O	E.E	FDN	FDA	P.C
		Porcentaje (%)						
15	Hidalgo	93.1 ab	7.7 f	92.3 b	2.9 cd	69.6 ab	35.2 a	10 d
	Iuka	93.1 ab	10.2 b	89.9 f	3.4 bcd	66.7 bc	30.1 c	12 ab
	Pete	91.9 bc	10.5 a	89.5 g	3.9 abc	64.9 bc	29.6 cd	12.5 a
	Nemaha	91.8 c	10.6 a	89.4 f	4 ab	67.7 bc	30.5 c	11 c
25	Hidalgo	93.4 a	7.3 g	92.7 a	2.7 d	70 ab	34.6 a	10 d
	Iuka	92.2 abc	9.1 d	90.9 d	2.7 d	67.1 bc	30.7 c	12 ab
	Pete	91.9 c	8.4 e	91.6 c	4.5 a	68.3 ab	28.5 d	11.5 bc
	Nemaha	92.2 abc	9.8 c	90.2 e	3.4 bcd	71.1 a	32.7 b	11 c
Media 15 cm		92.5	9.8	90.3	3.6	67	30	11.4
Media 25 cm		92.4	8.7	91.4	3.3	69	32	11.1
Variedad		***	***	***	***	***	***	***
Tratamiento		ns	***	***	*	***	*	**
Var*Trat		**	***	***	**	*	***	***
cv		0.6	0.8	0.08	12.8	2.09	1.9	2.6

MS: materia seca, M.O: Materia orgánica, E.E: Extracto etéreo, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente acida, P.C: Proteína cruda. Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), CV: Coeficiente de variación, Significancia: \* =  $p \leq 0.05$ , \*\* =  $p \leq 0.01$ , \*\*\* =  $p \leq 0.001$ , ns: no significativo, Var\*Trat: interacción Variedad\*Tratamiento.

El mayor contenido de proteína lo presento la variedad Pete a 15 cm y a 25 cm Iuka, sin embargo, el ecotipo de Hidalgo mantiene su calidad en todas las variables, por ejemplo en P.C 10%, en ambos forrajes remanentes, mientras que las variedades americanas tienden a disminuir la calidad a mayor tiempo del corte. Con respecto a E.E, el ecotipo de Hidalgo fue inferior a las americanas con 2.8% en promedio, mientras que las americanas 3.7%, FDN en ambos forrajes remanente 70 Y los americanos 67%. Al respecto Robert *et al.* (1999), reportan en *Tripsacum* P.C superior a 14%, sólo para el mes de mayo y agosto disminuye a 6%, mientras que en nuestro trabajo el promedio fue 11% pero anual, mientras que el ecotipo se mantuvo siempre en 10%.

### CONCLUSIÓN

El mayor rendimiento de forraje acumulado se observó con cosechas conservadoras de forraje, cuando se dejaron 25 cm de forraje remanente; principalmente para el ecotipo Hidalgo; sin embargo, las variedades comerciales presentaron mayor calidad nutricional.

**AGRADECIMIENTOS.** A CONACYT-FOINS, por el apoyo, proyecto 248252: Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014: "Colecta, Salvaguarda y

Evaluación de Forrajeras (Poaceae), para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido". A la Dra. Denise Costich por proporcionar la semilla comercial de las variedades.

#### LITERATURA CITADA

- Blakey, C.A., D. Costich, V. Sokolov, M.N.I. and Faridi, M.N.I. 2007. *Tripsacum* genetics: from observations along a river to molecular genomics. *Maydica* 52:81-99.
- de Wet, J.M.J., Harlan J.R. and Brink, D.E. 1982. Systematics of *Tripsacum dactyloides* (Gramineae). *Am. J. Bot.* 69 (8):1251-1257.
- Dewald, C.L., Berg, W.A., Sims, P.L., and Gillen, R.L. 2009. Eastern Gamagrass Introductory Information. USDA, ARS, Southern Plains Range Research Station, Woodward, OK. En: <http://www.sprrs.usda.gov/eggintro.htm>: consultada: 25 May 2009.
- Di, R.J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, M.G., Tablada, M., Robledo, C.W. 2008. InfoStat. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 336 p.
- Gould, F. y Shaw, R.B. 1992. Gramíneas clasificación sistemática. AGT Editor, S. A. México, D. F. 381 p.
- Guillen, L.R. 2001. Production and Grazing Management for Eastern Gamagrass. Proc. 56th Southern Pasture and Forage Crop Improvement Conference, Springdale, AR. <https://agrillife.org/spfcic/annual-proceedings/56th/production-and-grazing-management/>
- Henry, M.M.S. 2003. Yield, nutritive value, and digestibility of eastern gamagrass cv. Pete [*Tripsacum dactyloides* (L) L]. ProQuest. University of Arkansas. Pages 107.
- Robert, L. G., William, A.B., Chester L.D and Phillip, L.S. 1999. Sequence grazing systems on the souther plains. *Journal of Range Management* 52(6).583-589 pages.
- Villanueva, A.J.F., Costich E.D., Enríquez, Q.J.F., Quero, C.A.R. 2015. *Tripsacum* spp: Diversidad Genética en México y Latinoamérica. INIFAP. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro Campo Experimental Santiago Ixcuintla Santiago Ixcuintla, Nayarit. Octubre de 2015 Libro Técnico Núm. 6.

## ACCIONES DE MANEJO DE PASTIZALES EN LA GPCA EL TOKIO

### GRASSLANDS MANAGEMENT ACTIONS IN THE GPCA EL TOKIO

David Alberto Borre<sup>1</sup>, Luis Miguel Flores<sup>2</sup>, Jesus Alejandro Salazar<sup>1</sup>, Esli Andrea Garcia<sup>1</sup>, José Aniseto Díaz<sup>2</sup>,  
Mauricio De la Maza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pronatura Noreste, A.C, <sup>2</sup>UAAAN

#### RESUMEN

La desertificación de los ecosistemas a nivel mundial es uno de los principales problemas que aquejan al planeta y ponen en riesgo la existencia de muchas formas de vida, incluyendo el ser humano. Su atención debe involucrar a todos los sectores de la sociedad. Desde 2007 Pronatura Noreste, A.C se planteó combatir la desertificación mediante proyectos de restauración y conservación de los hábitats críticos, dicho proyectos consisten en tres fases 1) protección y restauración del suelo, 2) mejoramiento de la cobertura vegetal y 3) manejo del ecosistema para garantizar su perpetuidad. Las técnicas de intervención utilizadas fueron enfocadas a control manual de cebollín (*Asphodelus fistulosus*), especie invasora en algunas colonias de perrito de las praderas mexicano; y control de la erosión hídrica en sitios con un alto impacto debido al sobrepastoreo. Las actividades de control de cabollín y de erosión mostraron resultados interesantes, como una marcada diferencia entre un área sin obras de suelo y con obras de suelo; y una disminución considerable de una especie exótica.

**Palabras clave:** El Tokio, pastizales, erosión, intervención, especie exótica, desertificación.

#### ABSTRACT

Ecosystem desertification is one of the principal issues worldwide, get risk the existence of all life forms, including the human being. Every society sector must be included in the develop of strategics and in the field activities. Since 2007 Pronatura Noreste, A.C establish a plan against desertification, through restoration and conservation projects fo criticals habitats, such projects consist of three primary phases, 1) soil protection and restoration, 2) enhancement of the cover vegetation and 3) management ecosystem to guarantee its perpetuity. The intervention technics used were manual control of an exotic species Onion weed (*Asphodelus fistulosus*) that has established in mexican prairie dog colonies and the hydric erosion control in a site with a huge damage due to overgrazing. Both activities showed good results and achieve the goals, reducing the quantity of soil by runoff and the number of individuals.

**Keywords:** El Tokio, grasslands, erosion, intervention, exotic species, desertification.

#### INTRODUCCIÓN

La región de El Tokio, que comprende parte de los estados de Coahuila, Zacatecas, Nuevo León y San Luís Potosí, esta zona presenta una alta riqueza biológica y hábitat de diversas especies de vertebrados con fuertes afinidades por los pastos cortos de llanuras abiertas en grandes extensiones. Es importante por albergar especies endémicas residentes de distribución restringida, como el perrito de las praderas (*C. mexicanus*) y el gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*). Al igual que en la mayor parte de los pastizales en Norteamérica, las amenazas principales son los cambios en el uso del suelo para la agricultura, y la degradación por malas prácticas ganaderas. Pronatura Noreste, A.C ha estado trabajando en la zona desde el año 2004, mediante diferentes modalidades de proyectos, todos enfocados en evitar el cambio de uso de suelo y generando oportunidades para

un aprovechamiento sustentable de los recursos. Los Gorriones es un complejo de predios propiedad de Pronatura Noreste A. C., compuestos de dos áreas -La Loma del Gorrión y Cuatro Gorriones-, los cuales abarcan una superficie de 232 hectáreas, localizados en el municipio de Saltillo, Coahuila. En 2012 se inició un proyecto de compensación ambiental, el cual iba enfocado revertir el proceso de degradación de suelos del que era víctima este predio, dicho proyecto se inició con el apoyo de la CONAFOR y en 2018 la UAAAN realizó la medición de la producción de sedimentos mediante, el estudio comparó el predio Loma del Gorrión y el área vecina del Ejido El Cercado. En el ejido La Esperanza en el municipio de Saltillo, se empezaron los trabajos de intervención comunitaria en 2016, una de las amenazas que presenta este predio es la invasión por cebollín (*Asphodelus fistulosus*) especie exótica de Europa, la cual no tiene ningún beneficio, ni forrajero ni utilidad para la fauna silvestre. Se planteo junto con la comunidad de iniciar el proceso de erradicación. Los resultados que ambos proyectos arrojaron fueron positivos, se observó una reducción significativa de cebollín en la zona tratada y el terreno que fue intervenido con obras de restauración de suelos presentó una diferencia significativa en la producción de sedimentos a comparación de un terreno no intervenido.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El control se realizó en 12.5 hectáreas dentro de la localidad de La Esperanza, Saltillo, Coahuila. La zona se seleccionó cumplía con dos requisitos importantes, que estuviera cercada y que tuviera presencia de cebollín. La técnica empleada se determinó siguiendo las recomendaciones de Smith & Smith (2014), esta fue control manual; contratando a una brigada de 20 personas del mismo ejido. Para la evaluación del efecto del control se realizaron un total de 4 muestreos (uno previo al control y 3 posteriores). Se generaron 170 puntos al azar con una distancia mínima de 10 m entre cada uno. En campo, los puntos se utilizaron para delimitar cuadrantes de 1m<sup>2</sup> (plot sampling). Dentro de cada cuadrante se midieron las cobertura y altura de cada planta de cebollín que se encontrara dentro del cuadrante. Para el análisis de datos se siguió el criterio de Brower *et al.* 1990, las variables analizadas fueron frecuencia, densidad absoluta, altura promedio y cobertura. Para el control de erosión se implementaron presas de gaviones, presas de piedra acomodada, barreras de piedra acomodada, cabeceo de cárcavas, afine de taludes y zanjas bordo manual. Todas estas obras se distribuyeron entre las 232 ha que comprende las Reservas Los Gorriones. Para el estudio de producción de sedimentos, solamente se muestreó en la Loma del Gorrión. Se utilizó un simulador de lluvia que se construyó en la UAAAN, este consistía en una estructura de PTR de 2'', el panel de goteo se localizaba a una altura máxima de 2 metros, en la parte inferior contaba con un bastidor de 1m<sup>2</sup> para la colecta de agua y sedimentos, un tanque de 1,000 L, una bomba de 1 HP con una salida de 1.5''; la presión osciló de 6 a 10 PSI, por último, la intensidad de lluvia fue de 135 mm/hr, dato obtenido de la SCT para la región. Se seleccionaron sitios con la condición de ladera, plana, y/o pie de monte, aleatoriamente se determinaron ocho parcelas de muestra por sitio, obteniendo 16 parcelas. Este mismo procedimiento en el área de libre pastoreo. Cada repetición tuvo una duración de 30 minutos, se tomaron muestras de escurrimiento cada 5 minutos, en total 6 muestras por repetición. Se tomaron 250 ml de cada muestra para ser procesados usando la técnica de evaporación. El análisis estadístico se realizó un mediante uno de varianza completamente aleatorio (ANOVA  $\alpha = 0.05$ ). En los casos que resultaran diferencias significativas ( $\alpha = 0.000-0.009$ ), se procedió a realizar un análisis de comparación de medias a través de la Prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

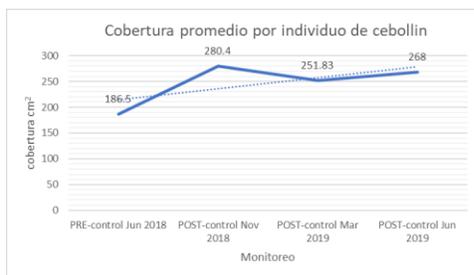
- Control de cebollín

Los resultados muestran que la presencia del cebollín disminuyó al observar que los individuos registrados, los individuos promedio/m<sup>2</sup>, número de cuadrantes donde aparece y la frecuencia presentaron una tendencia a la baja (Figura 1). En lo que respecta a la densidad, se observó un efecto de disminución constante.

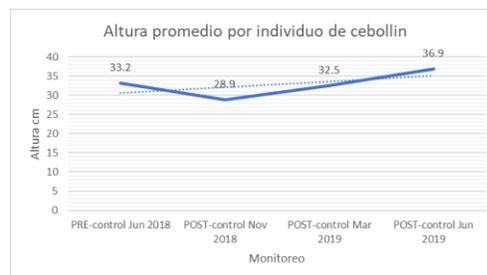
Variable	PRE-control	POST-control 1	Efecto	POST-control 2	Efecto	POST-control 3	Efecto
Muestra (n)	167	166	n/a	170	n/a	170	n/a
Individuos registrados	585	353	disminuye	273	disminuye	174	disminuye
Individuos promedio/m <sup>2</sup>	3.5	2.12	disminuye	1.6	disminuye	1.02	disminuye
Altura promedio (cm <sup>2</sup> )	33.2	28.9	disminuye	32.5	aumenta	36.9	aumenta
Cobertura total (cm <sup>2</sup> )	109104.5	98984.0	disminuye	68752.0	disminuye	46738.0	disminuye
Cobertura promedio (cm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> )	653.32	596.3	disminuye	404.4	disminuye	274.9	disminuye
Cobertura promedio (%/m <sup>2</sup> )	6.5	6.0	disminuye	4.0	disminuye	2.7	disminuye
Cebollín presente	78.0	57.0	disminuye	46.0	disminuye	29.0	disminuye
Ausencia	89.0	109	aumenta	124.0	aumenta	141	aumenta
Frecuencia	0.47	0.34	disminuye	0.27	disminuye	0.17	disminuye
Densidad absoluta	3.50	2.13	disminuye	1.61	disminuye	1.02	disminuye

Figura 1. Resultados y efectos observados por muestreo

La cobertura promedio por individuo de cebollín y la altura promedio, presentan una tendencia de aumento (Figura 2). Este efecto puede deberse a que después de la remoción, las nuevas plantas de cebollín no tenían una competencia por lo cual estos dos parámetros registraron este efecto de aumento.



a)



b)

Figura 2. Gráficos mostrando las tendencias en cobertura promedio por individuo y la altura promedio por individuo, ambos de cebollín.

- Control de la erosión

Como parte de las actividades en físico para el control de la erosión se logró el establecimiento de: 565.1 m<sup>3</sup> de presas de gaviones, 73 m<sup>3</sup> de presas de piedra acomodada, 17.9 hectáreas de barrera de piedra acomodada a una densidad 400 m/ha, 388.7 m<sup>2</sup> de cabeceo de cárcavas, 307.13 m<sup>2</sup> afine de taludes mediante un zampeado seco de piedra y 60.4 hectáreas de zanjas bordo manual, densidad 400 m/ha. Los trabajos de medición por parte de la UAAAN arrojaron que para la producción de sedimentos por condición de manejo que las coberturas de suelo fueron 88.75 % el área bajo conservación y de 25 % para la condición de libre pastoreo. Acorde a la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el primero lo constituye el área de conservación, con una media de 2.3250 gr/l; mientras que el área de libre pastoreo constituye el segundo grupo, con una media de 10.4583 gr/l (Cuadro 1). Esto concuerda con Gutiérrez *et al.* (1990), que encontró diferencias por tipos de cobertura, en el

área de matorral micrófilo reportó un valor de 4.55 gr/l, en el pastizal amacollado 2.55 gr/l y el pastizal mediano abierto 1.76 gr/l. Como se puede observar la cobertura vegetal es un factor determinante en la producción de sedimentos.

Cuadro 1. Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) en las dos áreas de manejo.

Manejo	Media de la producción de sedimentos en gr/l	Agrupación Tukey
<b>Conservación</b>	2.32500	a
<b>Libre pastoreo</b>	10.45833	b

En cuanto a la producción de sedimentos entre condiciones topográficas y condición de manejo mostró tres grupos de medias (Cuadro 2) de acuerdo con el análisis a través de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), el primero lo constituye la condición de manejo de conservación, agrupando las condiciones topográficas de ladera y plano; mientras que, para la condición de manejo de libre pastoreo generó dos grupos, en la cual, el segundo grupo lo constituye la condición topográfica de ladera y en tercer grupo la condición topográfica plana (Figura 3).

Cuadro 2. Comparación de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), para las dos condiciones de manejo, analizando la comparación en todas las medias obtenidas.

Condición de manejo	Posición topográfica	Concentración de sedimentos gr/l	Agrupación Tukey		
			1	2	3
<b>Conservación</b>	Plano	1.88333	a		
<b>Conservación</b>	Ladera	2.76667	a		
<b>Libre pastoreo</b>	Ladera	6.05		b	
<b>Libre pastoreo</b>	Plano	14.86667			c

Estos datos concuerdan con Villar Sánchez *et al.* (2013), al realizar su análisis con arreglo de tratamientos en factorial  $3 \times 3$  (tres pendientes y tres usos del suelo). Demostrando que las condiciones del uso del suelo tienen un alto impacto sobre el movimiento de las partículas de mismo al momento de un evento de lluvia, ya que el encontró una tasa significativamente más alta de pérdida de suelo (erosión t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) la siembra de maíz (18.18 a) que la de Maíz-timbre (1.76 b) y la de Timbre (0.51 b). Esto demuestra que, a mejor cobertura vegetal, disminuye así mismo la capacidad de transporte de sedimentos (Ramírez y Oropeza, 2001; Pérez-Nieto *et al.* 2005).

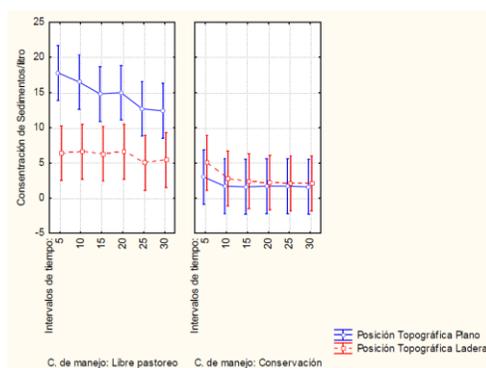


Figura 3. Concentración de sedimentos en interacción entre condiciones de manejo, posición topográfica e intervalos de tiempo.

## CONCLUSIONES

- Control de cebollín

Es claro que los procesos de control de especies invasoras deben ser constantes, no es esperable que en una primera intervención se logró controlar al 100% la especie no deseada. En términos generales, los resultados de este experimento muestran que existe un 39.66% menos de individuos, sin embargo, la cobertura bajó solo un 9.28%, esto podría deberse a que el tamaño de los cebollines aumentó en un 50.348% en ese mismo intervalo. Es necesario seguir con el control y el monitoreo, pero a la par empezar a buscar otras técnicas que permitan bajar los costos de intervención. La especie *A. fistulosus* si bien no se distribuye ampliamente en todos los pastizales del Tokio, si esta en secciones importantes para la invernación de aves migratorias y colonias de perrito de las praderas mexicano.

- Control de erosión

Se demuestra que un buen planteamiento de obras de restauración de suelo puede disminuir de manera significativa la movilidad de partículas del suelo, evitando con esto la pérdida de este valioso recurso. Se obtuvieron diferencias altamente significativas en las dos condiciones de manejo, reportando como la media más alta en producción de sedimento el área de libre pastoreo con 10.4583 gr/l. La vegetación jugó un rol importante ya que, con una buena cobertura, el suelo no es degradado por el impacto de la gota que ejerce una fuerza cinética sobre este. Las condiciones topográficas también presentaron diferencias, registrando una producción media de sedimentos más alta la condición de ladera con 2.76667 gr/l dentro del área en conservación. La situación en libre pastoreo arrojó una media de 14.866672 gr/l para la ladera, mientras que para la condición de ladera dio una media de 6.05000 gr/l. Esta condición se atribuye a la situación de poca generación de suelo en la ladera y la alta compactación de este en esta condición.

Es importante diseñar estrategias de ataque hacia las amenazas que asechan a los pastizales del Desierto Chihuahuense, empezar con enfoques multidisciplinarios. No solamente voltear a ver el pastoreo como el único fenómeno que interfiere en este ecosistema, se ha dejado de lado los efectos del fuego, variables del ciclo hidrológico y los microorganismos en el suelo como las micorrizas, por mencionar algunos.

## LITERATURA CITADA

- Brower, J. E., J. H. Zar y C. N. Von Ende. 1990. Field and laboratory methods for general ecology, 3rd ed. W. C. Brown, Dubuque, IA.
- Gutiérrez C., J.; Beltrán, S., y Zárate, A. 1990. Efecto de los tipos de vegetación y suelo sobre la infiltrabilidad y la producción de sedimentos en el sureste de Coahuila. Revista Agraria. 6 (1): 51-65.
- Pérez-Nieto, J., Valdés-Velarde., E., Hernández-San Román, M. E., Ordaz-Chaparro, V. 2005. Lluvia, escurrimiento superficial y erosión del suelo en tres sistemas agroforestales de café bajo sombra. Agrociencia, 39(4):409-418.
- Ramírez C., M. E., Oropeza M., J. L. 2001. Eficiencia de dos prácticas productivo-conservacionistas para controlar erosión en laderas en el trópico. Agrociencia, 35:489 - 495
- Smith, B., & Smith, M. (2014). *Controlling Onion Weed (Asphodelus fistulosus)*.
- Villar Sánchez, Bernardo, Tosquy Valle, Oscar Hugo, López Salinas, Ernesto, Esqueda Esquivel, Valentín A., Palacios Pola, Gabriela, Impacto de la Pendiente y Tres Sistemas de Producción Sobre el Escurrimiento, la Erosión y el Rendimiento de Maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems [en línea] 2013, 16 (Septiembre-Diciembre): [Fecha de consulta: 17 de febrero



## OBSERVATORIOS PARTICIPATIVOS DE SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS PARA LA PROTECCIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOTICA Y CULTURAL DE LAS ZONAS ÁRIDAS

### PARTICIPATORY OBSERVATORIES OF SOCIO-ECOLOGICAL SYSTEMS FOR THE PROTECTION OF BIOTIC AND CULTURAL DIVERSITY OF DRYLANDS

Elisabeth Huber-Sannwald<sup>1</sup>, Natalia Martínez Tagüeña<sup>2</sup>, Claudia Lorena Lauterio Martínez<sup>1</sup>, Ileana Espejel<sup>3</sup>, Víctor Manuel Reyes Gómez<sup>4</sup>, Simone Lucatello<sup>5</sup>, María Teresa Alarcón Herrera<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.(IPICYT), <sup>2</sup> Consorcio de Investigación, Innovación y Desarrollo para las Zonas Áridas, CIIDZA-IPICYT, <sup>3</sup> Universidad Autónoma de Baja California

<sup>4</sup> Instituto de Ecología A.C.(INECOL), Chihuahua, <sup>5</sup> Instituto Mora, <sup>6</sup> Centro de Investigación de Materiales Avanzados A.C.

#### RESUMEN

En las zonas áridas y semiáridas de México, los agostaderos son sistemas socio-ecológicos (SSE) de vital importancia por la provisión de servicios ecosistémicos a las comunidades que habitan en estas zonas. Los SSE de las zonas áridas son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático por las sequías prolongadas, la degradación de la tierra, la pérdida de especies con valor cultural y biótico/funcional. Para comprender las causas de la dinámica y potenciales cambios de los SSE, se requiere un monitoreo continuo del funcionamiento de los agostaderos o de otros SSE representativos de las zonas áridas. En lugar de instalar programas convencionales de monitoreo por científicos y/o técnicos, se propone una herramienta moderna para monitorizar el estado actual y las tendencias futuras en SSE. La Red Temática CONACYT Red Internacional para el Desarrollo Sostenible de las Zonas Áridas (RISZA) estableció una Red de Observatorios Participativos Socio-Ecológicos (OPSE), que incluye actores multisectoriales (comunidad, academia, gobierno) con el objetivo de lograr nuevos tipos de diálogos e interacciones con diferentes miradas y complementarias sobre un tema/problema de interés común. Los OPSEs además abren la oportunidad para tejer distintos sistemas de conocimiento provenientes de diversos actores y para co-generar nuevo conocimiento útil. Se presenta la experiencia de la instalación de OPSEs en distintas zonas áridas de México para que se discuta cómo esta herramienta contribuirá potencialmente al cumplimiento local, regional y global de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).

**Palabras clave:** sistemas socio-ecológicos, transdisciplina, red de monitoreo.

#### ABSTRACT

In Mexico's drylands, rangelands are socio-ecological systems (SES) of vital importance for the provision of ecosystem services to the communities that dwell in these areas. Drylands SES are highly vulnerable to the impacts of climate change including extended periods of drought, land degradation, and the loss of species of cultural and biotic/functional value. To understand the causes of the dynamics and potential changes of SES, continuous monitoring of rangelands and other SES representative of drylands is required. However, instead of installing conventional monitoring programs operated by scientists and/or technicians, a modern tool is proposed that allows to monitor the current state and future tendencies of SES. The Thematic Network of CONACYT named International Network for Dryland Sustainability (RISZA) established a Network of Participatory Socio-Ecological Observatories (PSEOs), which include multi-sectoral actors (community, academics, government) with the objective to foster new types of dialogues

and interactions with different yet complementary glances on topics/problems of common interest. The PSEOs also open opportunities to weave different knowledge systems originating from diverse actors and to co-generated new useful knowledge. We present our experience of installing the PSEOs in distinct drylands of Mexico to stimulate the discussion on how this tool may potentially contribute to accomplish the Sustainable Development Goals locally, regionally and globally.

**Keywords:** Socio-ecological systems, transdisciplinary, monitoring network.

## INTRODUCCIÓN

En México, las zonas áridas cubren el 50% de la superficie terrestre, cuyos paisajes proporcionan bienes y servicios a un alto porcentaje de la población humana. Los modos de vida están severamente afectados por pobreza, falta de empleo, gobernanza débil, baja productividad agrícola y ganadera, y bajos niveles de inversión en desarrollo local (Huber-Sannwald *et al.* 2012). Los sistemas naturales y sociales son una unidad cuyos componentes se vinculan y retroalimentan, definidos como sistemas socio-ecológicos (SSE). Para su entendimiento se examinan, monitorean y gestionan los componentes bio-geo-físicos naturales y los componentes sociales/culturales simultáneamente, borrando así las fronteras disciplinarias entre lo ecológico y lo social (Brunckhorst *et al.* 2010). Los SSE son sistemas complejos y adaptativos en respuesta a cambios abruptos, turbulentos y/o inesperados. El SSE es impredecible con base a sus componentes individuales; asimismo tiene propiedades emergentes (ej. bienes, servicios, aspectos sociales y naturales, usuarios y sistemas de gobernanza). Cuando las relaciones entre estos elementos se destruyen o se vuelven disfuncionales, un SSE pierde sus características clave como son la resiliencia, la capacidad inherente de adaptación, transformación y sostenibilidad (Walker *et al.* 2009). El estudio de un SSE sirve para guiar el manejo de sus recursos naturales y culturales, las políticas y el desarrollo de políticas públicas, y la gobernanza (Folke *et al.* 2005). En SSE la gobernanza se entiende como el patrón de las interacciones entre los actores y el ambiente, sus intereses y los instrumentos para dirigir los procesos ambientales y sociales (Kofinas 2009) dentro de los estados estables favorables. Para evitar perder los estados favorables de un SSE, es importante generar alianzas participativas inter y transdisciplinarias que integren no sólo las ciencias ecológicas y sociales, pero, además, incorporen el conocimiento, las necesidades y los intereses de todos los sectores involucrados permitiendo co-generar conocimiento, diagnósticos, monitoreos, evaluaciones y desarrollos de políticas públicas (Ostrom 2009). En México, las prácticas de manejo de recursos naturales en las zonas áridas, carecen de una visión sistémica, no son participativas ni inter- o transdisciplinarias, ocasionando la degradación de tierra de áreas extensas, y la pérdida de la productividad de muchos agostaderos y zonas agrícolas impactando a los modos de vida de un gran porcentaje de la población rural causando pobreza y marginación. A pesar de estos problemas, las zonas áridas poseen numerosas ventajas como alta energía solar, enorme riqueza biótica (muchos con un valor agregado), y oportunidades para diversificar sistemas productivos (Stringer *et al.* 2017). Este contexto complejo requiere un modelo de investigación que es participativo, transdisciplinario y multisectorial para entender los factores internos y externos de cambio, la resiliencia socio-ecológica, y la capacidad de adaptación y transformación al cambio (Huber-Sannwald *et al.* 2012).

Se propone la generación de una red de Observatorios Participativos Socio-Ecológicos (OPSE) en áreas representativas de los retos y problemas complejos de las zonas áridas de México. En general, el objetivo de un observatorio es observar el fenómeno bajo estudio y constituir un espacio de recopilación e intercambio de información sobre variables diversas, con el fin de proveer los





## RESULTADOS Y DISCUSIONES

En cada taller se identificaron grupos focales representando por ejemplo ganaderos, diferentes grupos de productores, personas perteneciendo a diferentes generaciones, grupos de géneros, entre otros para que desarrollarán sus ríos de vida en donde cada equipo identificó fechas, datos y hechos relevantes en la comunidad y en el paisaje de su SSE, destacando el uso y los beneficios de los SSE a lo largo de su vida y el impacto que han tenido en su trabajo, su sistema productivo, su bienestar y economía en el pasado y actualmente. El objetivo de esta actividad era obtener información relevante sobre sucesos, cambios, usos, beneficios y otros impactos (positivos y negativos) por parte de los actores que han influido en las tomas de decisiones de unos o varios actores del mismo o diferentes sectores del SSE y que actualmente son de alto interés común.

Este ejercicio generó una discusión amplia sobre cambios y permanencias relevantes para los participantes a lo largo del tiempo. También abrió el dialogo entre las personas sobre sus prioridades e intereses con relación a sus deseos de preservar ciertas actividades, costumbres, prácticas de producción y/o manejo y/o atributos culturales ante cambios y presiones externas. Por medio de este ejercicio la comunidad dialogó sobre posibles estrategias para fijar el rumbo de su comunidad y de su SSE. En concreto sobre el monitoreo y los datos del observatorio se definieron grupos de trabajo para generar conjuntos de datos que se refiere a los campos/columnas que debe llevar la base de datos para que los expertos en sistemas de información generen la aplicación y cuando el usuario del observatorio se registre ya le aparezca el grupo de datos listo con los campos a llenar. En la mayoría de los OPSEs ya existen equipos de monitoreo consolidados que cuentan con formatos de monitoreo y/o cuentan con bases de datos ya capturados en la computadora que proporcionarán a los expertos de sistemas de información. Algunos equipos nuevos apenas diseñaron sus formatos y campos para poder subir archivos al repositorio. Se presentará ejemplos de cada OPSE y los siguientes pasos en el desarrollo de los OPSEs.

## CONCLUSIONES

La generación de la Red de OPSEs permitió iniciar alianzas transdisciplinarias que vinculan sectores, modelos mentales y saberes de distintos sitios/regiones/paisajes bioculturales de las zonas áridas de México. Se emplearán métodos participativos para generar historias de importantes eventos sociales, ambientales, económicos y políticos, además de mapas de oportunidades y riesgos.

Con un diseño colectivo de la historia de los distintos SSE asociados a cada OPSE se pudo identificar riesgos y vulnerabilidades, y el potencial de adaptación, y/o transformación. Resultó esencial identificar conjuntamente los contextos históricos de las interacciones e interrelaciones internas y externas de cada SSE considerando aspectos ambientales, sociales, económicos, y políticos, con el fin de determinar los variables y procesos de interés común que requieren un monitoreo sistemático. Este estudio busca mecanismos para descubrir soluciones novedosas para resolver las causas de conflictos generados por poderes, percepciones o intereses desiguales en una región de alto valor biológico y cultural potencialmente causando la degradación y/o desertificación de las mismas. Desde el inicio del proyecto, los resultados tendrán un alto impacto social, porque se colaborará con miembros interesados de diferentes grupos gubernamentales y no gubernamentales locales, municipales, estatales y federales. Dentro de cada OPSE se definirá conjuntamente como examinar, monitorear, explicar, y modelar la dinámica del funcionamiento integral de las zonas áridas y de sus bienes y servicios que estas proveen, a fin de proteger una de

las regiones bioculturales más ricas del país y para la conservación de las comunidades locales rurales e indígenas cuya existencia depende y promueve la protección de la diversidad y del funcionamiento de los ecosistemas.

### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece especialmente a las comunidades asociadas a los Observatorios Participativos Socio-Ecológicos y a los encargados de los OPSEs por su entusiasmo y compromiso en la instalación de la Red de OPSEs. Este trabajo fue realizado con fondos de investigación del proyecto grupal CONACYT PN 2017-5036 y del proyecto CONACYT Redes Temáticas 293793.

### **LITERATURA CITADA**

- Brunckhorst, D. J. 2010. Landscapes Shaped by People and Place Institutions Require a New Conservation Agenda, *BioScience* 60: 569–570, <https://doi.org/10.1525/bio.2010.60.8.2>
- Folke, C., T. Hahn, P. Olsson, y J. Norberg. 2005. Adaptive governance of SSE. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 441-473.
- Huber-Sannwald, E., M. Ribeiro, J.T. Arredondo, M. Braasch, M. Martínez, J. García de Alba, and K. Monzalvo. 2012. Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development. *PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B: BIOLOGICAL SCIENCES* 367: 3158-3177
- Kofinas, G.P. 2009. Adaptive co-management in socio-ecological governance. In: Chapin, F.S., III. G.P. Kofinas, C. Folke (eds) *Principles of Ecosystem Stewardship*. Springer, NY, New York, pp.77-101
- Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of socio-ecological systems. *Science* 325(5939):419-422.
- Stringer, L.C., M.S. Reed, L. Fleskens, R.J. Thomas, Q. Bao Le, and T. Lala-Prichard. 2017. A new dryland development paradigm grounded in empirical analysis of dryland system science. *Land Degradation and Development* 28: 1952-1961.
- Walker, B. H., Abel, N., Anderies, J. M., and P. Ryan (2009). Resilience, adaptability, and transformability in the Goulburn-Broken Catchment, Australia. *Ecology and Society* 14 1: <https://doi.org/12>.

# NICHO CLIMÁTICO Y DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE PASTOS NATIVOS EN EL NORTE DE MÉXICO

## CLIMATIC NICHE AND POTENTIAL DISTRIBUTION OF NATIVE GRASSES IN THE NORTH OF MEXICO

Ireyli Zuluamy Iracheta-Lara<sup>1\*</sup>, Carlos Raúl Morales-Nieto<sup>2</sup>, Federico Villarreal-Guerrero<sup>2</sup>, Alfredo Pinedo-Alvárez<sup>2</sup>, Eduardo Santellano-Estrada<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Programa de Posgrado UACH-FZYE, <sup>2</sup>Facultad de Zootecnia y Ecología UACH.  
ireyli.iracheta@gmail.com

### RESUMEN

En los valles centrales del Estado de Chihuahua se realizó un estudio con cinco gramíneas nativas: *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica* y *Setaria macrostachya*. El objetivo fue analizar su distribución potencial con base en factores climáticos. Se utilizaron datos de presencia de la página web de Información Mundial de Biodiversidad Biológica (GBIF, por sus siglas en inglés; <http://www.gbif.org/species>), los cuales fueron registrados con información de ubicación: latitud (Y) y longitud (X) en grados decimales. Así mismo, se alimentó la base de datos con registros de ocurrencia, obtenidos en 29 municipios del estado de Chihuahua (Morales, 2017). Para caracterizar el nicho climático se utilizaron las variables bioclimáticas obtenidas de la página web WorldClim (<http://www.worldclim.org/bioclim>). Mediante QGIS se extrajeron los valores de las variables con base en puntos de presencia para posteriormente analizarlos mediante el software SAS 9.3R, utilizando la correlación de Spearman de dos colas, bootsrap de 1000 repeticiones, aun 95 % de confianza. Se generó un área potencial de las cinco especies con el fin de mejorar el conocimiento de la distribución actual en su ámbito natural, establecer una línea base en cuanto a parámetros de desarrollo, y crear un indicador para la toma de decisiones en la conservación y manejo de las gramíneas en México.

**Palabras clave:** modelado, nicho ecológico, pastizales, Desierto Chihuahuense.

### ABSTRACT

In the central valleys of Chihuahua State, a study was conducted with five native grasses: *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica* and *Setaria macrostachya*. The objective was to analyze its potential distribution based on climatic factors. Presence data from the Global Biodiversity Information Facility (GBIF) website (<http://www.gbif.org/species>) were used and recorded with location information: latitude (Y) and longitude (X) in decimal degrees. Also, the database was fed with records of occurrence, obtained in 29 municipalities of the state of Chihuahua (Morales, 2017). The bioclimatic variables obtained from the WorldClim website (<http://www.worldclim.org/bioclim>) were used to characterize the climate niche. Using QGIS, the values of the variables were extracted based on points of presence and later analyzed using the SAS 9.3R software, using the Spearman correlation of two tails, bootsrap of 1000 repetitions, even 95% confidence. A potential area of the five species was generated in order to improve knowledge of the current distribution in their natural environment, establish a baseline for development parameters, and create an indicator for decision making in the conservation and management of grasses in Mexico.



QGIS para después reclasificarla mediante el promedio de los valores en función del umbral del 10 percentil (que indica la probabilidad de que el 10% de los puntos de presencia pueden caer fuera del área de predicción del área de distribución potencial; Naranjo *et al.*, 2014).

## RESULTADOS

El Cuadro 1 muestran los valores de AUC de los tres escenarios planteados para la modelación MaxEnt para *Bouteloua curtipendula*, *Leptochloa dubia*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica* y *Setaria macrostachya* en el desierto Chihuahuense. El ajuste de los modelos en los escenarios es bueno; el valor de AUC encontrado en estas especies es de los más altos reportados en la literatura. *Bouteloua curtipendula* y *Setaria macrostachya* tienen la mayor área de distribución para el escenario presente con modelos que muestran valores de ajuste por arriba del 0.8 %. Con relación al AUC para los escenarios 2.4 y 4.5 las especies que presentan una mayor área de distribución con modelos sobresalientes son: *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*.

Cuadro 2. Valores de AUC para cada uno de los escenarios y las especies de pastizal en el estado de Chihuahua.

	ESPECIE				
	<i>Bouteloua curtipendula</i>	<i>Leptochloa dubia</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Digitaria californica</i>	<i>Setaria macrostachya</i>
<b>Presente</b>	<b>0.8553</b>	0.8808	0.9187	0.8176	<b>0.8811</b>
<b>2.4</b>	0.8549	0.874	0.9162	0.8155	0.8798
<b>4.5</b>	<b>0.8539</b>	0.8705	<b>0.9129</b>	0.8137	0.8792

La Figura 1 muestra la modelación resultante de *Setaria macrostachya*, donde se observa la amplia superficie de distribución potencial ( $0.7 > 0.7$ ) para los escenarios presente y 2.4; sin embargo, para el escenario 4.5 muestra una disminución evidente en su área de distribución. En la Figura 2 se observa el resultado de la modelación de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, donde los valores más cercanos a 1 ( $0.7 - 0.75$ ) se ubican en los límites de los valles centrales y la zona de matorrales en el estado de Chihuahua.

*Setaria mactrostachya*

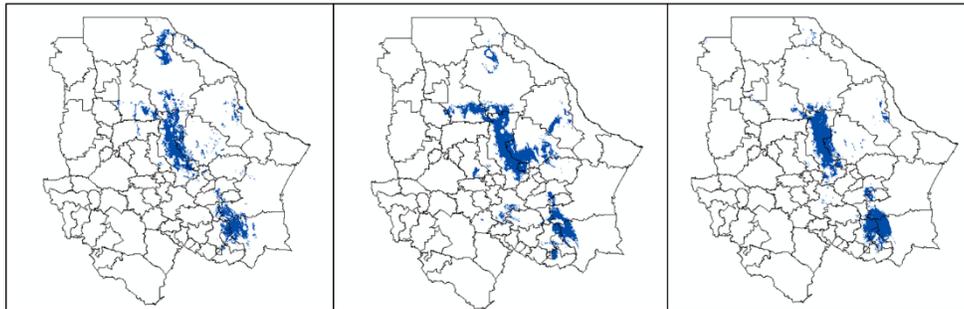
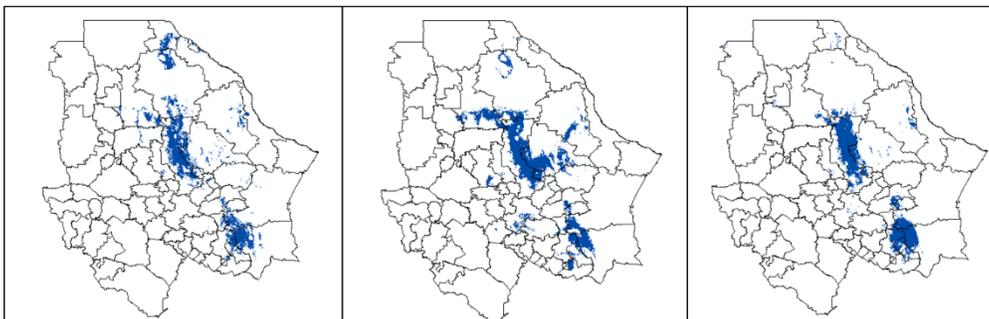


Figura 1. Modelo resultante para *Setaria mactrostachya* en los escenarios presente, 2.4 y 4.5.

*Bouteloua curtipendula*



*Bouteloua gracilis*

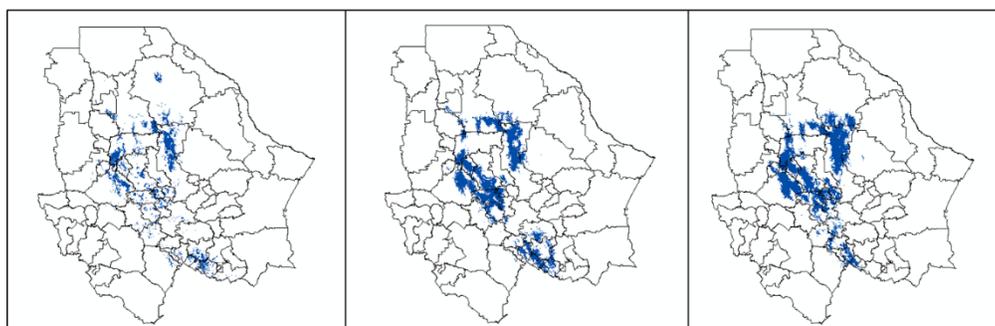


Figura 2. Modelo resultante para *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* en presentes, 2.4 y 4.5.

**Análisis de la superficie potencial para hábitat de las especies estudiadas.** De acuerdo con el modelo presente generado para *Setaria mactrostachya*, la superficie estimada oscila entre 10861.11 km<sup>2</sup>, lo que representa el 4.38% de la superficie del estado de Chihuahua. Para *Bouteloua curtipendula* las superficies potenciales en los escenarios 2.4 y 4.5 es de 12226.39 y 15384.7 km<sup>2</sup>, respectivamente. De las cinco especies modeladas, *Leptochloa dubia* es la que menos superficie

potencial posee con 2.718 % (Cuadro 2) en el escenario presente, todo esto considerando superficie estimada a partir del decil 7 ( $p > 0.7$ ).

Cuadro 3. Distribución potencial estimada de cinco especies nativas en pastizal del estado de Chihuahua.

ESPECIE					
	<i>Bouteloua curtipendula</i>	<i>Leptochloa dubia</i>	<i>Bouteloua gracilis</i>	<i>Digitaria californica</i>	<i>Setaria macrostachya</i>
<b>Presente</b>	3.229 %	2.502 %	2.718 %	3.012 %	4.389 %
<b>2.4</b>	4.941 %	4.944 %	5.071 %	4.920 %	5.380%
<b>4.5</b>	6.217 %	4.434 %	6.002 %	5.590 %	3.971 %

## CONCLUSIÓN

Estos modelos mostraron una sensibilidad significativa con apoyo en la teoría de nichos y estabilidad ecológica y pueden ser útiles en aplicaciones prácticas para la conservación y evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático en el ecosistema pastizal. Se encontró que este ecosistema puede ser intrínsecamente menos vulnerables al cambio climático que otros ecosistemas, sin embargo, el cambio climático actual puede acelerar la pérdida de resiliencia de estos ecosistemas, al propiciar la erosión del suelo y una menor densidad de cobertura vegetal.

## LITERATURA CITADA

- Bellard C., C. Bertelsmeier, P. Leadley, W. Thuiller, F. Courchamp. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecol Lett.* 15: 365 – 377. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01736. x 22257223.
- Cardinale B.J., J.E. Duffy, A. Gonzalez, D.U. Hooper, C. Perrings, P. Venail, *et al.* 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature.*489: 326 – 326. doi: 10.1038/nature11373.
- García R.A., M. Cabeza, C. Rahbek, M. B. Araujo. 2014. Multiple Dimensions of Climate Change and Their Implications for Biodiversity. *Science* (80).344: 1247579-1247579. doi: 10.1126/science.1247579 24786084.
- Hijmans R.J., et al., 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25, pp.1965–1978.
- Manjarrez-Domínguez, C., A. Pinedo-Alvarez, C. Pinedo-Alvarez, F. Villarreal-Guerrero, L. Cortes-Palacios. 2015. Vegetation landscape analysis due to land use changes on arid lands. *Poish Journal of Ecology* 63:167-174.
- Naranjo M., Á.C. Moreno & Martín, S., 2014. ¿Dónde buscar troglobiontes? Ensayo de una cartografía predictiva con MaxEnt en Gran Canaria (islas Canarias). *Arxius de Miscellània Zoològica*, 12, pp.83–92.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E., 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, 190, pp.231–259. Disponible: <http://rob.schapire.net/papers/ecolmod.pdf>. Consultado: 4 de abril del 2019.
- Sayre, N. F., W. deBuys, B. T. Bestelmeyer, K. M. Havstad. 2012. The range problem' after a century of rangeland science: new research themes for altered landscape. *Rangeland Ecology and Management* 65:545-552.
- Williams J.W., S.T. Jackson, J.E. Kutzbach. 2007. Projected distributions of novel and disappearing climates. 2100 AD. En: <https://www.pnas.org/content/104/14/5738>. Consultado: 21 de febrero 2019.



separated, identified and accounted for. The variety NdeM-303 shown the highest abundance of collembolans (51%) of the orders Poduromorpha, Entomobryomorpha, and Symphypleona. The mites of the order Mesostigmata and the suborders Prostigmata, Oribatida, Endeostigmata and the Astigmata cohort were found in different proportions; however, the phytophagous mites were more abundant in native prairie grass (54%). For the var. NdeM-La Resolana and Guinea grass, the oribatid mites (44.5% and 49.5%, respectively). The highest richness of orders and suborders was observed in established prairies of NdeM-La Resolana and NdeM-303. The lowest richness was observed for the native and Guinea grasses. The present study shows that the forage variety, the establishment time, and the management affect the edaphic mesofauna, which can have an impact on the ecological functionality of the prairies.

**Keywords:** Collembolans, mites, *Bouteloua curtipendula*, grassland microarthropods.

## INTRODUCCIÓN

Las funciones de la mesofauna del suelo son de gran importancia para lograr estabilidad, equilibrio ecológico y productividad del suelo; sin embargo, aunque se conoce que el mal manejo de los pastizales y praderas afecta su funcionalidad, poco se ha estudiado respecto a la respuesta de la mesofauna al manejo de pastizales que resulta en su deterioro o recuperación, dependiendo de la influencia de la especie forrajera, de las propiedades del suelo y tipo de manejo. El sobrepastoreo ha ocasionado pérdida de especies forrajeras, por lo que se han propuesto prácticas de manejo que incluyan el uso de especies nativas selectas para la rehabilitación de pastizales, como el pasto banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., naturalmente distribuido en planicies y lomeríos rocosos de zonas áridas y semiáridas del norte de México, aunque también se adapta a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas, donde esta gramínea produce abundante forraje de excelente apetencia para el ganado y digestibilidad del 50 a 70 %, según su estado fenológico (Beltrán *et al.*, 2013). Otra práctica incluye la inducción dirigida o involuntaria de especies introducidas invasivas como pasto Guinea *Megathyrsus maximus* Sin. *Panicum maximum*, originario de África, con amplia distribución en México por su adaptación a la sequía y a suelos medianamente fértiles (Quero *et al.*, 2013). En pastizales, la mesofauna puede utilizarse como indicador de la funcionalidad del suelo, ya que esta, participa en los procesos de descomposición, mineralización y reciclaje de nutrientes, promoviendo el crecimiento y distribución de hongos y bacterias y facilitando la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La presencia o ausencia de diferentes grupos pertenecientes a la mesofauna edáfica ha sido escasamente estudiada en el manejo de pastizales y su diversidad es consecuencia de prácticas de manejo aplicadas al suelo y vegetación (Gupta, 1994). El objetivo fue estudiar la influencia de *Bouteloua curtipendula* y *Megathyrsus maximus* sobre la abundancia y diversidad de la mesofauna edáfica en praderas con diferente tiempo de establecimiento, en zonas de riego y temporal, dado que actualmente se destaca la importancia de la fauna del suelo en la funcionalidad ecológica de las praderas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad de Xiteh perteneciente al municipio de Chilcuautla, Hidalgo, en la región conocida como Valle del Mezquital (20° 14' y 20° 25' de latitud norte y 99° 09' y 99° 22' de longitud oeste), entre 1800 y 2700 msnm. En la zona predomina el clima templado semiseco y el tipo de suelo predominante en esta área son leptosoles, caracterizados por ser someros sobre roca continua y extremadamente pedregosos (INEGI, 2015). En esta región tradicionalmente se realiza agricultura con riego de aguas recicladas del río Tula. En junio de 2019 se muestrearon tres sitios con praderas establecidas en tierras agrícolas regadas con aguas residuales: 1) pasto Guinea

*Megathyrus maximus* (seis meses de establecido); 2) banderita *Bouteloua curtipendula* var. NdeM- La Resolana (un año de establecida); 3) *B. curtipendula* var. NdeM-303 (tres años de establecida) y 4) un pastizal disturbado agrícolamente de *B. curtipendula* nativa de temporal, cerca del poblado de Tunititlan, Hidalgo. Se tomaron cinco muestras de suelo con un cilindro de PVC de 10 cm de diámetro, debajo de la corona del pasto. En laboratorio, se extrajo la mesofauna utilizando embudos de Berlese-Tullgren durante cinco días. Posteriormente, la mesofauna se separó e identifico a nivel taxonómico de orden y suborden, utilizando microscopio estereoscópico Zeiss Stemi 2000-C, y se contabilizó la abundancia incluyendo adultos, ninfas y larvas. Los datos de abundancia de mesofauna fueron transformados utilizándose la raíz cuadrada de  $X+0.5$ , para su normalización y fueron analizados en un diseño completamente al azar (SAS, 9.0), bajo la hipótesis nula de que los valores de abundancias no difieren entre pastizales muestreados. La riqueza de órdenes y subórdenes de mesofauna en las distintas condiciones se compararon utilizando curvas de rarefacción basadas en el número de individuos utilizando el paquete Vegan del software estadístico R versión 3.2.5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron un total de 4 115 individuos, incluidos siete órdenes y subórdenes de colémbolos y ácaros, así como una cohorte; de los cuales, 2 469 se encontraron en el pastizal nativo de Banderita; 888 en la pradera inducida de Banderita var. NdeM-303; 513 en pasto Guinea y 245 individuos en Banderita var. NdeM-La Resolana, siendo esta última la que presentó menor abundancia. Los órdenes de colémbolos encontrados en este estudio incluyeron Poduromorpha, Entomobryomorpha y Symphypleona y la variedad NdeM-303 presentó el mayor número de individuos de los tres órdenes (51%); casi no se observó presencia de estos en el pasto nativo (0.57%) y Symphypleona no se encontraron en pasto Guinea (Cuadro 1). El orden Mesostigmata y los subórdenes Prostigmata, Oribatida, Endeostigmata y la cohorte Astigmata fueron los ácaros encontrados en diferentes proporciones en todas las praderas evaluadas, siendo más abundantes los Prostigmata (54%) en el pastizal de Banderita nativa (Cuadro 1). Se contabilizaron 1 523 ejemplares de ácaros prostigmatas de la familia Linotetranaidae, reportados entre los pocos fitófagos del suelo asociados con la corona y raíces de pastos (Beard y Walter, 2004); de los cuales, se tiene registro de 13 especies principalmente en África y Australia (Fig. 1a). De acuerdo a Clapperton *et al.* (2002), en áreas con disturbio como es el caso de Banderita nativa, se disminuye la abundancia de colémbolos y aumenta la de los ácaros Prostigmata.

**Cuadro 1.** Porcentaje de la abundancia de colémbolos y ácaros por variedad de pasto muestreado en El Valle del Mezquital, Hidalgo.

Variedad	Poduro	Entomo	Symphy	Mesos	Prostig	Oribatid	Endeos	Astig
Banderita nativa	0	0.49	0.08	4.70	<b>53.95</b>	37.75	2.84	0.20
NdeM-La Resolana	3.27	20.82	1.63	26.94	0.41	<b>44.49</b>	2.45	0
NdeM-303	2.03	<b>40.77</b>	8.33	11.15	0.23	32.09	5.41	0
Guinea	12.67	30.41	0	2.14	5.26	<b>49.51</b>	0	0

Ordenes de Collembola: Poduro=Poduromorpha; Entomo=Entomobryomorpha; Symphy=Symphypleona. Orden de Acari: Mesos=Mesostigmata. Subórdenes de Acari: Prostig=Prostigmata; Oribatid=Oribatida; Endeos=Endeostigmata y cohorte Astig=Astigmata.

En NdeM-La Resolana y pasto Guinea se obtuvieron los mayores porcentajes de ácaros oribátidos 44.5% y 49.5%, respectivamente. Sin embargo, solo se encontraron ácaros oribátidos primitivos en Banderita nativa (Fig. 1b y c), sugiriendo que el riego con aguas residuales afecta la

supervivencia de estas especies (Iglesias, 2006). Se encontraron diferencias significativas entre las abundancias totales de mesofauna edáfica donde Banderita nativa fue estadísticamente diferente ( $p < 0.05$ ) a las abundancias totales de NdeM-303, NdeM- La Resolana y Guinea (Fig. 2a); estas últimas tuvieron abundancias similares. Sin embargo, debido a perturbación agrícola en Banderita nativa se disminuyó la abundancia de ácaros oribátidos y se incrementó la abundancia de ácaros prostigmata fitófagos. Cabe destacar que Banderita nativa no se encuentra influenciada por riego con aguas residuales a diferencia de las otras variedades, lo cual disminuye la abundancia de ácaros oribátidos (Iglesias, 2006). Contrariamente, a Iglesias (2006), en este estudio las abundancias de ácaros oribátidos en praderas regadas con aguas residuales fueron mayores.

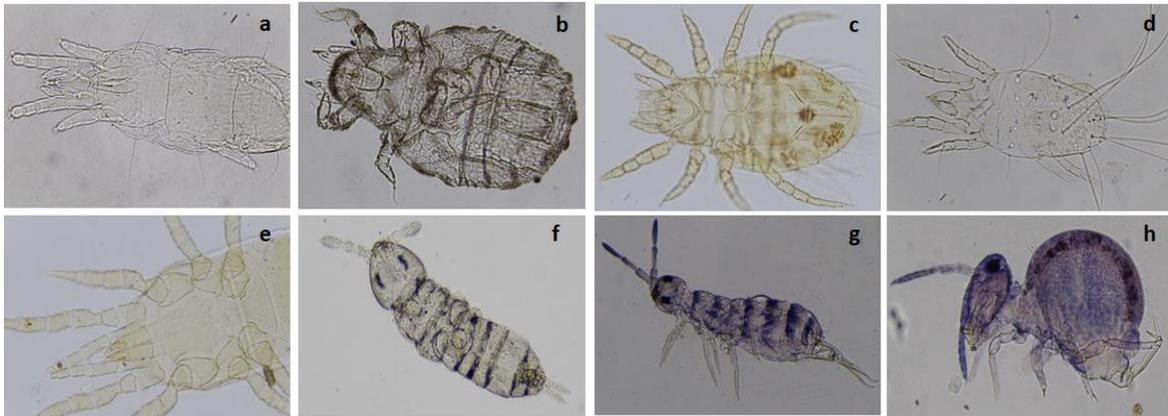


Figura 1. Ácaros encontrados en Banderita nativa. a) ácaro Prostigmata, b y c) ácaros oribátidos primitivos y d) ácaro Astigmata. Ácaros y colémbolos encontrados en Banderita NdeM-La Resolana. e) ácaro Mesostigmata, f) colémbolo Poduromorpha. g) colémbolo Entomobryomorpha y h) colémbolo Symphypleona.

Las curvas de rarefacción presentaron comportamiento asintótico, siendo un buen indicador de que el muestreo fue suficiente para hacer comparaciones de la riqueza de los órdenes y subórdenes de la mesofauna (Buddle *et al.*, 2005). Las curvas de rarefacción, estandarizadas a tamaño de muestra de 240 individuos, indicaron que la riqueza fue mayor en praderas establecidas de Banderita NdeM-La Resolana y Banderita NdeM-303. En contraste, Banderita nativa y Guinea presentaron las menores riquezas (Fig. 2b). Estas estimaciones sugieren una relación entre la riqueza de órdenes y subórdenes con tiempo de establecimiento y la variedad. Al respecto Clapperton *et al.* (2002), mencionan un efecto sobre las poblaciones de la mesofauna edáfica dependiendo de la especie vegetal, porque estas determinan la biodiversidad subterránea y la dinámica de las cadenas tróficas.

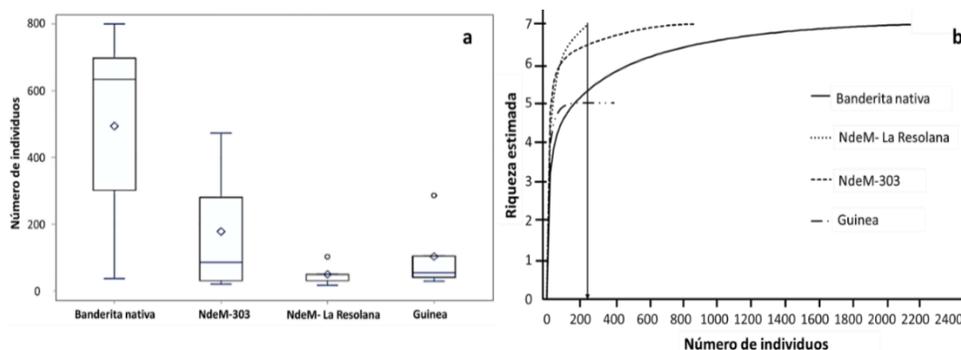


Figura 2. a) Abundancia total de ácaros y colémbolos en praderas de pasto banderita y Guinea. b) Curvas de rarefacción de riqueza estimada de órdenes y subórdenes de ácaros y colémbolos edáficos encontrados en variedades de pasto banderita y pasto Guinea, estandarizados por un tamaño mínimo de muestra de 240 individuos indicados por la flecha.

A pesar de que los pastos banderita NdeM-La Resolana y NdeM-303 son regados con aguas residuales, no se afecta la riqueza de ácaros y colémbolos, debido a la densidad de población por su mayor tiempo de establecimiento. Rodríguez *et al.* (2008), indican que bajas densidades de población y el tiempo de establecimiento pueden afectar la abundancia y riqueza de la mesofauna del suelo, por producir una considerable superficie de suelo sin cobertura vegetal. Por tanto, el corto tiempo de establecimiento y baja densidad de plantas en pasto Guinea posiblemente influyó en la menor riqueza de órdenes y subórdenes de mesofauna. En relación a banderita nativa, la causa de su menor riqueza de mesofauna es que es un pastizal disturbado por prácticas agrícolas en la zona, y los disturbios son un factor que disminuyen la abundancia y diversidad de los microartrópodos del suelo (Clapperton *et al.*, 2002).

### CONCLUSIÓN

El presente estudio muestra que la variedad forrajera afecta la abundancia y riqueza de la mesofauna del suelo, así como el tiempo de establecimiento y el manejo, temporal o riego con aguas residuales. Además, el impacto sobre la mesofauna edáfica en el área con disturbio agrícola fue mayor que por la influencia del riego con aguas residuales, donde se observó incremento de abundancia de ácaros fitófagos y disminución de colémbolos. De acuerdo a los resultados obtenidos proponemos que existe una relación entre la especie forrajera y su manejo con la mesofauna del suelo, la cual puede tener un impacto en la funcionalidad ecológica de las praderas.

### AGRADECIMIENTOS

A CONACYT-FOINS, por el apoyo al proyecto 248252: Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014: "Colecta, Salvaguarda y Evaluación de Forrajeras (Poaceae), para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido". Agradecemos al Dr. Gabriel Otero Colina por la identificación del ácaro de la familia Linotetranidae.

### LITERATURA CITADA

- Beltrán LS, DCA García, AJA Hernández, C Loredo O, J Urrutia M, LA González y HG Gámez V. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Rev Mex Cienc Pecu* 4(2):217-221.
- Buddle CM, J Beguin, E Bolduc, A Mercado, TE Sackett, RD Selby, H Varady-Szabo, and RM Zeran. 2005. The importance and use of taxon sampling curves for comparative biodiversity research with forest arthropod assemblages. *Can. Entomol.* 137:120-127.
- Clapperton MJ, DA Kanashiro, and VM Behan-Pelletier. 2002. Changes in abundance and diversity of microarthropods associated with Fescue Prairie grazing regimes. *Pedobiologia.* 46(5): 496-511.
- Gupta, VVSR. 1994. The impact of soil and crop management practices on the dynamics of soil microfauna and mesofauna. *Austr. Microb.* 13:175-180.
- Iglesias, MR. 2006. Ácaros Oribátidos de dos Agroecosistemas con riego contrastante en San Salvador, Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática). Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2017. Anuario estadístico y geográfico de Hidalgo. [https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF\\_Docs/HGO\\_ANUARIO\\_PDF.pdf](https://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/HGO_ANUARIO_PDF.pdf). [Consultado el 01 de septiembre de 2019].
- Rodríguez IG, C. Verena T, A Calero M, L Otero H y SB Fraga S. 2008. Evaluación integral del complejo suelo-planta en una unidad lechera, con silvopastoreo, en La Habana, Cuba. *Rev. Cub. Cien. Agríc.* 42 (4):403-410.
- Quero-Carrillo, AR. 2013. Gramíneas Introducidas. Impacto e Importancia en Ecosistemas Ganaderos. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Colegio de Postgraduados. pp.143-150.





## INTRODUCCIÓN

En México, la capacidad productiva de los ecosistemas se está perdiendo de forma considerable debido a la sobre utilización de los recursos, los agostaderos son los ecosistemas que más se han deteriorado, ya que el sobrepastoreo ha dañado a más de 60 millones de hectáreas, en segundo lugar de daño se encuentran las áreas forestales y en tercer lugar la agricultura de temporal (Ortiz Solorio 1994). En Monte Caldera, Cerro de San Pedro, S.L.P., se utilizaron los recursos naturales durante 400 años para aprovechamiento minero, lo que provocó la degradación del suelo y la eliminación primaria de la vegetación formada por bosque de encino. Real de Monte (Monte Caldera) fue elegido para establecer haciendas de beneficio así como asentamiento poblacional por las condiciones ideales de agua, vegetación y la proximidad a las vetas para llevar a cabo el beneficio de los metales que se extraían en Cerro de San Pedro (Salazar González 2000). La ganadería extensiva de bovinos, ovinos, caprinos y equinos ha sido sin duda una de las actividades de gran importancia en la cuenca de Monte Caldera y el impacto que ha tenido sobre la vegetación y el suelo en las zonas de pastizal natural y pastizal crasirosulifolio, es la disminución en la cobertura vegetal, incremento en la erosión (pérdida de sedimento y formación de cárcavas), compactación del suelo, disminución en diversidad biológica y pérdida de la funcionalidad del ecosistema. En 2006 se iniciaron obras de conservación, restauración y de reforestación para revertir el problema de la erosión en el sitio (Jiménez Lira 2012).

En 2005 el ejido solicitó recursos económicos del Programa de Compensación Ambiental de CONAFOR para realizar trabajos de restauración de suelos y revegetación en una superficie de 225 hectáreas. Se instaló un cerco en el perímetro del área a reforestada consistente en 3.9 km a fin de evitar la entrada de animales, se realizó el trazado y elaboración de bordos en curvas a nivel para la retención de humedad en el suelo. Los trabajos continuaron en 2007 con el mantenimiento de las obras realizadas y la reposición de plantas que no sobrevivieron.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se lleva a cabo en 2 sitios de muestreo en la microcuenca Monte Caldera, Cerro de San Pedro S.L.P. (Figura 1).

- a) Sitio en compensación (SC), reforestado con especies de *Pinus greggii* y *Cupressus* spp.
- b) Sitio con uso ejidal (SE)

La microcuenca de Monte Caldera abarca las localidades de Monte Caldera y de Jesús María pertenecientes al Municipio de Cerro de San Pedro y a la comunidad San Antonio de Eguía que pertenece al Municipio Armadillo de los Infantes en el estado de San Luis Potosí.

Se propone un tercer sitio de muestreo, un predio privado denominado Predio privado (PP) en el que se tiene un sistema de producción pecuario con toros de Lidia, este último presenta un buen manejo y puede observarse un buen estado de conservación.

La distribución de las parcelas o puntos de muestreo en los sitios a evaluar se realizó al azar dentro de los polígonos delimitados previamente por medio de software para SIG, asegurando que cada parcela esté al menos a 200 m de la parcela vecina más cercana. La toma de datos se realizará mediante visitas a campo durante la estación seca y la estación húmeda (lluvias) del año. La captura y análisis de los datos se realizará en el laboratorio de Recursos Naturales de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP.

## Metodología para la evaluación de diversidad y abundancia de la vegetación.

Se realizó un muestreo de vegetación durante la temporada seca y se realizará uno más durante la temporada de lluvias.

Se están realizando los siguientes métodos básicos:

- a) Método de intercepto en punto en línea. Mide la proporción de la superficie del suelo que está cubierta por diferentes especies de plantas vasculares, así como rocas, hojarasca, musgos y líquenes.
- b) Intercepción de espacios vacíos. Proporciona una indicación del grado en que la cubierta vegetal se agrega (formando algunos espacios grandes) o se dispersa (formando muchos espacios pequeños).
- c) Prueba de estabilidad del suelo. Para determinar la susceptibilidad a la erosión.
- d) Transecto en banda. Para medir la cobertura de plantas leñosas.

Se trabaja en una base de datos para generar indicadores relevantes de los atributos estabilidad del suelo y del sitio e integridad biótica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con resultados preliminares, el sitio SC cuenta con una mayor cobertura del suelo, presentando mayor resistencia a la erosión y una mayor integridad biótica respecto al sitio SE. En cuanto a las intercepciones de vacíos (espacios con suelo desnudo) se obtuvieron resultados en los que el sitio con uso ejidal (SE) presenta un mayor porcentaje de espacios vacíos mayores a 200 cm (Figura 2) mientras que en el sitio en compensación (SC) se presenta un mayor porcentaje de espacios vacíos de entre 25 y 100 cm. (Figura 3).

Estabilidad del suelo. El promedio de las muestras de superficie analizadas fue de 5.2 para el sitio SE y de 5.79 para el sitio SC, son valores que hacen suponer que se tiene un suelo muy estable ya que el valor de mayor estabilidad es 6. (Figura 4).

Para conocer que tan homogéneos o heterogéneos serán los sitios de estudio, se calcularán los siguientes índices de diversidad: Índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ), que mide el grado promedio de incertidumbre para predecir la especie a la que pertenece un individuo tomado al azar dentro de los sitios de muestreo, en el que a mayor valor de  $H'$  mayor diversidad de especies. Índice de Simpson ( $S$ ) que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en los sitios de muestreo sean de la misma especie, indicando que a mayor valor de  $S$  menor dominancia de una (o de un grupo) de especie(s).

## Cuadros y figuras.



Figura 1. Localización del sitio de estudio.

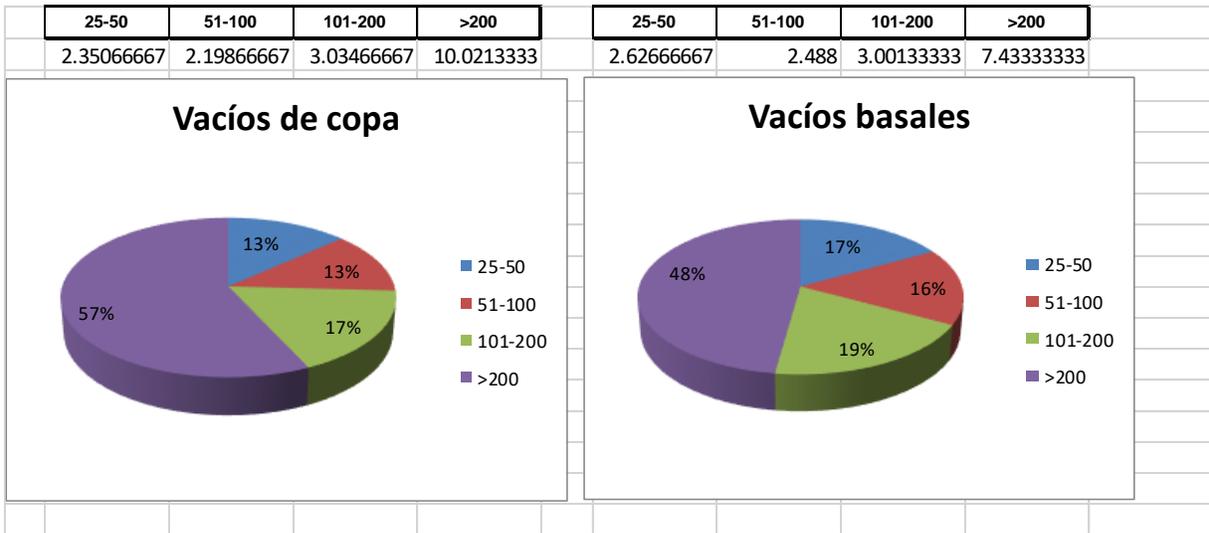


Figura 2. Porcentaje de intercepción de espacios vacíos en el sitio con uso ejidal (SE).

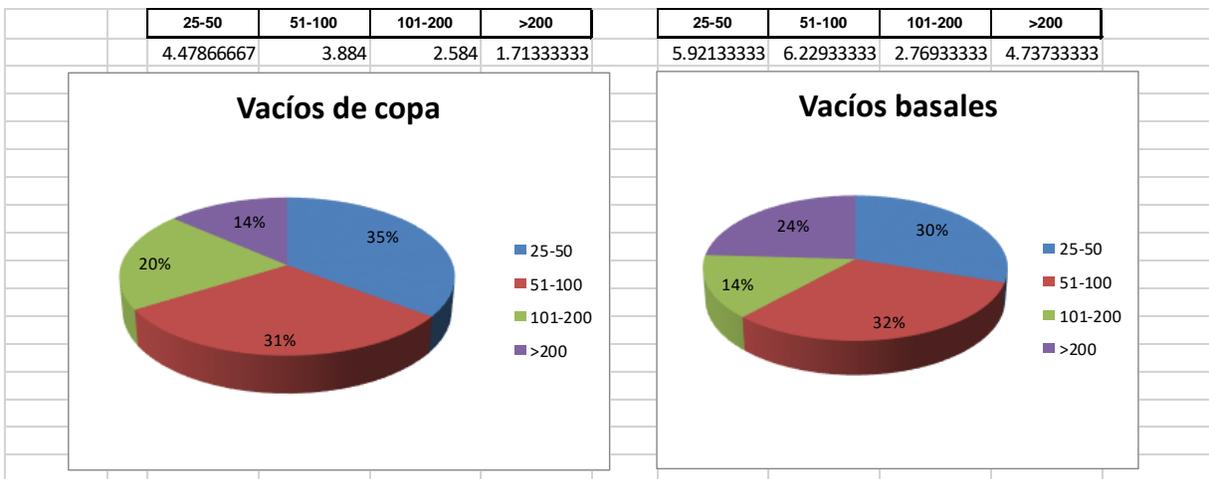


Figura 3. Porcentaje de intercepción de espacios vacíos en el sitio en compensación (SC).

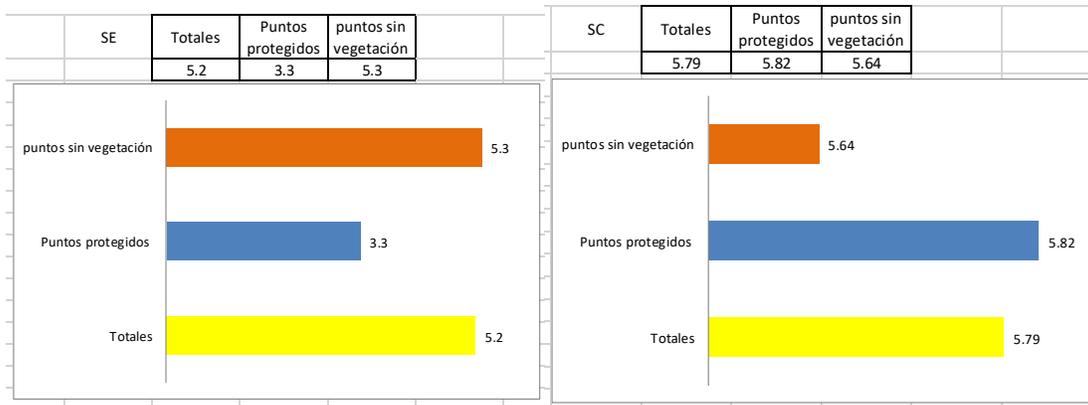


Figura 4. Promedio de las clases de suelo para el sitio con uso ejidal (SE) y sitio en compensación (SC).

## CONCLUSIONES

Las perturbaciones modifican la fisonomía vegetal del hábitat influyendo en la dinámica y diversidad de las especies. En el área de estudio dichas perturbaciones se refieren principalmente a la realización de actividades con fines agropecuarios, principalmente la ganadería. El presente trabajo está en proceso, falta coleccionar y analizar datos que arrojen información para concluir de manera concreta.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez Lopezello J, Rivas Manzano IV, Aguilera Gómez LI, González Ledesma M. Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México *Revista Mexicana de Biodiversidad*, vol. 87, núm. 3, septiembre, 2016, pp. 980-989 Universidad Nacional Autónoma de México Distrito Federal, México.
- Colwell RK EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples: Versión 7.5. Persistent URL <Purl.oclc.org/estimates>.
- Curtis JT, McIntosh RP An upland forest continuum in the pariré-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32: 476-496.
- Jiménez Lira M Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Acciones y estrategias para un plan de manejo de la microcuenca de Monte Caldera ,San Luis Potosí. San Luis Potosí. México. UASLP. Cologne University of applied Sciences.
- Mora-Donjuán CA, Rubio Camacho EA, Alanís Rodríguez E, Jiménez Pérez J, González Tagle MA, Mata Balderas JM, Mora Olivo A. Composición y Diversidad Vegetal de un área de Matorral micrófilo con historial pecuario en el Noreste de México. *Polibotánica*, núm. 38, agosto, 2014, pp. 53-66 Departamento de Botánica Distrito Federal, México.
- Ortiz Solorio, M. M. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. México.: Colegio de Postgraduados-CONAZA. .
- Posadas Leal Cesar, C. V. L., Arredondo Moreno José Tulio, Huber Sannwald Elisabeth 2011 Riqueza y densidad de especies de aves de pastizal evaluadas por dos métodos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- Rodríguez Rodríguez J. Bosque sur: análisis de la restauración de un espacio degradado en el sur de la comunidad de Madrid. Madrid, España: Editorial CSIC Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Salazar González, G. Las haciendas en el siglo XVII en la región minera de San Luis Potosí. Su espacio, forma, función, material, significado y la estructuración regional. .San Luis Potosí, México.: UASLP, Colegio de Posgraduados-CONAZA.
- SEMARNAT 2016 Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Retrieved from México.
- Zarco-Espinosa VM, Valdez-Hernández JI, Ángeles Pérez G, Castillo Acosta O. Structure and diversity of arboreal vegetation in the Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 26(1):1-17,2010.



caracterizar la vegetación del ámbito hogareño reproductivo en un área de pastizales nativos del norte de Durango

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del área de estudio

El trabajo se realizó durante el verano de 2017 y 2018 en un sitio de pastizal mediano abierto en el municipio de Hidalgo, Durango (CEC y TNC, 2005), entre las coordenadas geográficas extremas de 26° 20' 11.24" N, 105° 10' 58.11" O y 26° 17' 5.98" N, 105° 9' 15.35" O (Figura 1)

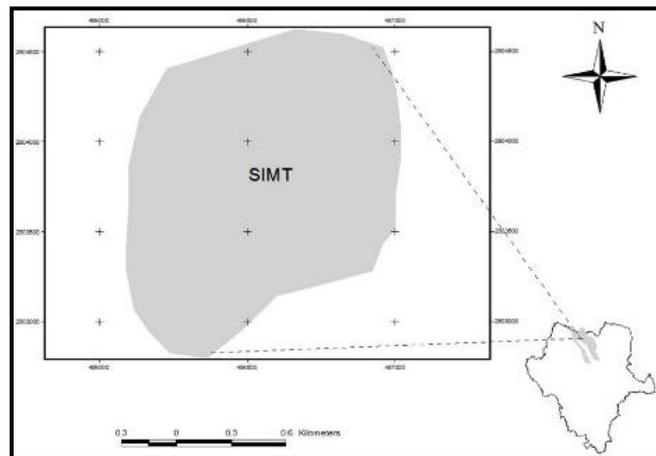


Figura 1. Localización de las áreas de estudio en Cuchillas de la Zarca.

### Búsqueda de nidos

La localización de las aves se realizó con ayuda de grabación digital, y la localización de nidos utilizando la metodología de Martín y Geupel (1993).

### Captura de aves y procesamiento de las aves

La captura de las aves se realizó usando redes de niebla, y se colocaron anillos de colores para identificar machos de hembras registrando todas las medidas morfométricas convencionales (Panjabi y Beyer, 2010; Pyle 1997).

### Ámbito hogareño

El tamaño del ámbito hogareño (ha) se estimó tomando como límites las perchas y observando a los individuos defender territorios, se registraron puntos de perchas donde cantaba o emitía algún sonido de llamado o alerta (Wiens, 1969).

### Vegetación

Una vez determinados los ámbitos hogareños se generó una rejilla de puntos (cada 50 m, de toda el área) y se tomaron los que interesaban dentro de los territorios de las aves. La estructura de la vegetación se estimó por el método de línea de Canfield, generando dos líneas por punto y paralelas entre sí (Brun y Box, 1963). Se obtuvieron las mediciones de cobertura del suelo (cm) de cada una de las siguientes categorías: pasto, arbustos, hierbas, suelo desnudo, vegetación muerta y otra cobertura (piedras menores al tamaño de un puño promedio, heces de animales y ramas de arbustos o árboles sueltas). Por cada metro del transecto se registró una medida de altura (cm).

### Análisis estadístico.

Se utilizó una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis) para evaluar las variables de respuesta y así determinar si existe diferencias significativas entre veranos, con el programa NCSS® (Steel y Torrie, 1992) para Windows, versión 14.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los veranos 2017 (n=5) y 2018 (n=5) se capturaron diez aves (8=adultos y 2=juveniles), y se monitorearon cuatro parejas reproductivas (2017, n=1 y 2018, n=3), el ámbito hogareño reproductivo promedio, que fue de  $1.3 \pm 0.28$  ha, superficie superior al reporte de Ruth (2015) para el sureste de Arizona ( $0.72 \pm 0.37$  ha). Otros autores (Helzer y Jelinski, 1999) encontraron que en Nebraska el territorio que utiliza el gorrión chapulinero oscilan entre 18 y 12 ha valores similares con lo reportado por Balent y Norman (2003) para una región del suroeste de los Estados Unidos. La especie *A. savannarum* es considerada como ave especialista de pastizales, y se asocian positivamente con la cobertura de pastos, la altura y cobertura arbustiva moderada (Gordon, 2000; Macías-Duarte et al., 2009), y negativamente la presencia de suelo desnudo (Henderson y Davis, 2014). Se ubicaron 45 puntos de aves donde se realizaron dos líneas de Canfield de 10 m de longitud por punto (n=90). El promedio general durante los veranos (2017 y 2018) del presente estudio, se arrojan resultados estadísticamente como se presenta en el siguiente cuadro (cuadro 1)

Cuadro 4. Estructura de la vegetación reproductiva y cobertura de suelo (mediante) de las dos temporadas del área de estudio en Cuchillas de la Zarca.

AÑO	Pasto (%)	Arbusto (%)	Hierba (%)	S. des.* (%)	V.M.** (%)	O. C. *** (%)	Altura**** (cm)
<b>2017</b> (n=44)	66.56 $\pm 2.74^a$	0.85 $\pm 0.47^b$	6.28 $\pm 1.16^a$	7.94 $\pm 1.75^b$	18.36 $\pm 2.77^a$	0 $\pm 0.13^b$	27.18 $\pm 1.64^b$
<b>2018</b> (n=46)	58.85 $\pm 2.68^a$	2.23 $\pm 0.46^a$	4.24 $\pm 1.13^a$	15.3 $\pm 1.71^a$	18.79 $\pm 2.71^a$	0.57 $\pm 0.12^a$	20.37 $\pm 1.60^a$

\* S. des.: Suelo desnudo.

\*\* V.M.: Vegetación muerta

\*\*\* O.C.: Otra cobertura.

\*\*\*\* Altura: Altura promedio de la cobertura

Los datos obtenidos de las variables de cobertura de vegetación de arbusto, hierba, otra cobertura y altura promedio son estadísticamente diferentes entre años, y similares a los reportados por Ruth y Skagen (2017) en Arizona, E.U.A.

## CONCLUSIONES

Se logró estimar el ámbito hogareño reproductivo del gorrión chapulín en los pastizales del norte de Durango, de igual manera se describen las principales características de la vegetación que esta especie usa como hábitat, esta información es relevante porque representa el primer reporte para esta especie en México. En el mismo sentido, se logró estimar las características del hábitat reproductivo, donde se establece que esta especie requiere pastizales con buena cobertura y altura y evita los arbustos, estas condiciones de selección de hábitat reproductivo de *A. savannarum*, pueden ayudar a indicar que el recurso pastizal en esta importante región ganadera, se encuentra en buena condición.

## LITERATURA CITADA

- Balent, K.L. and C.J. Norment. 2003. Demographic characteristics of a Grasshopper Sparrow population in a highly fragmented landscape in western New York State. *Journal of Field Ornithology* 74:341–348.
- Brun, J. M., y T. W. Box. 1963. A comparison of line intercepts and random point frames for sampling desert shrub vegetation. *Journal of Range Management* 16: 21-25.
- CEC and TNC.2005. North American central grasslands priority conservation areas: technical report and documentation. Eds J.W. Karl and J. Hoth. Commission for Environmental Cooperation and The Nature Conservancy. Montreal, Quebec.
- Fisher, R. J., and S. K. Davis (2011). Habitat use by Sprague's Pipit (*Anthus spragueii*) in native pastures and planted, non-native hay fields. *The Auk* 128:273–282.
- Gordon, C.E. 2000. Movement patterns of wintering grassland sparrows in Arizona. *The Auk* 117:748–759.
- Henderson, A. E. and S. K. Davis. 2014. Rangeland health assessment: a useful tool for linking range management and grassland bird conservation? *Rangeland Ecol. Manage.* 67:88-89
- Herzel, C. J., and D. E. Jrlindk. 1999. The relative importance of patch area and perimeter-area ratio to grassland breeding birds. *Ecological Applications* 9:1448–1458
- Hovick, T. J., and J. R. Miller (2013). Broad-scale heterogeneity influences nest selection by Brown-headed Cowbirds. *Landscape Ecology* 28:1493–1503
- Macías-Duarte, A., A. B. Montoya, C. E. Mendez-Gonzalez, J. R. Rodriguez-Salazar, W. G. Hunt, and P. G. Krannitz. (2009). Factors influencing habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *Auk* 126:896-905
- Martin, T. E., and G. R. Geupel (1993). Nest-monitoring plots: Methods for locating nests and monitoring success. *Journal of Field Ornithology* 64:507–519.
- North American Bird Conservation Initiative (2014). *The State of the Birds 2014 Report*. U.S. Department of Interior, Washington, DC, USA.
- Panjabi, A. and L. Beyer. 2010. *Desert Grassland Bird Conservation: Is low winter survival driving population declines Phase I*. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, Final report I-MXPLAT-NPS-08-02. 10 pp
- Pyle, P. 1997. *Identification Guide to North American Birds*. Part 1. Slate Creek Press, Bolinas, CA.
- Ruth, J. M. (2015). *Status assessment and conservation plan for the Grasshopper Sparrow (Ammodramus savannarum)*. Version 1.0 U.S. Fish and Wildlife Service, Lakewood, CO.
- Ruth, J.M. y Skagen, S.K (2017). Patrones de selección de territorios y nidos por Grasshopper Sparrows en el sureste de Arizona", *The Condor* 119 (3), 469-483, (19 de julio de 2017).<https://doi.org/10.1650/CONDOR-16-210.1>
- Sherry, TW y RT Holmes. 1995. Verano en comparación con la limitación de las poblaciones de invierno: aspectos conceptuales y pruebas. Páginas 85-120 en *Ecología y manejo de las aves migratorias neotropicales: una síntesis y análisis de los temas críticos* (T. Martin y D. Finch, Eds.). Oxford University Press, Nueva York.
- Sauer, J.R., D.K. Niven, J.E. Hines, D.J. Ziolkowski, Jr., K.L. Pardieck, J.E. Fallon, W.A. Link. 2017. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2015*. Version 2.07.2017 usgs Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.
- Wiens, J. A. 1969. An approach to the study of ecological relationships among grassland birds. *Ornithological Monographs* 8:1–93.

## MORFOLÓGICA FORRAJERA DE POBLACIONES DE *Panicum* spp. EN MÉXICO

### FORAGE MORPHOLOGY OF *Panicum* spp. POPULATIONS IN MÉXICO

Adilene Pineda-Martínez<sup>1</sup>, Adrián R Quero-Carrillo<sup>1</sup>, Abieser González Vazquez<sup>1</sup>, José Fco. Villanueva Ávalos<sup>2</sup>,  
Francisco Rubio Aguirre<sup>3</sup>, Alejandra Pérez Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo-Ganadería <sup>2</sup> INIFAP CE “El Verdineño”, Nayarit, <sup>3</sup>INIFAP CE  
“Calera”, Zacatecas.

#### RESUMEN

El uso de técnicas para organizar la diversidad morfológica, con base en descriptores, ha sido el primer paso en el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en especies importantes como *Brachiaria* spp., *Tripsacum* spp., *Bouteloua curtipendula* e *Hymenachne amplexicaulis*, previo a su evaluación dirigida en estudios agronómicos. El objetivo fue explorar la diversidad morfológica de poblaciones de pasto *Panicum* spp., con porte tipo Guinea y evaluar sus principales características morfológicas para cualidades forrajeras. Se calificaron y analizaron 405 ecotipos al momento de la floración mediante 16 descriptores morfológicos cualitativos, para conocer y definir la estructura poblacional. Los datos se analizaron mediante análisis de factores, mediante la función Factor, método de componentes principales con el programa SAS<sup>®</sup>. Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 78.6 % de la variación en los datos. En el factor uno las variables más sobresalientes fueron dicotomía del tallo floral, capacidad de amacollamiento, sobrevivencia del genet, etapa fenológica, potencial de producción forrajera, suavidad de hoja central y hábito de crecimiento. En el CP dos: tricomas en hoja, razón hoja: tallo y margen de hoja. La importancia de tales rasgos está directamente relacionada con la producción de forraje, apetencia por los animales y recolección manual de forraje. Por consiguiente, emplear descriptores morfológicos es útil en un primer paso para el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en especies importantes; lo anterior, para conformar una colecta núcleo en la que se pueden dirigir estudios agronómicos.

**Palabras clave:** Cualidades forrajeras, programa de selección.

#### ABSTRACT

The use of techniques to organize morphological diversity, based on descriptors, has been the first step to evaluate extensive collections of genetic resources in important species such as *Brachiaria* spp. *M. maximus*, *Tripsacum* spp., *Bouteloua curtipendula*, and *Hymenachne amplexicaulis*; this is important previously to targeted studies on agronomic attributes. The objective of this work was to explore morphological diversity of *Panicum* spp. grass populations and evaluate their main morphological characteristics for forage production. Four hundred and five ecotypes were classified and analyzed at anthesis stage using 16 qualitative morphological descriptors to define population structure. Data was analyzed through Factor analysis using the Factors function from SAS<sup>®</sup> program's Principal Components Analysis procedure. The first two main components (PC) explained 78.6% of the variance within the population. Factor one. The outstanding variables included dichotomy of floral stem, tillering capacity of the genet, potential for forage production, softness of the central leaf and growth habit. Factor two included foliar trichomes, leaf:stem ratio and leaf margin type. The importance of such traits is directly related to forage production, animal preference, and manual forage management, among other attributes. Evaluating morphological descriptors is useful as first step in the study of extensive collections of genetic resources for native

valuable species. This analysis supports the conformation of a smaller core collection to proceed with agronomic evaluations for the most valuable material.

**Keywords:** Forage qualities, selection program.

## INTRODUCCIÓN

En México, el pasto Guinea [*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon y S. W. L. Jacobs] tiene un amplio rango de adaptación, tanto de suelo como de clima, se encuentra prácticamente en toda la región tropical, dada su versatilidad y plasticidad que le permiten adaptarse y crecer en gran diversidad de ambientes, entre las ventajas del pasto Guinea destacan alta capacidad de producción de biomasa de buena calidad, pocos problemas de plagas y enfermedades y tolerancia a la sombra que permite establecerlo en sistemas silvopastoriles. La recolección y conservación de recursos forrajeros es fundamental para mantener y mejorar la producción forrajera como base para la alimentación del ganado (Do Valle, 2001). Una recolección eficiente de germoplasma es la clave para iniciar programas de selección de germoplasma y mejoramiento genético (Quero, *et al.*, 2003; Quero *et al.*, 2012). Los descriptores morfológicos involucran el uso de atributos para realizar mejoramiento genético de especies forrajeras mediante la evaluación y selección de estos descriptores en ecotipos sobresalientes, esto ha permitido definir los atributos de mayor importancia en la explicación de la variabilidad de poblaciones, así como su vigor y constancia dentro de las mismas poblaciones (Steiner *et al.*, 1998). En mejoramiento genético de *Brachiaria* spp. (Do Valle, 1988) y *Panicum maximum* (Costa *et al.*, 1989) se ha utilizado la conformación de grupos morfológicos mediante el análisis de valores de parámetros para potencial para producción de forraje de descriptores vegetales. La diversidad genética se puede evaluar por un método específico o por una combinación de ellos. Los datos a menudo implican medidas numéricas, es decir, variables cuantitativas (número de macollos por grupo e inflorescencias, número de días desde la emergencia hasta la floración) y / o variables cualitativas distribuidas de forma discontinua, dividiendo clases fenotípicas muy distintas y separables entre sí (color de hoja, pilosidad, patrón de crecimiento, entre otros). Una vez que hay un conjunto de datos que involucran variables cuantitativas y cualitativas, un análisis conjunto de las variables puede resaltar la diversidad en el banco de germoplasma con precisión (Moura *et al.*, 2010). El objetivo del presente trabajo fue explorar la diversidad morfológica de poblaciones de pasto *Panicum* spp. y evaluar sus principales características morfológicas para cualidades forrajeras.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Entre el 2018 y 2019 se recolectaron 375 ecotipos de pasto nativo y naturalizado tipo Guinea en Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Oaxaca y Coahuila. El material se trasplanto *ex situ* en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias (INIFAP) CE “El Verdineño”, Santiago Ixcuintla, Nayarit. Después de seis meses de establecido sobrevivieron 305 ecotipos los cuales fueron usados para las evaluaciones y definir la estructura poblacional desde un punto de vista de potencial forrajero; lo anterior, con el fin de generar una colecta núcleo para posibles estudios agronómicos más informativos. Durante la anéctesis, se realizó la caracterización morfológica mediante la calificación de descriptores morfológicos para cualidades forrajeras con escala de uno a cinco (Cuadro 1); lo anterior, conservando una jerarquía de uno muy bueno y cinco muy malo, considerando su influencia en potencial forrajero (rendimiento, calidad, adaptabilidad, morfología, rendimiento de semilla, etc.). Los datos se analizaron mediante Análisis de Factores con la función Factor, por el método de Componentes Principales con el programa SAS®.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 78.6 % de la variación en los datos (Cuadro 2). En el Factor uno, las variables que contribuyeron significativamente con los valores más altos para explicar la variación total fueron dicotomía del tallo floral, capacidad de amacollamiento (CA), sobrevivencia del genet, etapa fenológica, potencial de producción forrajera (PPF), suavidad de la hoja central (SHC) y hábito de crecimiento (HC); estos descriptores son de gran importancia en el establecimiento de praderas ya que se busca individuos con buena CA y persistencia en la pradera con un HC erecto o semierecto que permita mayor cantidad de coronas en la pradera y tasas de amacollamiento en respuesta al manejo, la SHC y PPF son características deseables que sugieren calidad nutricional del forraje. En el CP dos, los descriptores sobresalientes incluyen: tricomas en hoja, proporción hoja tallo y margen de hoja. La importancia de tales rasgos está directamente relacionada con la apetencia de los animales para el consumo de forraje; similarmente, son informativos sobre el manejo manual del forraje cosechado (Silva *et al.*, 2010). Por otro lado, la pilosidad más densa minimiza la pérdida de agua por transpiración, mejorando el estado hídrico de la planta bajo condiciones de sequía, es decir, las hojas con tricomas se relacionan con tolerancia a sequía en algunas accesiones (Mansoor, 2002). El uso de técnicas para organizar la diversidad morfológica, con base en descriptores, ha sido el primer paso en el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en especies importantes del género *Brachiaria* spp. (sinónimo *Urochloa* spp.; Do Valle, 1988), *P. maximum* (Costa *et al.*, 1989), *Tripsacum* spp. (Berthaud y Savidan, 1989) e *Hymenachne amplexicaulis*; previo a su evaluación sistemática en estudios agronómicos. Se caracterizó morfo-agronómica de Buffel *Cenchrus ciliaris*, donde el número de macollos por corona, seguido por la cantidad de inflorescencias y color de semilla, fueron los rasgos más relevantes en la separación del genotipo. En general, los descriptores utilizados en ese estudio similares a los empleados en estudios previos fueron efectivos para discriminar los genotipos y resultan de gran importancia para evaluar la diversidad genética. Morales *et al* (2019), al estudiar la diversidad genotípica y morfológica en poblaciones de grama azul [*Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths] mencionó que las variables morfológicas con el mayor coeficiente de variación interpoblacional fueron el rendimiento de forraje, el número de tallos y la longitud de hoja. Estudios realizados en otras especies forrajeras como el Lotus *Lotus corniculatus* L., donde se evaluaron nueve rasgos cualitativos y 11 cuantitativos se observó una variación considerable entre las poblaciones para características morfológicas. Según el análisis de componentes principales, los atributos que parecían ser las principales fuentes de diversidad entre las poblaciones incluyeron hábito de crecimiento, número de entrenudos, longitud de tallo, grosor de tallo, macollos por corona y contenido de hoja (Drobná, 2010). Las técnicas moleculares también son muy útiles para evaluar la diversidad genética Armado *et al.*, (2015), evaluaron de entre la diversidad genética de material comercializado de *Panicum coloratum* var. makarikariense utilizando rasgos agromorfológicos y marcadores basados en microsátélites. La variabilidad genética encontrada en el material sugiere que se trata de una población estabilizada que no ha experimentado procesos sólidos de selección. Se observó baja correlación entre la variabilidad agromorfológica y molecular, lo que indica que ambos enfoques proporcionan información complementaria. Este estudio sugiere que con criterios de selección adecuados en especies introducidas a México como *Panicum* spp. Se puede iniciar un programa de selección y mejoramiento que permita incrementar los rendimientos de forraje con calidad nutricional. Aunque *Panicum* spp. del tipo Guinea ha sido reportada como maleza invasora en bosques y pastizales naturales particularmente en el trópico húmedo. Autores la han reportado en cultivos de frutales maíz, sorgo y tomate y con este estudio podemos constatar que se encuentra propagándose a latitudes más norteñas y secas, de Altiplano. Sin embargo, es un excelente pasto para la

alimentación del ganado en la región tropical de México, ya que es el sostén de gran parte de la ganadería nacional.

Cuadro 1. Descriptores morfológicos utilizados para caracterizar 400 ecotipos de pasto *Megathyrus* sp. evaluados en Nayarit, México.

Código	Descriptor
SHC	Suavidad de hoja central
MH	Margen de la hoja
CA	Capacidad de amacollamiento
SG	Sobrevivencia del genet
PHT	Proporción hoja tallo
TH	Tricomas en la hoja
RH	Resistencia de la hoja
DTF	Dicotomía de tallo floral
DH	Daño por hongos
PPF	% de floración de la parcela
PPF	Potencial de producción forrajera
EF	Etapa fenológica
HC	Habito de crecimiento
DE	Densidad
CO	Color
AM	Arquitectura del macollo

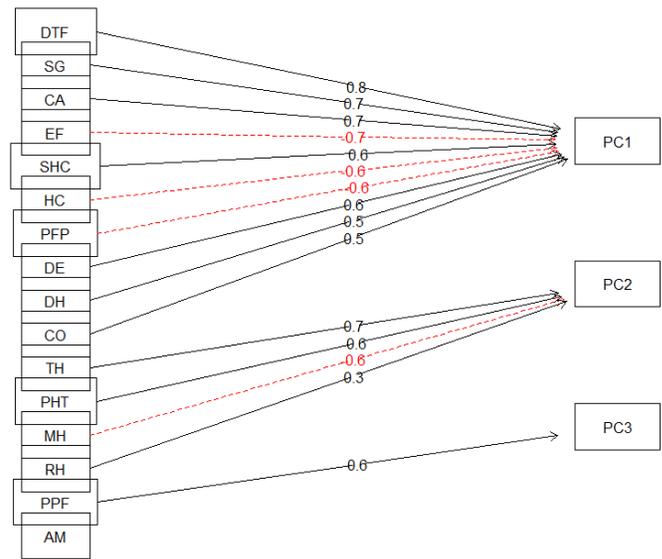


Figura 1. Análisis de componentes principales para 16 descriptores morfológicos de 405 eco tipos de *Megathyrus* sp. Recolectados en México.

Cuadro 2. Valores característicos y proporción de la varianza total, basados en 16 variables en 405 ecotipos de *Megathyrus* sp., recolectados en México.

Componente principal	Valor característico	Diferencia	Proporción de la varianza global explicada (%)	Proporción de la varianza acumulada (%)
1	4.691	0.293	0.506	0.506
2	2.587	0.162	0.279	0.786
3	1.986	0.124	0.214	1.000

## CONCLUSIONES

Los dos primeros componentes principales (CP) explicaron el 78.6 % de la variación en los datos. En el factor uno, las variables sobresalientes incluyeron dicotomía del tallo floral, capacidad de amacollamiento, sobrevivencia del genet, potencial de producción forrajera, suavidad de la hoja central y hábito de crecimiento. En el CP dos, se incluyeron atributos como tricomas en hoja, razón hoja:tallo y margen de hoja. La importancia de tales rasgos está directamente relacionada con la producción de forraje, apetencia por los animales. Emplear descriptores morfológicos es útil en un primer paso para el estudio de amplias recolectas de recursos genéticos en recursos genéticos de especies forrajeras; lo anterior, apoya el desarrollo de una colecta núcleo sólida para realizar estudios de mayor costo e inversión financiera, como son los agronómicos i.e. evaluar agronómicamente materiales forrajeros destacados con mayor potencial de producción de forraje por morfología.

## LITERATURA CITADA

- Armado, LV, MA Thomas., AF Garayalde and AD Carrera. 2015. Assessing the genetic diversity of *Panicum coloratum* var. makarikariense using agro-morphological traits and microsatellite-based markers. *Annals of Applied Biology* Volume 167, Issue 3.
- Berthaud, J, and Y Savidan. 1989. Genetic resources of *Tripsacum* and gene transfer to maize. *In: Mujeeb-Kazi A., and L.A. Sitch (eds). Review of Advances in Plant Biotechnology. 1985-1988: 2nd Int. Symp. on Genetic Manipulation in Crops. México, D. F. and Manila, Philippines. CIMMYT and IIRRI. pp: 121-131.*
- Costa, JM, Y Savidan, L Jank, and LH Castro. 1989. Morphological studies as tool for evaluation of wide tropical forage grass germplasm. *In: Proc. XVI Int. Grassland Congress. Nice, France. Association française pour la production fourragère. INRA. Versailles Cedex, Francia. pp:277-278*
- Do Valle, CB. 1988. Coleção de germoplasma de espécies de *Brachiaria* no CIAT: Estudos básicos visando ao melhoramento genético. Campo Grande, MS, EMBRAPA-CNPQC. 33 p.
- Do Valle, CB. 2001. Genetic resources for tropical areas: achievements and perspectives. *In: Proc. XIX Int. Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brazil. Brazilian Society of Animal Husbandry. Sociedade Brasileira de Zootecnia. Piracicaba, Brasil. pp: 477-482.*
- Drobná, J. 2010. Morphological variation in natural populations of *Lotus corniculatus* in association to geographical parameters of collecting sites. *Biologia, section botany. 65/2: 213—218*
- Mansoor V, 2002 Ecotypic variability for drought resistance in *Cenchrus ciliaris* L. germplasm from Cholistan desert in Pakistan. *International Journal of Agriculture & Biology, Faisalabad, v. 4, n. 3, p. 392-397, 2002.*
- Moura, M. C. C. L. 2010. Algoritmo de Gower na estimativa da divergência genética em germoplasma de pimenta. *Horticultura Brasileira, Brasília, v. 28, n. 2, p. 155-161.*
- Quero, CA, CR Morales, L Miranda, y JF Enríquez. 2003. Recursos genéticos de gramíneas forrajeras nativas. El complejo de zacate banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. XXXIX Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. UNAM. México, DF. pp: 424 (Resumen).
- Quero, CAR, JF Villanueva A, CR Morales N, JF Enríquez Q, ED Bolaños Z, J Castillo H, JJ Maldonado M. 2012. Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CE Santiago Ixcuitla. Folleto Técnico 21. 48p.
- Silva CLA, Ferreira dos S MV, Batista DJC. 2009. Variabilidade e herdabilidade de caracteres morfológicos em clones de capim-elefante na Zona da Mata de Pernambuco. *Revista brasileira de zootecnia. vol.39 no.10 Viçosa Oct.*
- Steiner, J. J., E. Piccioni, M. Falcinelli, and A. Liston. 1998. Germplasm diversity among cultivars and the NPGS crimson clover collection. *Crop Sci. 38: 263-271.*



of nine genotypes from Chihuahua were evaluated, under greenhouse conditions. Genotypes were collected in the municipalities of Parral, Nuevo Casas Grandes, Janos Riva Palacio, Namiquipa, Bachiniva, Chihuahua and Buenaventura. In addition, the commercial variety Niner was evaluated as control. The treatments evaluated were two (low and medium) of the most common historical precipitation patterns (dry-wet sequences) for July, based on 35 years data collected on the Chihuahua state. Seminal root length, sub-coleoptile internode elongation, cumulative length of adventitious roots, roots weight, shoot weight, root-shoot ratio, leaf area and stomatal density and size were the variables evaluated. In general, the behavior of the genotypes showed differences ( $p < 0.05$ ) in all the variables evaluated, except in seminal root length ( $p > 0.05$ ). The cumulative length of adventitious roots and biomass production of the genotypes collected in Nuevo Casas Grandes, Chihuahua and Buenaventura did not decrease in the dry-wet sequence low. However, their root-shoot ratio increased 337, 82 y 80%, respectively. The leaf area of all the genotypes decreased ( $p < 0.05$ ) in the sequence low, compared to the medium. Moreover, most of the genotypes presented an increase ( $p < 0.05$ ) in stomatal density and decreased in stomatal size in the driest treatment, which suggests that such response is associated with drought-resistance. Our results suggest that genotypes that may be better adapted to drought increase its root-shoot ratio and stomatal density and decrease its leaf area and stomatal size, when grow under drought conditions. Genotypes that showed this behavior were those collected from Nuevo Casas Grandes, Chihuahua and Buenaventura.

## INTRODUCCIÓN

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una de las especies de pasto más utilizadas en rehabilitación de pastizales en el norte de México. Sin embargo, esta especie tiene una baja capacidad de establecimiento, lo cual es causa de la baja probabilidad de éxito de los programas de rehabilitación con esta especie. Los problemas de establecimiento de esta especie se deben a diferentes factores. Uno de ellos es que su entrenudo subcoleoptilar crece para llevar al coleóptilo hasta la superficie del suelo, lo cual genera que las raíces adventicias nazcan cerca de la superficie del suelo, en condiciones desfavorables de humedad (Hyder *et al.*, 1971). La proporción raíz-parte aérea también es un factor de importancia para el establecimiento de plántulas. Esto debido a que entre mayor sea la proporción de raíces que tiene una planta, más probabilidades tendrá de poder abastecer las necesidades de agua de la parte aérea. Otro aspecto importante para el establecimiento de las plántulas son las características de sus estomas, ya que están relacionadas con la transpiración. Está documentado que el área estomática decrece en plantas que se desarrollan bajo un déficit hídrico y que la densidad estomática esta positivamente correlacionada con la transpiración (Xu *et al.*, 2008). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el desarrollo de plántulas y las características estomáticas de genotipos de pasto banderita en dos de los patrones de precipitación históricos más comunes del estado de Chihuahua.

## MATERIALES MÉTODOS

El experimento se realizó bajo condiciones de invernadero. Se evaluó el desarrollo temprano de plántulas de diez genotipos de pasto banderita, bajo dos regímenes de humedad. Los genotipos evaluados fueron nueve nativos del Estado de Chihuahua, provenientes de los municipios de Parral, Casas Grandes, Janos, Riva Palacio, Temosachic, Bachiniva, Chihuahua y Buenaventura. Además, se incluyó la variedad comercial Niner. El diseño experimental utilizado fue bloques al azar, donde

los bloques se colocaron perpendicularmente a la intensidad de luz solar durante el día. La siembra se realizó en bazos de unicel de 16 onzas, en suelo del Campo Experimental La Campana (INIFAP) y a una profundidad de 8 mm. Se evaluaron dos de las secuencias humedad-sequía más comunes para el estado de Chihuahua, de acuerdo con la metodología propuesta por Esqueda *et al.* (2005). Los regímenes de humedad evaluados fueron bajo y medio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Secuencias de riego que se utilizadas en el experimento, tomadas de Esqueda *et al.* (2005).

Secuencia	Con	Sin	Días con riego	Volumen de riego										
Baja	1	2	1	2	1	1	1	1	2	4	2	3	8	101.6
Media	1	1	1	1	2	2	2	2	2	4	2	1	10	127.0

Con= número de días con riego, Sin= número de días sin riego. La lamina de riego utilizada en cada evento fue de 10 mm.

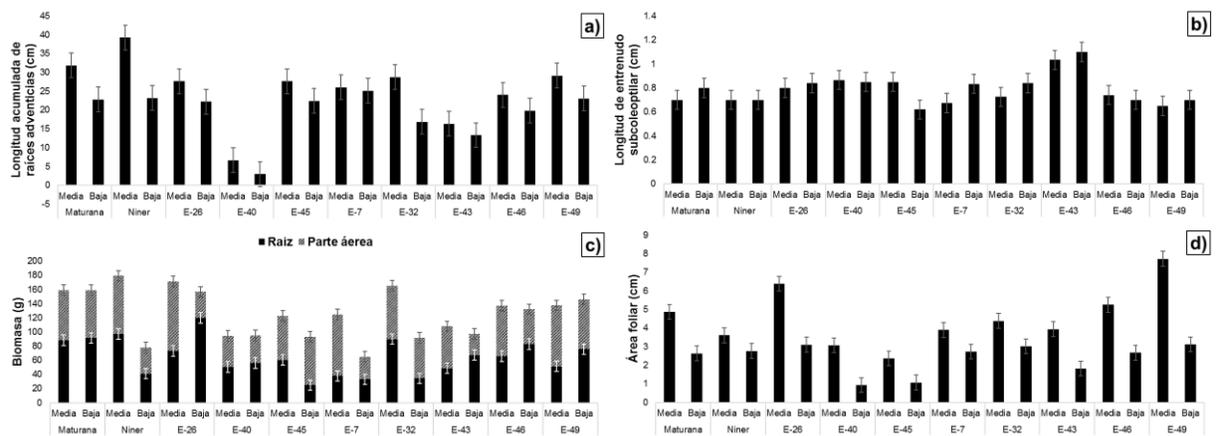
La evaluación se realizó a los 21 días después de la emergencia, en una muestra de cinco plantas por genotipo, para cada secuencia de humedad. Las variables evaluadas fueron longitud de raíz seminal, longitud de entrenudo subcoleoptilar, longitud acumulada de raíces adventicias, peso de raíces, peso de parte aérea, área foliar, densidad estomática y área estomática. La longitud de raíz seminal se midió desde la semilla hasta la punta de las raíces seminales y la longitud de entrenudo subcoleoptilar desde la semilla hasta el inicio del coleóptilo. La longitud acumulada de raíces adventicias es la sumatoria de la longitud de todas las raíces adventicias por planta. Para estimar el área foliar por plántula se tomaron fotografías digitales del total de las hojas de cada plántula y se analizó con ayuda del software ImageJ. Para estimar el peso de raíces y parte aérea, se separó la parte aérea de la raíz en la base del coleóptilo. Una vez separadas, fueron almacenadas en bolsas de papel y se secadas en una estufa a 65 °C durante 72 h. Una vez secas, las muestras se pesaron en una balanza analítica de la marca Viper BC, Mettler Toledo.

La densidad estomática y el área estomática se evaluaron en tres hojas por planta, mediante impresiones de la lámina foliar con pegamento líquido de cianoacrilato. Para ello, se colocó una gota de pegamento en un porta objetos y se colocó la parte media la hoja en ella, se dejó secar por 2 min y se retiró la hoja. Las impresiones tomadas fueron de aproximadamente 1 cm. Una vez tomadas, las impresiones se observaron en microscopio de contraste de fases con un aumento de 400 diámetros (400x), y se tomaron fotografías de cinco campos ópticos de 0,0945 mm<sup>2</sup> por muestra, seleccionados al azar. En cada campo óptico se contabilizó el número total de estomas y los valores obtenido se traspolaron a 1 mm<sup>2</sup>. El área estomática se calculó con la información de tres estomas por campo óptico, seleccionados al azar. Esta medición se realizó con ayuda del software Zen 2 core. En total se analizaron 75 campos ópticos y se midieron 225 estomas por genotipo, en cada secuencia de humedad sequía.

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias LSD (Fisher's Least Significant Difference; Diferencia Mínima Significativa). El modelo estadístico para el análisis de los datos correspondió a un arreglo de dos factores (genotipo y secuencia de humedad-sequía). Los análisis fueron realizados analizados mediante el procedimiento GLM del software Statistical Analysis System (SAS, 2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, se encontraron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el comportamiento de los genotipos en todas las variables evaluadas, con excepción de la longitud de raíz seminal, donde no se detectaron diferencias ( $p > 0.05$ ). El genotipo Niner presentó mayor ( $p < 0.05$ ) LARA. Sin embargo, este genotipo fue el único que se vio afectado ( $p < 0.05$ ) en la secuencia de humedad sequía baja y su LARA se redujo 40.9%, respecto a la secuencia media. El genotipo E-40 obtuvo menor LARA tanto en la secuencia baja como en la alta (Gráfica 1a). Respecto a la longitud del entrenudo subcoleoptilar, el genotipo E-43 fue el único que presentó diferencias ( $p < 0.05$ ) y fue el de mayor ( $p < 0.05$ ) LESC en ambas secuencias.



Gráfica 1. Longitud acumulada de raíces adventicias a), longitud de entre nudo subcoleoptilar b), producción de biomasa c) y área foliar de diez genotipos de pasto bandera (*Bouteloua curtipendula*) en dos secuencias de humedad-sequía (Esqueda *et al.*, 2005).

Los genotipos más afectados en la producción de biomasa fueron Niner, E-7 y E-32, ya que su biomasa se redujo 56%, 47% y 44% en la secuencia baja, respectivamente. Los genotipos E-26 y E-49 mostraron un incremento ( $p < 0.05$ ) en peso de raíces de 64.0% y 47.7% y una reducción en su biomasa área de 62.5% y 18%, respectivamente con respecto a la media. Además, estos genotipos presentaron una disminución de su área foliar de 51.3 y 59.5% en la secuencia baja, respectivamente. Sin embargo, su producción de biomasa total no se vio afectada ( $p > 0.05$ ) por el régimen de humedad bajo. Estos resultados sugieren que los genotipos E-26 y E-49 están más adaptados a la sequía. Esto debido a que genotipos de pastos de alta tolerancia al estrés hídrico se caracterizan por presentar un incremento en la cantidad de raíces y disminuir su área foliar bajo condiciones de poca humedad, como un mecanismo de adaptación (Monclus *et al.*, 2006; Mansoor *et al.*, 2015).

La densidad y área estomática presentaron una respuesta variable al estrés de humedad. En general, la mayoría de los genotipos presentaron un incremento ( $p < 0.05$ ) en la densidad estomática y una disminución ( $p < 0.05$ ) en área estomática en la secuencia de humedad baja, respecto a la media (Cuadro 2). Estos resultados sugieren que genotipos con un alto número de estomas y de tamaño pequeño están mejor adaptados a la sequía. Los genotipos E-26 y E-46 fueron de los que presentaron mayor densidad y menor área estomática. Además, en estos genotipos se incrementó la densidad estomática 15.9% y 8.5% en promedio del haz y envés, respectivamente. Así mismo,

el área estomática de estos genotipos disminuyó 16.5% y 17.7%, respectivamente. Por lo anterior, estos genotipos pudieran estar más adaptados a condiciones de estrés hídrico y pueden tener mayor capacidad de establecimiento.

Cuadro 2. Características estomáticas de diez genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en dos secuencias de humedad-sequía (Esqueda *et al.*, 2005).

Genotipo	Densidad Estomática				Área Estomática			
	Haz		Envés		Haz		Envés	
	Media	Baja	Media	Baja	Media	Baja	Media	Baja
Maturana	156.6 a	143.9 cd	171.4 b	154.4 cd*	249.8 ef	242.4 cd	281.0 d	294.2 bc
Niner	125.9 b	144.9 cd*	149.2 c	161.9 bc*	257.3 def	217.4 de*	286.2 d	278.9 cd*
E-7	152.3 a	141.7 cd	175.6 b	157.6 bc*	270.1 def	270.2 bc	336.3 bc	318.2 ab
E-26	146 a	176.7 a*	166.1 b	184.1 a*	241.3 f	198.6 e*	293.2 d	248.0 de*
E-32	149.2 a	139.6 d	169.3 b	146 cd*	275.7 cde	271.6 bc	311.8 cd	305.3 bc
E-40	154.4 a	170.3 ab*	205.2 a	175.6 ab*	309.1 bc	201.9 e*	306.3 cd	219.2 e*
E-43	152.3 a	160.8 abc	177.7 b	147 cd*	280.3 cd	269.1 bc	307.8 cd	301.5 bc
E-45	121.6 bc	151.3 bcd*	147 c	146 cd	323.9 b	285.6 ab*	357.7 ab	329.3 ab*
E-46	148.1 a	175.6 a*	198.9 a	195.7 a	261.2 def	213.5 de*	291.2 d	241.1 e*
E-49	111.1 c	139.6 d*	132.2 d	137.5 d	362.5 a	303.0 a*	378.4 a	343.5 a*

## CONCLUSIONES

El desarrollo de plántulas y las características estomáticas de los genotipos presentan una respuesta variable ante el estrés hídrico. Los genotipos más adaptados cambian la partición de su biomasa, incrementan su producción de raíces y un disminuyen en su biomasa área, bajo condiciones de poca humedad. Además, disminuyen su área foliar, incrementan su densidad estomática y disminuyen su área estomática. Los genotipos que presentaron este comportamiento fueron el E-26, E-46 y E-49, originarios de los municipios de Nuevo Casas Grandes, Chihuahua y Buenaventura, respectivamente.

## LITERATURA CITADA

- Esqueda, C. M. H., C. A. Melgoza, C. M. Sosa, R. R. Carillo y C. 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.
- Hyder, D. N., A. C. Everson and R. E. Bement. 1971. Seedling morphology and seeding failures with blue grama. *Journal of Range Management* 24:287-292.
- Mansoor, U., M. Naseer, M. Hameed, A. Riaz, M. Ashraf, A. Younis and F. Ahmad. 2015. Root morpho-anatomical adaptations for drought tolerance in *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan desert. *Phyton* 55:159-179.
- Monclus, R., E. Dreyer, M. Villar, F. M. Delmotte, D. Delay, J. M. Petit, D. Le Thiec, C. Bréchet, C. Barbaroux and F. Brignolas. 2006. Impact of drought on productivity and water use efficiency in 29 genotypes of *Populus deltoides* × *Populus nigra*. *New phytologist* 169:765-777.
- Xu, Z. and G. Zhou. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of experimental botany* 59:3317-3325.



## INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina, en especial la que se desarrolla en las zonas áridas y semiáridas de México enfrenta un conjunto de problemáticas que impactan de manera directa la producción animal (Cavallotti, 2014). Actualmente, el mayor problema es la baja producción de forraje, a causa de la sequía y el sobrepastoreo (Pinales, 2008). De igual forma se declara que la producción pecuaria contribuye ampliamente a las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, puesto que se estima que la ganadería aporta hasta el 60% del metano (CH<sub>4</sub>) y es responsable del 15% del calentamiento global (Ogino *et al.*, 2007).

Para hacer frente a la crisis que enfrenta la ganadería bovina es necesario adoptar estrategias que permitan garantizar la producción animal y al mismo tiempo reducir la producción de CH<sub>4</sub> (Martin *et al.*, 2010). Es por esto, que se plantea el uso de estrategias no convencionales en la nutrición de rumiantes, y con ello la utilización de plantas o de alguno de sus componentes. En las zonas donde la disponibilidad de forrajes es limitada es conveniente utilizar forrajes aptos a explotarse durante todo el año (Murillo *et al.*, 2012).

El presente trabajo propone el uso de leucaena (*Leucaena leucocephala*), una leguminosa nativa de México, adaptada a la defoliación y al rebrote durante la época de seca (Quero *et al.*, 2014) y que demuestra tener un amplio potencial para mejorar la productividad del ganado. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros de la cinética de producción de gas y metano *in vitro* de dietas al incluir leucaena como parte de la fracción forrajera de dietas de bovinos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El presente trabajo se realizó en el laboratorio de nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Se colectaron plantas de leucaena en octubre de 2017 en el área agrícola de la FMVZ-UJED. Las plantas recolectadas tenían una longitud de 1 m, y se les retiró las hojas manualmente. Las hojas se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C durante 48 horas y se molieron en un molino de cuchillas (Thomas-Wiley Miller Lab, Model 4) con malla de 1 mm. La composición química de los forrajes utilizados en la formulación de los tratamientos se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis químico de los forrajes (alfalfa y leucaena).

Nutrientes (%)	Alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> )	Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> )
Materia seca	89.9	91.4
Cenizas	10	8.5
Proteína cruda	21.4	13.8
Extracto etéreo	1.9	2.1
FDN	54.8	48.6
FDA	25.7	17.3
Celulosa	21.6	11.8
Hemicelulosa	29.0	31.2
Lignina	4.1	5.5

FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente acida.

### Tratamientos experimentales y análisis químicos

Se evaluaron dos tratamientos experimentales cuya composición y análisis nutricional se muestra en el Cuadro 2. Los ingredientes de las dietas se mezclaron y se tomaron muestras por el método de cuarteo, cada tratamiento se evaluó por triplicado y se determinó el contenido de materia seca (MS), cenizas (C), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y materia orgánica (MO) por métodos

descritos por la AOAC (1995). Además, los contenidos de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina se determinaron con la metodología propuesta por Goering y Van Soest (1970). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y la materia orgánica (DIVMO) se analizó por la técnica propuesta por ANKOM® (2008). El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se determinó de acuerdo con el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu (Heimler *et al.*, 2005). La cantidad de taninos condensados se determinó siguiendo el procedimiento reportado por Porter *et al.* (1986).

Cuadro 2. Composición y análisis químico proximal de los tratamientos experimentales.

Ingredientes (%)	Tratamientos	
	T1	T2
Heno de Alfalfa	50	20
Leucaena	0	30
Maíz Molido	30	30
Harinolina	19	19
Minerales	1	1
Nutrientes (%)	T1	T2
Materia seca	89.4	89.9
Cenizas	9.7	8.6
Proteína cruda	20.5	18.1
Extracto etéreo	1.6	2.0
FDN	53.3	52.8
FDA	23.8	23.4
Hemicelulosa	29.5	29.4
Celulosa	16.3	14.5
Lignina	7.4	8.8
DIVMS	51.3	45.8
DIVMO	53.7	47.6
CFT (mgEAG/gMS)	141.6	771.7
TC (mg/gMS)	15.5	204.8

FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DIVMO: Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica; CFT= Compuestos fenólicos totales; TC= Taninos condensados.

### Producción de gas *in vitro*

El inóculo ruminal se obtuvo de dos novillos Brangus fistulados del rumen. Para determinar la producción de gas *in vitro* de cada dieta, se utilizó el sistema semi- automatizado (ANKOM, 2008) y el procedimiento propuesto por Theodorou *et al.* (1994). Los cambios en la presión se registraron con un transductor de presión conectado a un lector digital a distintos tiempos de lectura (0-96 horas de fermentación). Para la estimación de los parámetros de la cinética de producción de gas *in vitro* se utilizó el modelo de Gompertz (Schofield *et al.*, 2000):

$$PG = A * \exp[-Lag * \exp(-kd * t)]$$

Dónde: PG= Producción acumulativa de gas al tiempo t (ml/g MS); A= Máxima producción de gas (ml/ g MS); kd= Tasa constante de producción de gas (%/h); Lag= Fase de latencia (h). La producción de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> se midió a las 24 h de incubación, la composición de la fracción gaseosa se determinó con un analizador de gas portátil LANDTEC modelo GEM<sup>TM</sup>5000.

### Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar y se utilizó el procedimiento GLM de SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey y se declaró un nivel de significancia con una P<0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros de la cinética de producción de gas, metano y dióxido de carbono se muestran en el Cuadro 3. La máxima producción de gas (A) no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P>0.05$ ). La producción de gas es una medida indirecta de la degradación de los sustratos, particularmente de los carbohidratos (Liu *et al.* 2002). Blümmel *et al.* (2005) refirieron que algunos sustratos con alto volumen de producción de gas tienen alto contenido proteico y carbohidratos fermentables, lo cual explica lo ocurrido con los tratamientos evaluados. La fase de retraso (Lag) y la tasa de producción de gas (Kd) fueron similares entre tratamientos ( $P>0.05$ ).

Cuadro 3. Parámetros de la cinética de producción de gas de fermentaciones ruminales *in vitro*.

	Tratamientos		EEM
	T1	T2	
A (ml/g MS)	155.4 ± 1.78	162.9 ± 9.06	6.53
Lag (h)	2.0 ± 0.15	1.6 ± 0.14	0.15
Kd (%/h)	0.1 ± 0.02	0.1 ± 0.01	0.01
PG <sub>24h</sub> (ml/gMS)	123.7 ± 6.30	111.2 ± 0.22	4.47
CH <sub>4</sub> (ml/gMS)	15.0 ± 0.65 <sup>a</sup>	11.1 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.46
CO <sub>2</sub> (ml/gMS)	102.8 ± 3.85 <sup>a</sup>	90.5 ± 0.39 <sup>b</sup>	2.73
CO <sub>2</sub> :CH <sub>4</sub>	6.8 ± 0.04 <sup>b</sup>	8.1 ± 0.09 <sup>a</sup>	0.07

<sup>ab</sup>Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ( $P<0.05$ ). EEM: Error Estándar de la diferencia entre medias; A= máxima producción de gas (ml/g MS); kd= Tasa constante de producción de gas (%/h); Lag= Fase de latencia (h); PG<sub>24h</sub>= Producción de gas a las 24h de fermentación *in vitro*.

La producción de gas a las 24 horas fue similar entre tratamientos ( $P>0.05$ ). No obstante, el volumen de CH<sub>4</sub> producido mostró diferencias ( $P<0.05$ ). El mayor volumen de metano se obtuvo en la dieta con alfalfa, al utilizar leucaena la producción de metano se redujo en un 26%. La reducción en la cantidad de metano en T2 se le puede atribuir a la presencia de metabolitos secundarios como son los CFT y TC presentes. Estos resultados coinciden con los presentados por Tavendale *et al.* (2005), quienes afirman que altos contenidos de TC tienden a formar complejos con proteínas, evitando que sean degradadas por los microorganismos. Además, Tiemann *et al.* (2008) reportan que la producción de metano se reduce cuando la digestibilidad de la fibra es baja. Esto último se observa en T2, que presenta una digestibilidad menor. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Tavendale *et al.* (2005) y O'Kiely *et al.* (2011), quienes afirman que los metabolitos secundarios, como los CFT, son moléculas solubles, pero no fermentables, por lo que están negativamente relacionados con la producción de CH<sub>4</sub>.

La producción de CO<sub>2</sub> y la relación CO<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub> presentan diferencias entre tratamientos ( $P<0.05$ ). La mayor cantidad de CO<sub>2</sub> se produce en T1 en comparación con T2. Estos resultados sugieren, que el CO<sub>2</sub> es usado para la producción de metano. Por el contrario, la mayor relación CO<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub> se obtuvo cuando se incluye leucaena (T2) en la dieta. Valores más altos en la relación CO<sub>2</sub>:CH<sub>4</sub> indican que un mayor número de moléculas de CO<sub>2</sub> son consumidas para producir una molécula de metano. Murillo *et al.* (2018) proponen un mecanismo a través del cual se inhibe la producción de metano, en el cual el CO<sub>2</sub> es utilizado como sustrato para la metanogénesis, pero es inhibida en algún punto del proceso y el metano no es liberado.

## CONCLUSIONES

Los resultados indican que la adición de leucaena en condiciones *in vitro*, es una alternativa sostenible para incorporarla como parte de la fracción forrajera en dietas de bovinos. Sin embargo, el efecto más destacable se le atribuye a su contenido de taninos condensados que favorecieron la reducción de las emisiones de CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> *in vitro*. No obstante, es recomendable continuar con las evaluaciones de leucaena como parte de las dietas de rumiantes en modelos *in vivo*.

## LITERATURA CITADA

- ANKOM. Technology. 2008. Procedures for Fiber and *in vitro* Analysis.
- AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1930.
- Blümmel M., Cone J. W., Van Gelder A. H., Nshalai I., Umanna N., Makkar H. P. S., Becker K. 2005. Prediction of forage intake using *in vitro* gas production methods: Comparison of multiphase fermentation kinetics measured in an automated gas test, and combined gas volume and substrate degradability measurements in a manual syringe system. *Animal Feed Science and Technology*. 123:517.
- Cavallotti B. 2014. Ganadería bovina de carne y leche. Problemática y alternativas. *El Cotidiano*, 188: 95-101.
- Goering H. K., Van Soest P. J. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). USDA-ARS Agricultural Handbook 379. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- Heimler D., Vignolini P., Dini M., Romani A. 2005. Rapid Tests to Assess the Antioxidant Activity of *Phaseolus vulgaris* L. Dry Beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (8), 3053-3056
- Liu J. X., Susenbeth A., Südekum K. H. 2002. *In vitro* gas production measurements to evaluate interactions between untreated and chemically treated rice straws, grass hay, and mulberry leaves. *J. of Animal Science*. 80:517
- Martin C., Morgavi D.P., Doreau M. 2010. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. *Animal*, 4(3), 351–365.
- Murillo M., Herrera E., Carrete F., Ruiz B., Serrato S. 2012. Chemical composition, *in vitro* gas production. Ruminal fermentation and degradation patterns of diets by grazing in native range of north Mexico. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 25: 1395-1403.
- Murillo-Ortiz M., Carrillo-Herrera J., Pámanes-Carrasco G., Muro-Reyes A., Herrera-Torres E. 2018. Patterns of ruminal fermentation in response to addition of glucogenic precursor to the diet of feedlot steers. *Agroproductividad*.11(9), 155-159.
- O’Kiely P., Navarro-Villa A., O’Brien M., López S., Boland T. M. 2011. *In vitro* rumen methane output of red clover and perennial ryegrass assayed using the gas production technique (GPT). *Animal Feed Science and Technology*, 168:152-164.
- Ogino A., Orito H., Shimada K., Hirooka H. 2007. Evaluating environmental impacts of the Japanese beef cow–calf system by the life cycle assessment method. *Animal Science Journal* 78, 424–432.
- Pinales J. 2008. Tres arbustivas forrajeras en el norte-centro de Nuevo León. INIFAP: Centro de investigación regional del noreste campo experimental General Terán. Desplegable Técnico Núm. 1
- Porter L. J., Hrstich L. N., Chan B. G. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry* 25,223-230.
- Quero-Carrillo A. R., Miranda-Jiménez L., Hernández-Guzmán F. J. 2014. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, bases para su utilización en la alimentación de rumiantes. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 32.
- Schofield P. 2000. Gas Production Methods. *Farm Animal Metabolism and Nutrition*. Wallingford, U. K. CAB International. 450 p.
- Tavendale M. H., Meagher L. P., Pacheco D., Walker N, Attwood G. T., Sivakumaran S. 2005. Methane production from *in vitro* rumen incubations with *Lotus pedunculatus* and *Medicago sativa*, and effects of extractable condensed tannin fractions on methanogenesis. *Animal Feed Science and Technology*, 123:403-419.
- Theodorou M. K., Williams B. A, Dhanoa M. S., McAllan A. B., France J. 1994. A simple gas production method a presupposed transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48: 185-197.
- Tiemann T. T., Lascano C. E., Wettstein H. R., Mayer A. C., Kreuzer M., Hess H. D. 2008. Effect of the tropical tannin-rich shrub legumes *Calliandra calothyrsus* and *Flemingia macrophylla* on methane emission and nitrogen and energy balance in growing lambs. *Animal* 2:790-799.

# EFFECTO DEL RODILLO REHABILITADOR DE PASTIZALES MODIFICADO SOBRE LA DIVERSIDAD EN UN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO.

<sup>1</sup>Eduardo de Jesús Ruiz - Fernández\*, <sup>2</sup>Fabiola Lydie Rochín - Berumen y <sup>3</sup>Daniel Rodríguez - Tenorio.

<sup>1,2,3</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas. El Cordovel, Enrique Estrada, Zacatecas, México. CP. 98500;

\* [eduardoruizf@outlook.es](mailto:eduardoruizf@outlook.es)

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo con el objetivo evaluar el impacto ecológico de una práctica con aplicación de rodillo rehabilitador de pastizales modificado sobre un matorral desértico micrófilo en el Municipio de Villa de Cos, Zacatecas, México para obtener información relevante acerca del estado actual que guardan dichas comunidades así como del impacto generado por el manejo mencionado a diez años de su aplicación para lo cual se evaluó la Diversidad de Especies, observándose que en la comunidad restaurada, se estimuló un mayor índice que el testigo ( $P < .05$ ), de igual manera en ambos tipos de suelo. Y, de manera específica, *Parthenium incanum* presenta los valores más altos, seguida de *Acacia constricta* (53.30) y *L. berlandieri* (50.32) ( $P < .05$ ) como las de mayor peso ecológico. Y, en suelo profundo, se tiene que *P. incanum* (77.62), es la que presenta mayor peso ecológico en el ecosistema, seguida por *J. dioica* (59.26), como las especies más sobresalientes. Finalmente, los resultados obtenidos reflejan que las prácticas de restauración juzgadas no generaron un impacto negativo sobre las comunidades tratadas, ya que las especies presentes en las áreas tratadas presentan valores similares a sus parcelas testigo.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the ecological impact of a practice with application of modified grassland rehabilitation roller on a microphyll desert scrubland in the Municipality of Villa de Cos, Zacatecas, Mexico to obtain relevant information about the current state that they keep these communities as well as the impact generated by the mentioned management ten years after their application for which the Diversity of Species was evaluated, observing that in the restored community, a higher index was stimulated than the control ( $P < .05$ ), in the same way in both types of soil. And, specifically, *Parthenium incanum* has the highest values, followed by *Acacia constricta* (53.30) and *Lycium berlandieri* (50.32) ( $P < .05$ ) as the ones with the highest ecological weight. And, in deep soil, you have what *P. incanum* (77.62), is the one that presents the greatest ecological weight in the ecosystem, followed by *J. dioica* (59.26), as the most outstanding species. Finally, the results obtained reflect that the restoration practices judged did not generate a negative impact on the treated communities, since the species present in the treated areas have similar values to their control plots.

## INTRODUCCIÓN

La expansión de la población humana ha perturbado los ambientes nativos, poniendo en riesgo la diversidad biológica debido a las crecientes áreas disturbadas, trayendo consigo presión sobre los recursos naturales (Gutiérrez, 2008). Así, la conservación de la diversidad biológica es una de las metas de manejo de ecosistemas ecológicamente sostenible, para ello los índices e indicadores ecológicos para cada caso específico nos permiten conocer el estado actual de los ecosistemas (Roundy *et al.*, 1998). En México y EUA, los pastizales ubicado en el Desierto Chihuahuense han experimentado un gran deterioro desde mediados del Siglo XIX, debido principalmente a las deficientes prácticas ganaderas, al cambio climático, el fuego, la fragmentación de hábitat y cambio de uso de suelo (Berlanga, 2009; Aguirre *et al.*, 2012). En relación con las últimas décadas, se tiene

qué en los ochentas, el ser humano intensifica los efectos negativos sobre los ecosistemas naturales del planeta, lo cual incrementa la necesidad de llevar a cabo acciones de restauración de manera urgente (Briske, 2000), para la recuperación de sitios degradados (Hobbs and Norton, 1996). Aunado a ello, las arbustivas eran consideradas como plantas competidoras para los programas de reforestación y resiembras, cuando en realidad éstas constituyen especies facilitadoras para el establecimiento de resiembras en ambientes adversos (Castro *et. al.* 2004).

### **OBJETIVO GENERAL**

Caracterización estructural de la comunidad vegetal de un área a 10 años de haber sido restaurada, mediante la determinación de índices de diversidad de especies.

#### **Objetivos Específicos.**

- 1.- Estimación de la Diversidad de Especies vegetales de un área de matorral desértico micrófilo restaurado con “rodillo rehabilitador de pastizales modificado” a 10 años de su aplicación.
- 2.- Determinación del Valor de importancia de las especies representativas de la comunidad de interés a 10 años de haber sido restaurada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo se desarrolló en el Rancho Experimental “El Halcón Peregrino” ubicado en la zona Noreste del estado de Zacatecas (México), en el municipio de Villa de Cos, el cual se encuentra en las coordenadas geográficas en los 23° 27’ 36” L N y 102° 10’ 14” L O, y presenta una altitud de 1975 msnm (Google Earth, 2011), perteneciendo a la provincia biótica del Desierto Chihuahuense (Dice 1945). El ecosistema presenta sobre pastoreo con alta presencia de especies arbustivas, la cual se clasifica como “Matorral Desértico Micrófilo” (COTECOCA, 1982). De acuerdo a la clasificación de Koeppen (1962), el clima de la región se define como tipo BW en el cual la temperatura media anual de 17.5°C, la precipitación anual promedio asciende en base a la lectura de la década de 2000 al 2010 a 357.8 mm en promedio. A su vez la evaporación con un valor acumulado a lo largo del año es de 1940.4 mm (CNA, 2000).

#### **Metodología.**

1.- Aplicación del rodillo rehabilitador modificado: Se utilizó un rodillo rehabilitador, el cual fue modificado por el autor de la presente investigación a partir del diseño comercial original, ya que éste requiere de una tracción de un tractor de más de 100 HP, y presenta un peso de 3 ton. y se encuentra diseñado para suelos profundos y matorrales con diámetros de tallo de hasta 4”, el cual presenta navajas de 8” de amplitud (Berlanga 2010), las cuales a su paso por el suelo generan un impacto sobre la rizósfera, originando denitrificación, así como la exposición del suelo a erosión hídrica, afectando fuertemente a las arbustivas y arbóreas las cuales representan un recurso importante para la fauna silvestre, regulación de la temperatura ambiental y como fuente forrajera para la ganadería. Para la metodología de la investigación se aplicó el parámetro del Grupo Estructural de los 4 árboles (Füldner y Gadow, 1994). Partiendo del árbol-muestra determinando así la distancia de los tres arboles más cercanos estimándose así las variables de interés (Alanís, 2004; Pérez, 2004). La determinación del tamaño de muestra se elaboró una curva especie-área para el sitio de estudio siguiendo el criterio de Mueller y Ellenberg (1974) citado por Rodríguez (1994).

## Muestreo en comunidad tratada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.

Número de transectos por tratamiento: 4.

Características de transectos:

Número de subparcelas: 14 por transecto observado.

Dimensión de parcelas de muestreo : 7.07 x 7.07 m (50m<sup>2</sup>).

Gradiente ambiental: Profundidad de suelo.

Profundidades de suelo: a) 0-20 cm y b) >20 cm.

Total de parcelas de estudio para el censo poblacional : 56.

Total de sitios de observación para el análisis del grupo estructural: 96.

Distancia entre transectos: 50 m.

Diseño estadístico: Se aplicó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diversidad de Especies:

Cuadro 1: Diversidad de especies en el matorral restaurado con rodillo rehabilitador de pastizales modificado en los diferentes tipos de suelo y sus testigos.

No.	Especie	Área tratada	Testigo	Área tratada	Testigo
		Suelo somero	Suelo somero	Suelo profundo	Suelo profundo
1	<i>L. tridentata</i>	-0.213	-0.296	-0.117	-0.232
2	<i>F. cernua</i>	-0.123	-0.321	-0.170	-0.263
3	<i>P. incanum</i>	-0.358	-0.366	-0.367	-0.295
4	<i>A. constricta</i>	-0.184	-0.239	-0.172	-0.144
5	<i>S. ballotaeflora</i>	-0.169	-0.245	-0.117	-0.167
6	<i>L. berlandieri</i>	-0.238	-0.071	-0.111	-0.133
7	<i>J. dioica</i>	-0.368	-0.002	-0.362	-0.001
		<b>-1.653</b>	<b>-1.540</b>	<b>-1.417</b>	<b>-1.235</b>

### Diversidad de especies (DE):

Con los resultados del Índice de Shannon para ambas comunidades en suelo somero (tabla 1), encontramos que la DE es más alta en el ecosistema restaurado (-1.653) a comparación del ecosistema de referencia (-1.540). resultando *J. dioica* (-0.368), seguida por *P. incanum* (-0.358). En relación con el testigo sobresalió *P. incanum* (-0.366), seguida de *F. cernua* (-0.321). Para el caso de las comunidades con suelo profundo (tabla 1), la DE es más alta para las el ecosistema restaurado (-1.417), a comparación del testigo (-1.235) sobresaliendo *P. incanum* (-0.367). seguida por *J. dioica* (-0.362). A su vez, en el testigo se observó a *P. incanum* con el valor más alto (-0.295), seguida de *F. cernua* (-0.263).

### Valor de importancia de las especies (IVI):

Se observó que *P. incanum* sobresalió con 58.47, seguida de *A. constricta* con 53.30 y *L. berlandieri* (50.32) como las de mayor peso ecológico en suelo somero restaurado. Para el caso del testigo, *P. incanum* (72.21), fue seguida por *F. cernua* (72.02). En relación con las especies en suelo profundo (figura 2), *P. incanum* (77.62), sobresalió seguida por *J. dioica* (59.26). Para el ecosistema de referencia, *P. incanum* (105.72) y *F. cernua* (64.63) presentaron el mayor peso

ecológico. A su vez, los resultados obtenidos contrastan con Jiménez *et al.* (2009), quienes analizaron el efecto del uso del suelo en el matorral espinoso tamaulipeco para determinar diversidad y concluyeron que el análisis estructural comparativo mostró evidencias significativas que indican que el cambio de uso del suelo. Por su parte, Flores (2013) evaluó el efecto del rodillo aereador tipo tándem en cinco sitios en un matorral de Peñón Blanco, Durango (agostaderos) en julio de 2013, determinando que el uso del rodillo rehabilitador mejoró la diversidad y la cobertura vegetal, en relación con la cobertura vegetal, a su vez, Andrade *et. al.*, encontró una mayor cobertura vegetal (47%) y por ende mayor producción de forraje 3.15 t ha<sup>-1</sup> que el testigo (1.65 t ha<sup>-1</sup>).

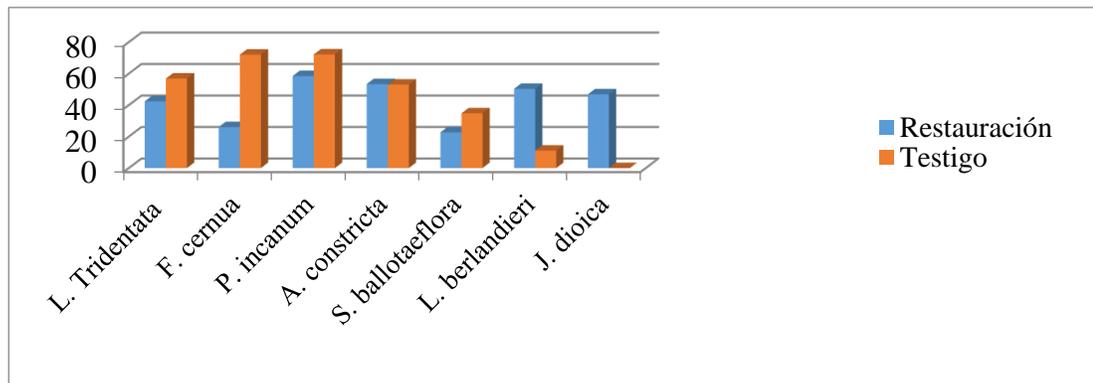


Figura 1: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo somero y su testigo.

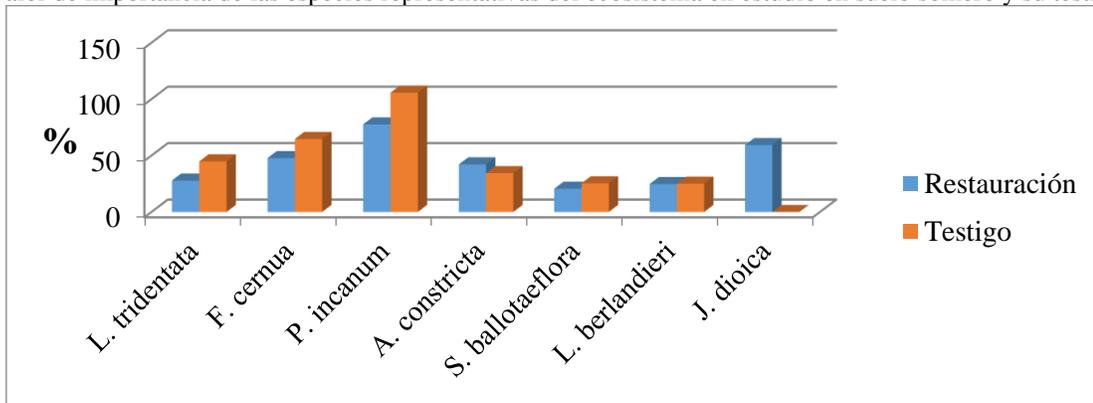


Figura 2: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo profundo y su testigo.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Se caracterizó diversidad de las especies a 10 años de su restauración.
- 2.- Para la comparación entre comunidades, el rodillo rehabilitador mostró valores superiores al área testigo como una respuesta al efecto del disturbio superficial del suelo.
- 3.- En base a los resultados obtenidos, queda de manifiesto que no existen riesgos potenciales a través de la aplicación de dicho manejo sobre la diversidad del ecosistema en estudio para trabajos futuros en comunidades con características afines.
- 4.- La implementación del rodillo rehabilitador de pastizales modificado representa una alternativa viable para el incremento de la cobertura vegetal ya que disminuye el grado de competencia

interespecífica en el ecosistema sin poner en peligro el equilibrio de las especies, evitando así los efectos degradantes causados en ocasiones por el rodillo rehabilitador comercial.

#### LITERATURA CITADA

- Andrade, L. E., Espinosa, R. M., Garza, C. R. y Verdoljak J. J. 2009. Rehabilitación de praderas con el uso del rodillo aereador. VI Simposio Internacional de Pastizales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Argentina.
- Berlanga, R. C. A. 2009. Mejoramiento de agostaderos mediante el uso de rodillo rehabilitador en la región norte de Coahuila. INIFAP región noreste. Río Bravo, Tamaulipas, México.
- Briske, D. D.; Fuhlendorf, S. D. and Smeins, F. E. 2005. State-and-Transition Models, Thresholds, and Rangeland Health: A Synthesis of Ecological Concepts and Perspectives. *Rangeland Ecology & Management*: January 2005, Vol. 58, No. 1, pp. 1-10.
- Castro, J., Zamora, R., Hódar, J. A., Gómez, J. M. and Gómez-Aparicio, L. (2004). Benefits of Using Shrubs as Nurse Plants for Reforestation in Mediterranean Mountains: A 4-Year Study. *Restoration Ecology*, 12: 352–358. doi: 10.1111/j.1061-2971.2004.0316.x.
- De Groot, R. 1994. Functions of nature evaluation of nature in environmental planning, Management and decision making. *Restoration Ecology*. Vol. 7, No. 1. pp. 42-50.
- Flores-Gallardo, H. 2013. Efectos del uso del rodillo aereador para la recuperación del pastizal en matorral en Durango. INIFAP, Valle del Guadiana, Durango, México.
- Jiménez, J., Alanís, E., González, M.A., Aguirre, O.A., Treviño, E.J. 2013. Characterizing woody species regeneration in areas with different land history tenure in the tamaulipan thornscrub, Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 58(3): 299–304.

# ECUACIÓN DE PREDICCIÓN PARA ESTIMAR LA DIGESTIBILIDAD DE LA DIETA DE BOVINOS EN BAJA CALIFORNIA SUR

## PREDICTION EQUATION TO ESTIMATE THE DIGESTIBILITY OF THE BOVINE DIET IN BAJA CALIFORNIA SUR

Raúl Avalos Castro<sup>1</sup>, Noé Medina Córdova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sitio Experimental Valle de Santo Domingo-CIRNO-INIFAP; <sup>2</sup>Campo Experimental Todos Santos-CIRNO-INIFAP.

[avalos.raul@inifap.gob.mx](mailto:avalos.raul@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue generar ecuaciones de predicción para estimar la digestibilidad de la dieta de bovinos, específicas para Baja California Sur. Para este fin, fueron utilizados 48 datos de FDN, FDA, PC y digestibilidad *in vitro* de la materia seca de la dieta de bovinos en libre pastoreo y se correlacionaron entre sí, a las variables con mayor correlación se les calculó la regresión lineal simple y múltiple. El resultado de este análisis generó tres ecuaciones de predicción, las dos primeras con una correlación alta (0.92) y un  $R^2$  de 0.84 ( $P < 0.001$ ), la primera (E1) utiliza como variable predictora la FDA ( $DMS = -2.064 * FDA + 153.31$ ), la segunda (E2) utiliza la PC ( $DMS = 2.4411 * PC + 30.893$ ), y la tercera; ecuación de regresión múltiple que utiliza ambas fracciones, mejoró significativamente la correlación (0.97) y la  $R^2$  (0.93 y  $P < 0.001$ ) quedando como  $DMS (E3) = 95.6512 - 1.14(FDA) + 1.369 (PC)$ . Se concluye que, para estimar la digestibilidad de la dieta de bovinos, las fracciones de FDA y PC pueden ser usadas como un criterio confiable en el Estado.

**Palabras clave:** forrajes, nutrición, dieta de rumiantes.

### ABSTRACT

The aim of this work was to generate prediction equations to estimate the digestibility of bovine diet in free grazing, specific for Baja California Sur. For this purpose, 48 data from FND, FAD, PC and *in vitro* digestibility of the dry matter of the bovine diet in free grazing were used and correlated with each other, the variables with the highest correlation were calculated with simple linear regression and multiple. The result of this analysis generated three prediction equations, the first two with a high correlation (0.92) and an  $R^2$  of 0.84 ( $P < 0.001$ ), the first (E1) used as the predictor variable the FAD ( $DMD = -2.064 * FAD + 153.31$ ); the second (E2) used the PC ( $DMD = 2.4411 * PC + 30.893$ ), and the third multiple regression equation that uses both fractions, significantly improved the correlation (0.97) and the  $R^2$  (0.93 y  $P < 0.001$ ) remaining as  $DMD (E3) = 95.6512 - 1.14 (FAD) + 1.369 (PC)$ . In conclusion, to estimate the digestibility of the bovine diets, FDA and PC fractions could be used as a reliable criterion in the state.

**Palabras clave:** forage, nutrition, nutrition of ruminants.

### INTRODUCCIÓN

El análisis químico no es suficiente para conocer el valor nutritivo de los alimentos, por lo tanto, también es importante considerar los procesos asociados con su digestión, absorción y metabolismo (Posada *et al.*, 2012). Para ello las pruebas de digestibilidad permiten estimar la proporción de nutrientes presentes en una dieta que pueden ser absorbidos en el aparato digestivo del animal y,

por tanto, no se eliminan con las heces (Pond *et al.*, 2002). Para su determinación, se han utilizado diversos métodos, que por lo general son laboriosos, costosos, demandan tiempo e infraestructura (Lachman y Febres, 2012). Los métodos de digestibilidad *in vitro* representan una alternativa de trabajo por su rapidez y relativa sencillez, siempre y cuando se simulen adecuadamente los procesos de digestión (Posada *et al.*, 2012). Adicionalmente, el uso de ecuaciones empíricas es una de las formas más comunes para estimar la digestibilidad de un forraje, toda vez que la determinación de la composición química del mismo es más rápido y menos costoso que la determinación de la digestibilidad por métodos *in vitro* o *in situ* (Flores *et al.*, 2003) Las ecuaciones se derivan de regresiones establecidas entre la digestibilidad y la concentración de una determinada fracción química, usualmente de fibra detergente neutra (FDN), ácida (FDA), celulosa, lignina o proteína (PC). En general, la fibra está correlacionada negativamente con la digestibilidad, mientras que el contenido en PC muestra una correlación positiva (Minson, 1982; Fonnesbeck *et al.*, 1984). Aunque se ha observado que una correlación alta no necesariamente indica una relación directa entre variables (Weiss, 1994). Adicionalmente y debido a que las ecuaciones representan relaciones estadísticas, son dependientes de la zona donde fueron tomadas (Flores *et al.*; 2003), siendo entonces las condiciones del medio y el clima, factores que afectan tanto a la composición química y digestibilidad del forraje como a las relaciones entre dichas variables, por lo que ecuaciones generadas para un tipo de forraje en una región específica serán más exactas y precisas en las poblaciones de dicha zona, que ecuaciones generadas en otras condiciones geográficas. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue generar ecuaciones de predicción para estimar digestibilidad de la dieta de bovinos en libre pastoreo, específicas para Baja California Sur (B.C.S.).

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con la información recabada de 48 muestras de la dieta obtenida por bovinos criollos en libre pastoreo, pertenecientes al Campo Experimental Todos Santos del INIFAP en B.C.S. En la Figura 1 se muestra el porcentaje de especies forrajeras seleccionadas en la dieta por cada estación del año. La calidad de la dieta, para las fracciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácida (FDA), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), se muestra en el Cuadro 1. Las determinaciones de PC y el contenido de FDN y FDA se realizaron siguiendo las normas de AOAC (1990) y Van Soest *et al.* (1966), respectivamente.

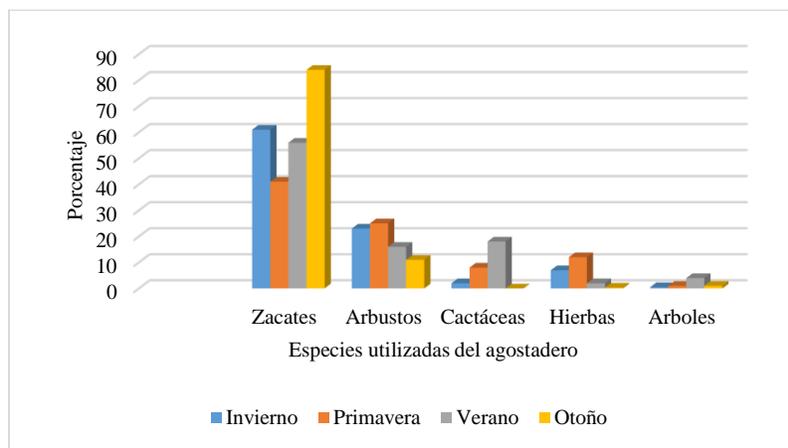


Figura1. Porcentaje de especies forrajeras utilizadas por los bovinos en libre pastoreo, por estación del año.

La DIVMS, fue determinada utilizando la primera etapa de la técnica de Tilley y Terry (Tilley y Terry, 1963). Muestras de 0.5 g de la dieta de bovinos en pastoreo se colocaron en tubos de ensayo

de plástico de 100 ml y se incubaron a 39 ° C con 10 ml de líquido ruminal de bovino y 40 ml de saliva artificial McDougal (McDougal, 1948). Después de 48 h, se retiraron los tubos del baño, se enjuagaron a mano hasta que eran incoloros, se secaron a 60 ° C en un horno de aire forzado durante 48 h y se pesó el material residual.

Cuadro 1. Composición química y digestibilidad de la dieta seleccionada por bovinos en libre pastoreo en B.C.S.

	PC (%) (n=48)	FDN (%) (n=48)	FDA (%) (n=48)	DIVMS (%) (n=32)
Invierno	10.53 ± 0.3	62.48 ± 1.2	42.93 ± 0.5	61.16 ± 0.7
Primavera	8.02 ± 0.4	68.84 ± 0.7	49.84 ± 0.6	50.34 ± 0.6
Verano	6.07 ± 0.02	65.24 ± 1.4	53.29 ± 0.7	42.14 ± 1.7
Otoño	17.54 ± 0.02	57.43 ± 0.7	41.41 ± 0.6	72.40 ± 1.4

Para el análisis estadístico, fueron estimadas las correlaciones múltiples entre pares de variables de los componentes de calidad, se estimó el coeficiente de correlación de Pearson mediante PROC CORR del paquete estadístico SAS y se eligieron aquellas que presentaron probabilidad mayor al 95 %. Posteriormente, se calculó la regresión lineal simple y múltiple de la DIVMS, con los componentes de calidad que presentaron mayor correlación, mediante el procedimiento REG del SAS. Para observar posibles diferencias entre ecuaciones de predicción generadas en el estudio, con la ecuación propuesta por Moore y Undersander (2002) se hizo una comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ) con el paquete estadístico SAS (2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los coeficientes de correlación entre las fracciones de FDA, FDN, PC y DIVMS se muestran en el Cuadro 1, se puede observar que las comparaciones entre las variables bromatológicas FDA y PC con la DIVMS muestran una correlación alta (0.92) y significativa ( $P < 0.001$ ); positiva con PC y negativa con la FDA (Figura 2), característica observada por otros autores (Minson, 1982; Fonnesbeck *et al.*, 1984), con  $R^2$  de 0.84 para ambas variables, por lo que cualquiera de ellas se pudiera utilizar para predecir la digestibilidad. Sin embargo, y con el fin de mejorar la confiabilidad del modelo de predicción, se incluyeron ambas variables (FDA y PC) en una ecuación de regresión múltiple, la cual mejoró significativamente la correlación (0.97) y la  $R^2$  (0.93) que muestran la mayor fortaleza entre variables (Cuadro 3).

Cuadro 2. Correlación entre variables de composición química y digestibilidad de la dieta seleccionada por bovinos en libre pastoreo en B.C.S.

	FDN	FDA	PC	DIVMS
FDN	1	0.67 0.0001	- 0.73 0.0001	- 0.74 0.0001
FDA		1	- 0.81 0.0001	- 0.92 0.0001
PC			1	0.92 0.0001
DIVMS				1

La concentración de FDA en la materia seca es el parámetro más frecuentemente utilizado para predecir digestibilidad *in vivo*, en parte debido a la facilidad y bajo coste de la determinación analítica (Weiss, 1994). Aunque los métodos más simples suelen presentar los errores de predicción mas elevados.

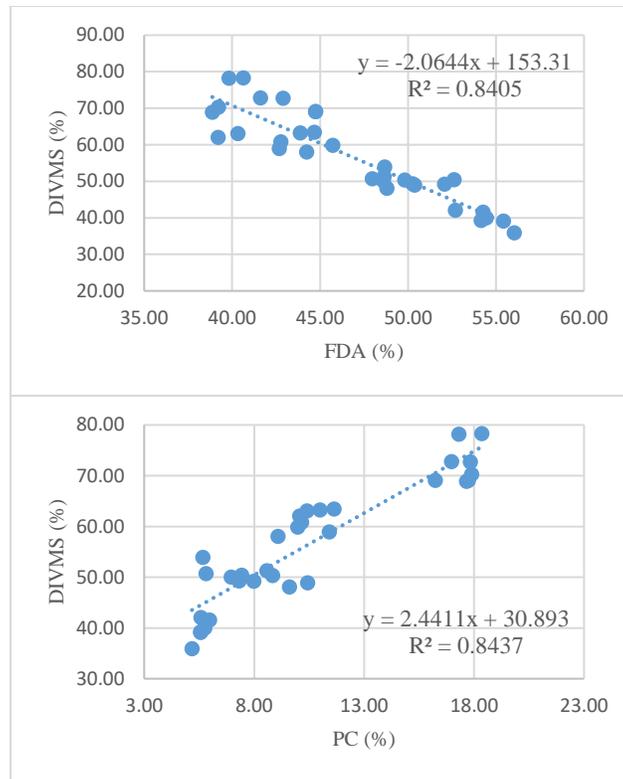


Figura 2. Relación entre las fracciones FDA y PC con la digestibilidad de la dieta de bovinos en libre pastoreo en B.C.S.

Cuadro 3. Ecuaciones de predicción generadas por cada fracción nutrimental.

	Correlación	R <sup>2</sup>	Ecuación	Significancia
DMS (E1)	- 0.92	0.84	Y = -2.064 (FDA) + 153.31	P<0.001
DMS (E2)	0.92	0.84	Y = 2.4411 (PC) + 30.893	P<0.001
DMS (E3)	0.97	0.93	Y = 95.6512 - 1.14(FDA) + 1.369 (PC)	P<0.001

Las ecuaciones obtenidas (Cuadro 3) fueron utilizadas para estimar y comparar la DIVMS y la ecuación propuesta por Moore y Undersander (DMS= 88.9 - 0.779\*FDA) para cada estación de muestreo se observó diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre ecuaciones, época y la interacción entre ambas variables, con la ecuación generada por Moor y Undersander (2002). En general, los promedios de las ecuaciones muestran el mismo comportamiento que la digestibilidad *in vitro* por estación del año, con menor variación en la primavera (Cuadro 4), probablemente debido a la menor variación observada en las especies incluidas en la dieta (Figura 1).

Cuadro 4. Comparación entre promedios  $\pm$  EE de las DIVMS, DMS y ecuaciones de predicción generadas para estaciones de muestreo.

Época	DIVMS	DMS	DMS (E1)	DMS (E2)	DMS (E3)	$\bar{X}$
Invierno	61.16 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>	55.46 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	64.71 $\pm$ 1.2 <sup>a</sup>	62.13 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>	61.12 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>	59.7 $\pm$ 2.6 <sup>B</sup>
Primavera	50.34 $\pm$ 0.6 <sup>c</sup>	50.07 $\pm$ 0.5 <sup>b</sup>	50.43 $\pm$ 1.2 <sup>b</sup>	50.46 $\pm$ 1.0 <sup>c</sup>	49.81 $\pm$ 0.8 <sup>c</sup>	50.2 $\pm$ 2.6 <sup>C</sup>
Verano	42.14 $\pm$ 1.7 <sup>d</sup>	47.38 $\pm$ 0.5 <sup>c</sup>	43.31 $\pm$ 1.5 <sup>c</sup>	45.71 $\pm$ 0.6 <sup>d</sup>	43.21 $\pm$ 1.1 <sup>d</sup>	44.5 $\pm$ 2.6 <sup>D</sup>
Otoño	72.39 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	56.68 $\pm$ 0.5 <sup>a</sup>	67.94 $\pm$ 1.4 <sup>a</sup>	73.73 $\pm$ 0.4 <sup>a</sup>	72.53 $\pm$ 0.9 <sup>a</sup>	68.3 $\pm$ 2.6 <sup>A</sup>
$\bar{X}$	56.51 $\pm$ 2.1 <sup>A</sup>	52.39 $\pm$ 0.6 <sup>B</sup>	56.57 $\pm$ 1.6 <sup>A</sup>	56.62 $\pm$ 1.6 <sup>A</sup>	56.65 $\pm$ 1.7 <sup>A</sup>	

<sup>abcd</sup> diferentes literales entre filas (épocas) y promedio de las columnas y filas (<sup>A,B,C,D</sup>) muestran diferencia significativa ( $P < 0.05$ ). CV=4.6; EE= error estándar.

Aunque existe inconsistencia en el uso de ecuaciones de predicción para estimar la fracción de digestibilidad para una misma especie de forraje, determinarlo en la dieta cuando muchas especies vegetales son incluidas se complica aún más, aun así, éstas brindan una aproximación a la digestibilidad *in vitro* y pueden ser utilizadas de manera confiable una vez que la ecuación fue convenientemente validada. En función a lo observado, es importante mencionar que para generar modelos de predicción de digestibilidad se deben establecer modelos adecuados al tipo de ganado, el medio ambiente y para las condiciones propias de cada estado, región o país.

### CONCLUSIONES

Las variables estudiadas presentaron una correlación fuerte, altamente significativa y un coeficiente de determinación alto, lo que indica que las fracciones de FDA y PC se pueden usar como un criterio confiable en la entidad para la estimación de la digestibilidad.

### LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official methods for analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th. Ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.
- Flores CG, A. González-Arráez, J. Castro - González, P Castro - García, M. Cardelle - Campos, B. Fernández - Lorenzo y J. Valladares – Alonso. 2003. Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. Pastos XXXIII (1), 5 – 99.
- Fonnesbeck, P. V; Wardeh, M. F; Harris, I. E., 1984. Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. Bulletin 508, Utah Agricultural Experiment Station. Logan. Utah (EEUU).
- Lachmann M, Febres O. 2012. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. [en línea] [fecha de acceso: 12 de agosto de 2019]. URL disponible en: [http:// www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf](http://www.avpa.ula.ve/docuPDFs/xcongreso/Digestibilidadderumiantes.pdf)
- McDougal, E.I. 1948. Studies on ruminant saliva. The composition and output of sheep's saliva. Biochemical Journal. 43: 99-109.
- Minson, D. J., 1982. Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. Nutrition Abstracts and Reviews, Series B, 52, 592-614.
- Moore JE, Undersander J. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. Proc Ann Florida Rum Nut Symp; 32:16-29.
- Pond W.G; D.C. Church; K.R. Pond. 2002. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2 ed. México: Limusa SA.
- Posada O.S; Rosero NR; N. Rodríguez y C.A. Costa. 2012. Comparación de métodos para la determinación del valor energético de alimentos para rumiantes. Rev.MVZ Córdoba 17(3):3184-3192.
- SAS. 2014. SAS-Statistical Analysis Software for Windows ver. 9.3. Cary, NC: SAS Inst. Inc.
- Tilley, J., and Terry, R. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. The Journal of the British Grassland Society. 18: 104-111.
- Van Soest. P, Wine RH, Moore LA. 1966. Estimation of the true digestibility of forages by the *in vitro* digestion of cell walls Proc. 10th Int. Grasslands Congress. Helsinki. Finnish Grassland Association.1966; 438-441.
- Weiss, W.P., 1994. Estimation of digestibility of forages by laboratory methods. En: Forage Quality, Evaluation and Utilization, 644-681. Ed: G. C. FAHEY Jr. Based on the National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization held at the University of Nebraska, Lincoln, on 13-15 April 1994. American Society of Agronomy, Inc.; Crop Science Society of America, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin (EEUU).



# IMPLEMENTACIÓN DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS Y SENSORES REMOTOS PARA EL MONITOREO DE BIOMASA FORRAJERA EN ZONAS ÁRIDAS

## IMPLEMENTATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLE AND REMOTE SENSORS FOR FODDER BIOMASS MONITORING IN ARID ZONES

Carlos Ariel Cabada Tavares<sup>1</sup>, Luis Ángel Hernández Martínez<sup>1</sup>, Noé de Jesús Medina Córdova<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Campo Experimental Todos Santos CIR Noroeste-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. La Paz, Baja California Sur, México.

cabada.carlos@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El uso de sensoria remota basada en drones, permite obtener imágenes con rapidez para efectuar un monitoreo de la vegetación de agostaderos de una manera más efectiva y con menor esfuerzo que los métodos tradicionales. El relativo bajo costo obtenido mediante el desarrollo de esta tecnología, permite que se tenga una gran versatilidad en sus usos y sitios de aplicación. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue utilizar un VANT y sensores RGB y multi-espectrales de bajo costo para obtener información de valores de NDVI y biomasa de un sitio semi-árido de 60 hectáreas con uso intensivo de pastoreo por ganado bovino.

**Palabras clave:** VANT, Fotogrametría, NDVI, Capacidad de Carga Animal, Forraje, Sensoría Remota.

### ABSTRACT

The use of remote sensing and unmanned aerial vehicles, allows to obtain images quickly to monitor the vegetation of rangeland in a more effective way and with less effort than traditional methods. The relative low cost obtained through the development of this technology allows great versatility in its uses and application sites. This study aimed to evaluate the use of a low cost UAV plus a RGB and multi-spectral sensors to obtain information of NDVI and biomass values from a semi-arid site of 60 hectares with an intensive use of grazing by cattle.

**Keywords:** UAV, Photogrammetry, NDVI, Animal Carrying Capacity, Forage, Remote Sensing.

### INTRODUCCIÓN

Para considerar un majeo sustentable del agostadero, un ajuste de carga animal es una práctica considerada como necesaria, no obstante, el efectuar la misma requiere un esfuerzo considerable (Michez *et al.*, 2019). Con el reciente y rápido desarrollo de la tecnología de vehículos aéreos no tripulados (VANT o drone, UAV por sus siglas en inglés) en adición con el uso de sensores remotos de diferentes tipos (multi-espectrales, térmicos, entre otros), las posibilidades en sus aplicaciones han ido en incremento en diferentes áreas, tales como protección ambiental, agricultura, búsqueda

y rescate, ingeniería civil, cinematografía y un sinnúmero de opciones más. En el caso de ciencias agroforestales, usualmente la sensoría remota se ha venido usando en las últimas décadas para obtener parámetros de los cultivos con respecto a sus valores de reflectancia para estimar rendimientos, cuestiones fitosanitarias, predicción de cosechas, lo anterior, por mencionar algunas aplicaciones posibles (Näsi *et al.*, 2018. Alves de Oliveira *et al.*, 2019). En los casos previamente mencionados, dichos sensores se encuentran usualmente montados en sistemas satelitales o en aeronaves tripuladas, lo que pese a sus ventajas como por ejemplo el área abarcada con sus imágenes, sus desventajas también son considerables, entre ellas se encuentran afectación por presencia de nubes, así como el periodo entre adquisición de imágenes (de días hasta semanas entre adquisiciones), además del costo elevado para obtener dichas imágenes (Roberts *et al.*, 2018). Con el desarrollo de la microelectrónica, los sensores han reducido considerablemente su tamaño, hasta llegar a pesar unos cuantos gramos, lo que hace posible montarlos sobre VANT, inclusive aquellos de tamaño pequeños y de bajo costo, lo que en conjunto conlleva a la posibilidad de adquirir imágenes tan frecuente como sea necesario y sin afectaciones por presencia de nubes debido a la baja altura de vuelo durante las misiones, pudiendo de este modo, facilitar la estimación de biomasa disponible en el agostadero y con ello efectuar un ajuste de carga con mayor rapidez, menor esfuerzo y con un costo-beneficio aceptable, que al final repercute en un correcto manejo de los animales pastando (Chávez *et al.*, 2017).

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Sitio de estudio.** El área de estudio se encuentra situado en el Campo Experimental Todos Santos (C.E. Todos Santos) del INIFAP (La Paz), al suroeste de la península de Baja California Sur, México. Las coordenadas geográficas al centro del sitio de estudio son 23°24'59"N (Latitud) y 110°09'01"O (Longitud); (WGS84/UTM Zone 12N). El área de estudio cubre un aproximado de 60 hectáreas de superficie y se caracteriza por un matorral arbocralescente asociada con pasto buffel. El rango de elevación es de 130 a 160 metros sobre el nivel del mar (msnm). **Plan de vuelo y adquisición de datos.** Para la adquisición de las imágenes con las cuales realizar los ortomosaicos del área de estudio, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado de tipo ala rotatoria de cuatro motores (DJI Mavic Pro), equipado con un gimbal y una cámara con resolución 4000x3000 (RGB) y longitud focal de 4.73mm. Para la ejecución del proyecto, se utilizó la aplicación de DJI, Ground Station Pro (GS Pro), donde el plan de vuelo consideró una velocidad de 7.5 m s<sup>-1</sup> con un intervalo de 3 segundos entre cada toma con un traslape de un 80 y 70%, longitudinal y lateral, respectivamente. La altura de vuelo se realizó a 120 m sobre el nivel del terreno, con 24 pases (48 waypoints). Cada imagen obtenida equivale a un GSD (Ground Sample Distance) de 3.7 cm px<sup>-1</sup>. Para la obtención de imágenes multi-espectrales se utilizó un sensor multi-espectral de la marca MAPIR ([www.mapir.camera](http://www.mapir.camera)), modelo survey3W OCN con filtros *Orange (615nm)*, *Cyan (490nm)* y *NIR (808nm)*, de 12MP (4000x3000px), 3.37mm 87° con un GPS integrado para el geotiquetado de coordenadas X+Y (u-blox NEO-M8), el sensor multi-espectral se montó en el dron en la parte posterior del VANT con una montura marca Mapir. Las imágenes obtenidas (RAW+JPG) con el sensor multi-espectral equivale a un GSD de 5.5 cm px<sup>-1</sup>, con un traslape de 80% frontal. La calibración de las imágenes obtenidas con el sensor multi-espectral se efectuó con el uso de targets de calibración de reflectancia (V2, Mapir), en escala de blanco-gris claro-gris oscuro-negro con valores de reflectancia promedio de 83-27-21-2%; respectivamente. La campaña

de adquisición de imágenes se realizó el día 02 de septiembre de 2019 de 11:00 am a 12:00 pm hora local. **Colecta de muestras de vegetación.** Posterior a la finalización de la misión de vuelo para la adquisición de imágenes, se procedió con la realización del muestreo de biomasa en fresco de la vegetación localizada en el sitio de estudio, para correlacionar con valores de NDVI obtenidos con el sensor multi-espectral. Para lo anterior se designaron 4 sitios de muestreo fijos y en adición un sitio de control aledaño al sitio, donde los animales no tienen acceso para su uso. Cada sitio de muestreo tiene un área de 10 × 10 metros. Para los muestreos, se realizaron 4 colectas por sitio, mediante lanzamientos aleatorios desde el centro de cada sitio. La toma de materia fresca colectada en cada ocasión fue de un área de 1 m<sup>2</sup>. El pesaje se efectuó mediante el uso de balanza digital (Torrey, Modelo EQ-5/10). **Procesamiento de imágenes.** Posteriormente a la adquisición de imágenes se procedió con la calibración de los valores de reflectancia de las imágenes, para lo cual se utilizó el software Mapir Camera Control (MCC, Mapir), las imágenes calibradas fueron luego procesadas con el software GeoSetter v3.5 2018 ([www.geosetter.de](http://www.geosetter.de)) para agregar los valores de coordenadas Z, para ello se obtuvo primeramente los logs de vuelo de la app de GS Pro (DJI) utilizada para la misión, luego mediante la app AIRDATA UAV se obtuvieron los archivos de vuelo en formato CSV y finalmente se convirtieron del formato CSV a GPX en opción “Waypoint” con el uso de GPSvisualizer (<https://www.gpsvisualizer.com>). El archivo GPX se utilizó para establecer la ruta de vuelo y asignar las coordenadas Z con el software GeoSetter mediante interpolación con la hora de captura de las imágenes multi-espectrales y la registrada en los logs de vuelo. Para la generación del ortomosaico y la obtención de información de las imágenes obtenidas (RGB y multi-espectrales), se utilizó el servicio en la nube de DroneDeploy ([www.DroneDeploy.com](http://www.DroneDeploy.com)) y el Software de código abierto QGIS versión 2.18.9 Las Palmas (<https://www.qgis.org/es/site/>), se efectuó el análisis para la obtención de los valores de NDVI.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de biomasa en fresco colectados se presentan en el cuadro 1, los sitios 1, 3 y 4 contienen un promedio similar de biomasa en fresco por sitio que va de los 0.34 a los 0.40 kg m<sup>2</sup>, mientras que el sitio 2 y el control presentan valores de 0.84 y 0.86 kg m<sup>2</sup>, respectivamente.

Cuadro 1. Datos de biomasa en fresco colectadas en el sitio de estudio. INIFAP 2019.

Sitio de muestreo	Punto central del sitio		M1 (g MF)	M2 (g MF)	M3 (g MF)	M4 (g MF)	100 m <sup>2</sup> (Kg MF)
	X	Y					
1	586535.42525	2589729.62016	625	136	353	521	40.875
2	586685.42525	2589729.62016	977	790	627	988	84.550
3	586825.42525	2589949.62016	333	262	381	532	37.700
4	587065.42525	2590109.62016	164	332	73	813	34.550
C	586831.00000	2590056.00000	1155	983	710	597	86.125

Muestreos de biomasa realizados en 4 sitios de muestreo y uno control (C). En cada sitio se efectuaron 4 muestreos (M1, M2, M3 y M4). gramos de materia fresca (g MF) en áreas de 1 m<sup>2</sup> cada uno. Biomasa en fresco (Kg MF) extrapolada al área de 10×10 m de cada sitio de muestreo y del sitio control.

Se adquirieron un total de 674 (RGB) y 561 (Multi-espectrales) imágenes, posterior a la realización del plan de vuelo, con las cuales fue posible el procesamiento y generación de ortomosaicos del



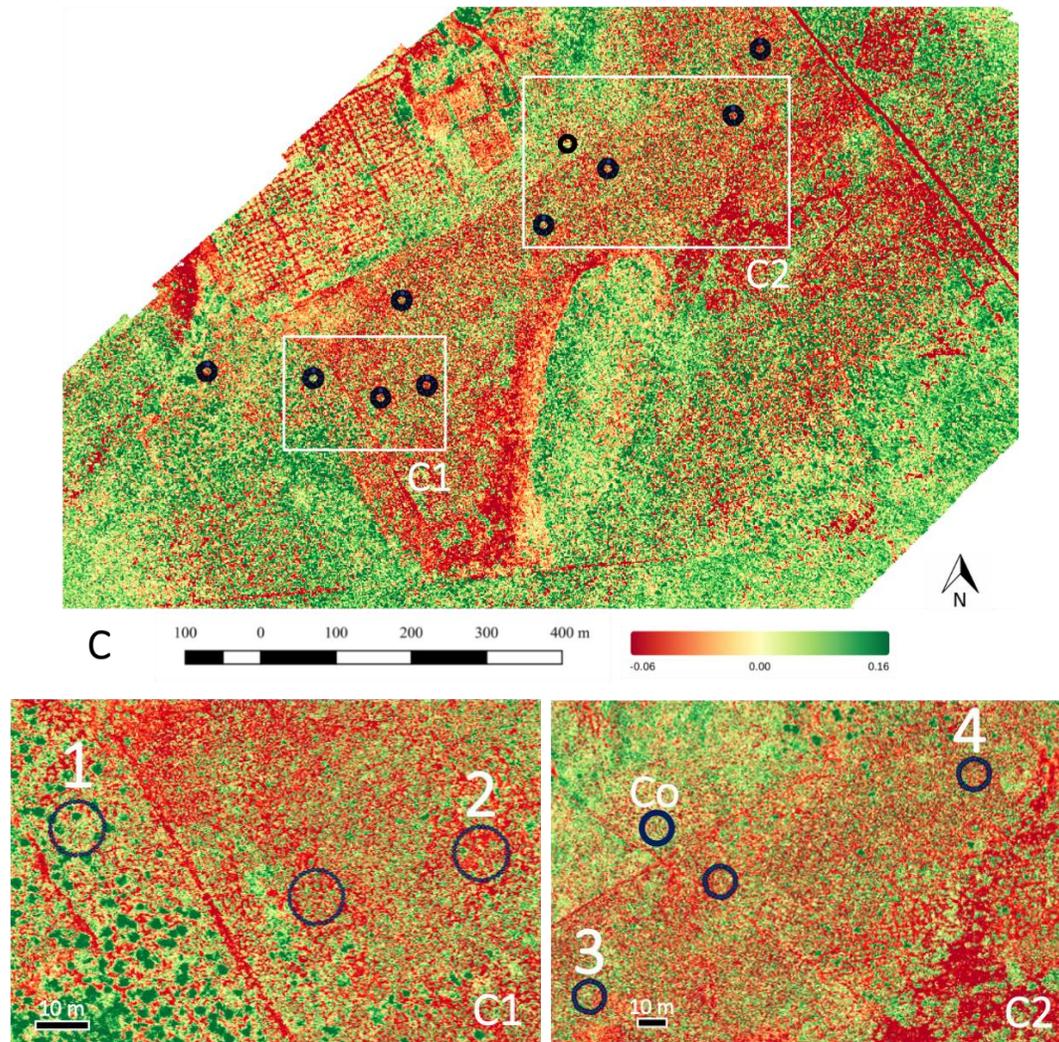


Figura 1. Sitio de estudio en Campo Experimental Todos Santos, INIFAP. 60 hectáreas. **A)** Ortomosaico basado en imágenes RGB, **B)** Ortomosaico basado en imágenes multi-espectrales (Sin LUT), **C)** Ortomosaico basado en imágenes multi-espectrales con valores de NDVI (Con LUT: RGN-NDVI). Sitios de muestreo: **C1)** Ampliación a zona de muestreo con sitios 1 y 2, **C2)** Ampliación a zona de muestreo con sitios 3, 4 y control (Co). Cada Círculo representa 10 m de diámetro. Círculos sin número, representan zonas de muestreo fijos en el sitio, no considerados en este estudio.

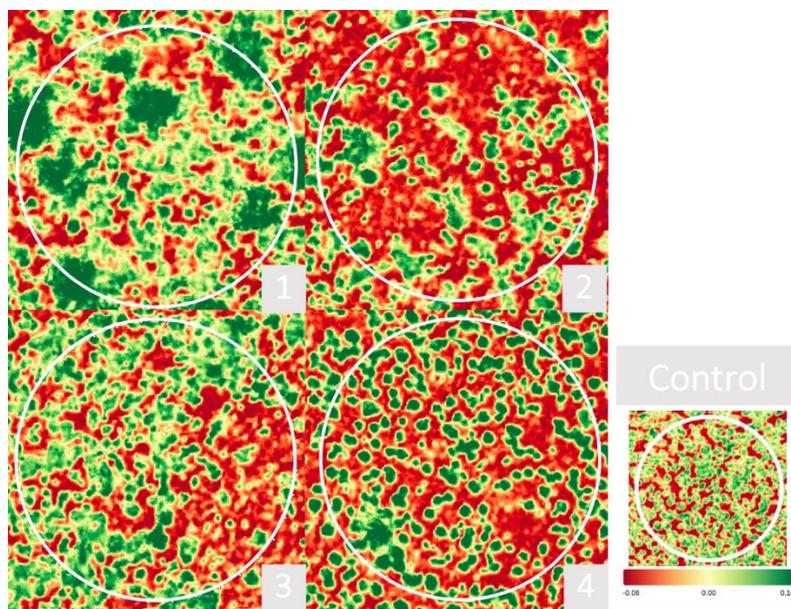


Figura 2. Sitios de muestreo de vegetación en agostadero de estudio. **1-4)** Sitios dentro del área aprovechable por el ganado. **Control)** Sitio alejado al área de estudio, sin acceso para el aprovechamiento por el ganado. Representación en valores de NDVI. Cada Círculo representa 10 m de diámetro.

## CONCLUSIONES

El presente estudio muestra que es posible la generación de ortomosaicos RGB y Multi-espectrales (NDVI), mediante el uso de VANT y sensores remotos de bajo costo, así como software de licencias accesibles y software de código abierto, con lo que es posible efectuar un monitoreo más rápido y con menor esfuerzo de la vegetación disponible en agostadero, lo que se traduce en un manejo sustentable y efectivo del hato. No obstante, se requiere de mejorar la tecnología en algunos aspectos y efectuar el monitoreo a lo largo de todo el año.

## LITERATURA CITADA

- Alves de Oliveira, R., R. Näsi, O. Niemeläinen, L. Nyholm, K. Alhonoja, J. Kaivosoja, N. Viljanen, T. Hakala, S. Nezami, L. Markelin, L. Jauhainen and E. Honkavaara. 2019. Assessment of RGB and hyperspectral UAV remote sensing for grass quantity and quality estimation. in: ISPRS Geospatial week 2019. 10-14 June 2019. Enschede, The Netherlands. The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. Vol. XLII-2/W13. P. 489-494.
- Chávez Castillo, E., F. Paz Pellat y M.A., Bolaños González. 2017. Estimación de biomasa y cobertura aérea usando radiometría e imágenes digitales a nivel de campo en pastizales y matorrales. *Terra Latinoamericana* 35: 247-257.
- Michez, A., P. Lejeune, S. Bauwens, A. A. Lalaina Herinaina, Y. Blaise, E. Castro Núñez, F. Lebeau and J. Bindelle. 2019. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. *Remote Sensing* 11 473:1-14.
- Näsi, R., N. Viljanen, J. Kaivosoja, K. Alhonoja, T. Hakala, L. Markelin and E. Honkavaara. 2018. Estimating biomass and nitrogen amount of barley and grass using uav and aircraft based spectral and photogrammetric 3D features. *Remote Sensing* 10, 1082: 1-32.
- Roberts, B.P., N. Snooke, M.J. Neal, P. Bunting and M.D. Fraser. 2018. Multispectral imagery from UAVs to classify and monitor vegetation change in semi-natural grasslands. In: Sustainable meat and milk production from grasslands. 17-21 June 2018, Cork, Ireland. *Grassland Science in Europe*. Vol. 23. p. 904-906.



legume *Leucaena leucocephala* (native), *Guazuma ulmifolia* and *Gliricidia sepium* in times of rain and dry, presented outstanding productivity features to help in feeding the animals grazing in monoculture, as well as participating in Silvopastoral Systems in the area east of the State of Yucatán.

**Keywords:** Species, performance, *Leucaena*, *Gliricidia*.

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Yucatán, la mayoría de las praderas están compuestas básicamente por guinea o estrella de África y en menor escala por Insurgente o Llanero. Además, el uso de otras especies forrajeras nativas (i.e. leguminosas, arbustivas y herbáceas) por los ganaderos para alimentar el ganado es incipiente, en parte debido al desconocimiento de esos forrajes y/o manejo agronómico en los sistemas silvopastoriles. Aun cuando se sabe que las leguminosas han sido tradicionalmente usadas para forraje, fijan nitrógeno, control de erosión, agroforestería y abonos verdes, pero también contienen sustancias importantes como taninos.

Los recursos forrajeros nativos presentes en los ecosistemas naturales se han estado perdiendo, principalmente por un manejo inadecuado de los recursos nativos e introducción de especies exóticas y la ausencia de propuestas integrales de investigación y manejo que eviten o disminuyan la erosión genética de que están siendo objeto y que a la vez, contribuyan al rescate, conservación y mejoramiento de estos importantes recursos forrajeros nativos (Villanueva *et al.*, 2010). Por lo anterior es importante enfocar esfuerzos y recursos para implementar programas dirigidos a la recuperación y utilización de vegetación nativa de forrajes en el Estado de Yucatán. El objetivo fue evaluar el efecto de época del año sobre la respuesta productiva de leguminosas y arbustivas forrajeras en el oriente del estado de Yucatán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Tizimín-Yucatán, INIFAP con Clima tropical Aw0, precipitación y temperatura media anual de 1200 mm y 25.6° C, respectivamente. Las especies de leguminosas y arbustivas evaluadas fueron: T1) *Manihot esculenta* (*Euphorbiaceae*); T2) *Acalypha villosa* (*Euphorbiaceae*); T3) *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (*Leguminosae*); T4) *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt (nativa) (*Leguminosae*); T5) *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (*Leguminosae*); T6) *Guazuma ulmifolia* Lam. (*Esterculiaceae*) y T7) *Leucaena leucocephala* (peruana) (*leguminosae*). Se evaluaron en tres épocas épocas en 2018; seca (14 de febrero al 12 de junio), lluvia (12 de junio a 23 de octubre) y nortes (23 de octubre al 6 de febrero de 2019). Establecidos de septiembre a febrero de 2016, con corte de homogenización el 14 de febrero de 2018. Los árboles se podaron a una altura de 50 cm sobre el nivel del suelo. Las parcelas fueron de 8 m<sup>2</sup>, y área útil al centro de 1.2m<sup>2</sup>. La altura se tomó a partir de la base del suelo hasta el ápice de la rama más alta del tallo principal. Se utilizó un diseño de bloques al azar con mediciones repetidas como épocas del año, contaron con tres repeticiones. Los datos generados, fueron analizados mediante un Análisis de Varianza con el paquete estadístico SAS (2009) y una prueba de comparación de medias de Tukey (P< 0.05).

Las variables de respuesta fueron: altura promedio de planta (cm), materia seca (%), hoja (%), tallo (%) y rendimiento de materia seca comestible (kg MS ha<sup>-1</sup>).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta productiva de las diferentes especies forrajeras por efecto de las épocas del año, se presenta en los cuadros 1, 2, 3 y 4. Los resultados indican que hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre especies (Cuadro 1) y épocas (Cuadro 2) para la variable forraje comestible (kg MS ha<sup>-1</sup>), así como efecto de interacción para especies y épocas (Cuadros 3 y 4) para altura y porcentaje de hoja, respectivamente.

En la comparación entre especies forrajeras el (Cuadro 1), la *Leucaena leucocephala* (nativa), el *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium*, presentaron los mayores rendimientos de materia seca comestible (4785 kg de MS ha<sup>-1</sup>) en promedio, sigue en orden de importancia *Leucaena leucocephala* (peruana) con 3743 kg de MS ha<sup>-1</sup> y las arbustivas con menor rendimiento fueron *Manihot esculenta*, *Piscidia piscipula* y *Acalypha villosa* (2319 kg de MS ha<sup>-1</sup>) en promedio. Estos resultados concuerdan a lo reportado por Petit *et al.* (2010), en la zona norte centro del Estado de Yucatán para *Guazuma ulmifolia* (4575 kg de MS ha<sup>-1</sup>), no así para *Leucaena leucocephala* con 3029 kg de MS ha<sup>-1</sup>, que resultó inferior a los encontrados en el presente estudio.

Cuadro 1. Efecto de diferentes especies forrajeras arbustivas a tres épocas del año sobre la producción de forraje en Tizimín, Yucatán, México.

Especies forrajeras	N	Forraje comestible kg de MS ha <sup>-1</sup>
<i>Manihot esculenta</i>	9	2484±620b
<i>Acalypha villosa</i>	9	2202±620b
<i>Piscidia piscipula</i>	9	2270±620b
<i>Leucaena leucocephala</i> (nativa)	9	5599±620a
<i>Gliricidia sepium</i>	7	4252±726a
<i>Guacima ulmifolia</i>	9	4504±620a
<i>Leucaena leucocephala</i> (Peruana)	9	3743±620ab

Media ± desviación estándar

Con respecto a los efectos por influencia de época del año sobre la respuesta productiva (Cuadro 2), se destaca un incremento en la época de lluvias para forraje comestible con 5521 kg de MS ha<sup>-1</sup>, respecto a las épocas de nortes y seca, con rendimientos de 3254 y 1962 kg de MS ha<sup>-1</sup>. Similar comportamiento reporta Petit *et al.* (2010) para las épocas de lluvias (2699 y 1876 kg de MS ha<sup>-1</sup>) y seca (1560 y 1469 kg de MS ha<sup>-1</sup>) para *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* respectivamente, pero con rendimientos inferiores a los del presente estudio.

Cuadro 2. Efecto de época del año de diferentes especies forrajeras arbustivas sobre la producción de forraje seco comestible en Tizimín, Yucatán, México.

Épocas del año	N	Forraje comestible kg de MS ha <sup>-1</sup>
Lluvias	21	5521±406a
Nortes	20	1962±421c
Seca	20	3254±421b

Media ± desviación estándar

Respecto al efecto de la interacción (Cuadro 3) sobresalen las mayores alturas (cm) en época de lluvias con valor promedio (176.8) para *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala* (peruana y nativa) y *Manihot esculenta*, continua las arbustivas, *Acalypha villosa* y *Gliricidia sepium* con promedio de 110.9 cm y el de menor altura la *Piscidia piscipula* con 82.3 cm. Valores superiores a los reportados por Petit *et al.* (2010) para las alturas de *Guazuma ulmifolia* (140.0 cm) y *Leucaena*

*leucocephala* (120.0 cm) para la época de lluvias. En la época de nortes, la mayor altura fue para las especies *Leucaena leucocephala* (peruana y nativa) y *Guazuma ulmifolia* con valores promedio de 121.5 cm, seguidamente *Manihot esculenta* y *Acalypha villosa* con valores de 70.2 cm y las de menor altura la *Piscidia piscipula* y *Gliricidia sepium* con 64.6 cm. Para la época seca las mayores alturas se encontraron en las leguminosas *Leucaena leucocephala* (Peruana y nativa) y la arbustiva *Guazuma ulmifolia* con 130.6 cm en promedio y la de menor altura continua siendo *Piscidia piscipula* al igual que en épocas de lluvias y nortes con 68.3 cm (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de la interacción de las especies forrajeras arbustivas y épocas del año sobre la altura en Tizimín, Yucatán, México.

Especies forrajeras	Altura por época (cm)		
	Lluvias	Nortes	Seca
<i>Manihot esculenta</i>	172.9±8.47	70.03±8.47	85.7±8.47
<i>Acalypha villosa</i>	113.13±8.47	70.33±8.47	78.40±8.47
<i>Piscida piscipula</i>	82.27±8.47	64.40±8.47	68.33±8.47
<i>Leucaena leucocephala (nativa)</i>	178.00±8.47	123.00±8.47	130.83±8.47
<i>Gliricidia sepium</i>	108.57±8.47	64.76±10.47	76.36±10.47
<i>Guacima ulmifolia</i>	185.57±8.47	107.70±8.47	130.57±8.47
<i>Leucaena leucocephala (Peruana)</i>	170.67±8.47	133.90±8.47	130.40±8.47

Media ± desviación estándar

El efecto de la interacción (Cuadro 4) especie x época para porcentaje de hoja (%), destacan en la época de lluvias las arbustivas *Gliricidia sepium*, *Piscida piscipula* y *Guazuma ulmifolia* con (55.2 %) en promedio, continúa de mayor a menor *Acalypha villosa* (48.6%) y *Leucaena leucocephala* Peruana (43.9%) y los menores valores *Leucaena leucocephala* nativa y *Manihot esculenta* con 31.2 y 26.9 %, respectivamente. Valores Similares reporta Castillo *et al.* (2018) para las mismas especies con promedio de 49.3 % para la época de lluvias.

Cuadro 4. Efecto de la interacción de las especies forrajeras arbustivas y épocas del año sobre el porcentaje de hoja en Tizimín, Yucatán, México.

Especies forrajeras	Hoja por época (%)		
	Lluvias	Nortes	Seca
<i>Manihot esculenta</i>	26.9±3.4	58.3±3.4	52.3±3.4
<i>Acalypha villosa</i>	48.6±3.4	54.4±3.4	56.5±3.4
<i>Piscida piscipula</i>	56.1±3.4	59.1±3.4	70.8±3.4
<i>Leucaena leucocephala (nativa)</i>	31.2±3.4	55.3±3.4	60.0±3.4
<i>Gliricidia sepium</i>	58.2±3.4	72.8±4.2	64.5±4.2
<i>Guacima ulmifolia</i>	51.4±3.4	69.9±3.4	63.1±3.4
<i>Leucaena leucocephala (Peruana)</i>	43.9±3.4	52.5±3.4	48.6±3.4

Media ± desviación estándar

En la época de nortes, los mayores valores fueron para *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* con 71.4 % en promedio y la arbustivas restantes con 55.9 %. Con respecto al porcentaje de hoja con las diferentes especies forrajeras en la época de nortes, los valores de este trabajo son superiores a los reportados por Castillo *et al.* (2018) con 65.9 %.

En la época seca sobresalen *Piscida piscipula*, *Gliricidia Sepium*, *Guazuma ulmifolia* y *Leucaena leucocephala* con 64.6 % y el menor valor fue para *Leucaena leucocephala* Peruana con 48.6 %. Los porcentajes de hoja encontrados en el presente estudio fueron superiores a los reportados por Castillo *et al.* (2018) en la época seca con 53.7 % para las mismas especies forrajeras.

Los porcentajes de hoja encontrados para *Gliricidia sepium* en las épocas de seca (64.5 %) y nortes (72.8 %), están en el rango reportados por Ramos *et al.* (2015), al evaluar frecuencias de corte de 45, 60 y 75 días en *Gliricidia sepium* con valores de hoja de (69.4, 66.4 y 68.7), respectivamente.

### CONCLUSIONES

Las leguminosas *Leucaena leucocephala* (nativa), *Guazuma ulmifolia* y *Gliricidia sepium* en las épocas de lluvias y seca, presentan características sobresalientes de productividad para contribuir en la alimentación de los animales en pastoreo en monocultivo, así como en la participación en sistemas silvopastoriles en la zona oriente del estado de Yucatán.

### LITERATURA CITADA

- Castillo, H. J., Alcaráz, R.A. y López H. M. 2018. Características productivas de leguminosas y arbustivas forrajeras tropicales en las épocas de lluvias, nortes y secas en Yucatán. VIII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales\_SOMMAP 2018. Zacatecas, Zac. p. 224-228.
- Petit, A. J., Casanova, L. F. y Solorio, S. F. 2010. Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa oleífera* asociadas y en monocultivo en un banco de forraje. Revista Forestal Venezolana, Vol. 54 (2) pp 161-167.
- Ramos, T. O., Canul, S. J y Kú V. J .2015. Efecto de altura y frecuencia de corte sobre la producción forrajera de *Gliricidia* en Yucatán. II Congreso Mundial de Ganadería Tropical. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. p. 18-22.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Villanueva, A. J., Herrera, C. F y Plascencia, J. R. 2010. Leguminosas Forrajeras: Un recurso sustentable para el Trópico Mexicano. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Num. 14, ISBN 978-607-425-449-5. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México.



%. The cultivars Aries, CIAT 16061, Atlas, Massai and Hercules, have outstanding characteristics of forage production and leaf-to-stem ratio to contribute to the feeding of animals in grazing in the Eastern area of the State of Yucatan.

**Keywords:** Fertilization, cultivars, panicum, dry matter.

## INTRODUCCIÓN

En el trópico mexicano, casi la totalidad de la superficie en pastoreo está dominada por gramíneas en monocultivo. La ganadería en el Estado de Yucatán, presenta una diversidad de sistemas de producción con sistemas variados de alimentación, desde los que tienen vegetación nativa como única fuente alimenticia, hasta los sistemas empresariales que incluyen en su integración y operación componentes tecnológicos que pasaron a formar parte del manejo como son; nutricional, genético, reproductivo y utilización de pastos mejorados para la mejora de los hatos.

Entre los pastos mejorados, se encuentran principalmente como monocultivos de zacate Guinea (*Panicum maximum*), Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) Insurgente (*Brachiaria brizantha*) con carga animal promedio de una vaca por ha por año. La región Oriente del Estado de Yucatán se caracteriza por tener una producción de forraje estacional y depende de la distribución de las lluvias, por esto, las condiciones productivas de las explotaciones ganaderas son severamente afectadas por periodos bien definidos de abundancia y escases de forraje que se presenta en las épocas de lluvia y sequía, respectivamente.

Diversos factores afectan la producción y calidad del forraje, los mas importantes son las especies y variedad del mismo, estado fenológico al momento de la cosecha, fertilidad del suelo, prácticas agronómicas de fertilización y riego, además factores climáticos (temperatura ambiental, precipitación pluvial, duración del día etc.), que determinan variaciones estacionales en la producción y calidad nutricional de los forrajes.

El INIFAP y otras instituciones han trabajado en la búsqueda de mejores cultivos forrajeros para diversas condiciones climáticas y muchos de esos materiales ya han sido liberados y utilizados extensivamente por los productores de cada región tropical. Además, se han escrito y publicado fichas tecnológicas, guías y manuales que describen las características de las especies y su manejo (Enríquez *et al.*, 1999 y Enríquez *et al.*, 2011). Sin embargo hacen falta técnica sobre su adaptación y productividad bajo cierto tipo de manejo, por lo que la necesidad de seleccionar la especie idónea acompañada de prácticas agronómicas para cada región, es un requisito para mantener la más alta productividad de la empresa ganadera (Enríquez *et al.*, 2011). Por lo anterior el objetivo del presente trabajo, fue evaluar la producción de forraje de diferentes especies y cultivares de *Panicum maximum* con y sin fertilización en su segundo año de evaluación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Tizimín-INIFAP, ubicado a 20°09'30" L.N. y 88°01'30" L.O, con 15msnm, con vegetación clasificada como selva mediana subcaducifolia perturbada. Clima tropical Awo, precipitación media anual de 1200 mm, en los meses de verano, temperatura media anual de 25.6° C. (COTECOCA, 1977). Los suelos son tropicales rojos del grupo laterítico calcáreos, con profundidad somera de 0 a 25 cm, de textura arcillosa con 40% de pedregosidad, 15% de rocosidad y un pH entre 6.6 y 6.8. Los cultivares evaluados fueron: 1) Tanzania (TAN1), 2) Aruana (ARU2), 3) Likoni (LIK3), 4) Atlas (ATL4), 5) CIAT 16061 (CIA5),

6) CIAT 16051 (CIA6), 7) Guinea Común (GUI7), 8) Mombaza (MOM8), 9) Vencedor (VEN9), 10) Massai (MAS10), 11) Tobiata (TOB11), 12) Hércules (HER12), 13) CIAT 16068 (CIA13), 14) Coloniaio (COL14) y 15) Aries (ARI15). Las especies forrajeras evaluadas, se establecieron del 1° de octubre de 2015 al 25 de febrero de 2016, con un corte de homogenización el 7 de junio de 2017 y el periodo de evaluación comprendió del 12 de julio al 25 de octubre de 2017 con cortes cada 35 días. Cada variedad fue establecida aleatoriamente en parcelas de 8 m<sup>2</sup> (4 m de largo × 2 de ancho). Se sembraron 4 surcos a lo largo del rectángulo, con materiales sembrados a 50 cm entre plantas y 60 cm entre hileras, con un total de 32 plantas por parcela (parcela mayor). La parcela menor manejo (fertilización y sin estos elementos), se formó al dividir a la mitad, quedando dividida de 4 m<sup>2</sup> (2 m de largo × 2 de ancho). Empezando con fertilización (con) en un extremo y sin fertilización en el extremo opuesto. Se fertilizó con una dosis 120-60, kg Ha<sup>-1</sup> de N y P, se aplicó todo el P y 60 kg de N ha<sup>-1</sup> cada segundo corte. La altura de corte se realizó a 15 cm. El manejo tradicional es lo que hace el productor, es decir sin fertilización ni riego. Los muestreos se realizaron en los dos surcos centrales de cada mitad, quedando 4 plantas por subparcela con un área útil de 1.2m<sup>2</sup>. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fueron los cultivares (n=15) y la subparcela manejo (tradicional sin fertilización vs fertilización), cada tratamiento contó con tres repeticiones. Las variables altura (cm), rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) por corte y porcentajes de hoja, tallo y materia seca (MS) se evaluaron cada 35 días y rendimiento de materia seca (kg MS ha<sup>-1</sup>) total, fue la sumatoria de los cuatro muestreos. El rendimiento total de materia seca (MS), se realizó cosechando 1.2 m<sup>2</sup> y se secó hasta adquirir un peso constante en una estufa de aire forzado por 72 horas a 60 °C. La determinación de MS será el porcentaje del peso seco sobre el peso en verde cosechado. En la cuantificación del porcentaje de hoja y tallo, se tomó otra submuestra de 250 g de plantas (tallos completos), las cuales se separaron en sus componentes hojas, tallos. El porcentaje de hoja y tallo se estimó para cada muestreo en total fueron 4, al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. Los datos generados, fueron analizados mediante el procedimiento de GLM con medidas repetidas y la comparación de medias se ejecutó mediante la prueba de PDIFF en el paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento agronómico y productivo de los diferentes cultivares por efecto de la fertilización, se presenta en el Cuadro 1: En general todas las variables evaluadas presentan diferencias significativas (P<0.05) entre cultivares y efecto de fertilización y no se encontró interacción entre ambos. Los cultivares Hércules y CIAT 16061 presentaron las mayores alturas, con promedio de 85.3 cm y Tanzania y Aruana las menores con 45.0 cm. El mayor rendimiento de forraje (kg MS ha<sup>-1</sup>) por corte, lo presentó el pasto Aries, con 3912, siendo similar (P>0.05) a los cultivares CIAT 16061, Atlas, CIAT 16068, Vencedor, Massai, Hércules y Tobiata cuyos valores fluctúan entre 2820 y 3321 kg MS ha<sup>-1</sup> y los pastos con menor rendimiento fueron Aruana, Guinea Común y Tanzania con promedio de 1382 kg MS ha<sup>-1</sup> por corte. El mayor porcentaje de hoja lo presentó el pasto Massai con 64.1 %, le siguen en orden de importancia los pastos Mombaza, Aries, CIAT 16051, Tanzania, Guinea, CIAT 16051, Atlas y Hércules con promedio de 52.9 % y los de menor valor se encuentran Aruana, Coloniaio, CIAT 16068, Tobiata, Likoni y Vencedor con 45.4 %. El cultivar con menor porcentaje de tallo fue el pasto Massai con 35.9 %, le sigue en orden de importancia, Mombaza, Aries, CIAT 16061, Tanzania, Guinea, CIAT 16051 y Atlas con promedio de 46.6 % y los de mayor porcentaje fueron Aruana y Coloniaio con 57.2 % de tallo. El mayor porcentaje de MS lo presentaron los pastos Coloniaio y Mombaza con 26.7 % y le sigue en orden de importancia Massai, Atlas, Likoni, Hércules, Tanzania, Aries, Guinea, CIAT 16068, Tobiata y

Vencedor con promedio de 24.6 % y los de menor porcentaje se encuentran Aruana, CIAT 16051 y 16061 con 22.1 % de MS. Se destaca el mayor rendimiento total de materia seca para el pasto Aries con 15646 kg ha<sup>-1</sup>, siendo similar (P>0.05) a los cultivares CIAT 16061, Atlas, Tobiata, CIAT 16068, Vencedor, Massai y Hércules cuyos rendimientos fluctúan entre 12610 y 13282 kg de MS ha<sup>-1</sup>. Es de destacar el mayor rendimiento de forraje para este grupo de pastos con promedio de 13376 kg de MS ha<sup>-1</sup>, con incremento de 339 %, respecto al cultivar Aruana con 3047 kg MS ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 1. Parámetros Agronómicos de diferentes cultivares de pastos tropicales bajo efecto de la fertilización.

Cultivar	Altura	Kg ms ha <sup>-1</sup> Corte	Porcentaje de Hoja	Porcentaje de Tallo	Porcentaje de MS	Kg ms ha <sup>-1</sup> Total
Tanzania	47.6±3.57ef	1747±358.4cde	52.6±2.4bc	47.4±2.4cb	25.4±1.1abc	6990±1241.3bc
Aruana	42.3±3.57f	762±358.4e	42.3±2.4d	57.7±2.4a	20.9±1.1d	3047±1241.3d
Likoni	68.7±3.57bc	2503±358.4bcd	47.1±2.4cd	52.9±2.4ab	25.7±1.1abc	10012±1241.3bc
Atlas	69.9±3.57bc	3282±358.4ab	51.5±2.4bc	48.5±2.4cb	26.0±1.1ab	13130±1241.3ab
CIAT16061	85.0±3.57a	3321±358.4ab	52.8±2.4bc	47.2±2.4cb	22.4±1.1cd	13282±1241.3ab
CIAT16051	59.9±3.57cd	2426±358.4bcd	52.2±2.4bc	47.8±2.4cb	23.0±1.1bcd	9703±1241.3bc
Guinea	58.2±3.57d	1636±358.4ed	52.4±2.4bc	47.6±2.4cb	23.9±1.1abcd	6544±1241.3c
Mombaza	72.2±3.57b	2462±358.4bcd	56.1±2.5b	43.9±2.5c	26.7±1.1a	9849±1241.3bc
Vencedor	71.0±3.57bc	3246±358.4ab	47.7±2.4cd	52.3±2.4ab	23.3±1.1abcd	12985±1241.3ab
Massai	54.8±3.57de	3217±358.4ab	64.1±2.4a	35.9±2.4d	26.3±1.1ab	12868±1241.3ab
Tobiata	70.8±3.57bc	2820±403.3abc	45.9±2.7cd	54.1±2.7ab	23.3±1.2abcd	13494±1862.0ab
Hércules	85.5±3.57a	3153±358.4ab	50.1±2.5bcd	49.9±2.5abc	24.5±1.1abc	12610±1241.3ab
CIAT16068	72.3±3.57b	3249±358.4ab	45.7±2.4cd	54.3±2.4ab	23.5±1.1abcd	12995±1241.3ab
Coloniao	75.1±3.57ab	2748±366.4bc	43.4±2.4d	56.6±2.4a	26.7±1.1a	10321±1387.9b
Aries	75.5±3.57ab	3912±358.4a	55.9±2.4b	44.1±2.4c	24.4±1.1abc	15646±1241.3a

Media±error estándar de la media; Las literales diferentes en la misma columna (a,b,c,d y e), indican diferencia estadística (P<0.05).

La respuesta a la fertilización (Cuadro 2), presenta un incremento en altura, rendimiento de MS por corte y total y porcentaje de tallo y MS con valores de 73.4 cm, 3266 y 13316 kg de MS ha<sup>-1</sup>, 50.9 y 25.1 %, comparado con 61.1 cm, 2131 y 8480 kg de MS ha<sup>-1</sup>, 47.8 y 23.7 %, respectivamente, favorecidos por el suministro de nutrientes.

Cuadro2. Efecto de la fertilización sobre las características productivas de forrajes con crecimiento amacollado

Fertilización	Altura (cm)	Kg ms ha <sup>-1</sup> Corte	Porcentaje de Hoja	Porcentaje de Tallo	Porcentaje de MS	Kg ms ha <sup>-1</sup> Total
100-60-00	73.40±1.3a	3266±132.3a	49.08±0.90b	50.92±.90a	25.09±0.39a	13316±482.5a
00	61.1±1.3b	2131±132.1b	52.20±0.90a	47.80±b	23.68±0.39b	8480±468.1b

Media±error estándar de la media; Las literales diferentes en la misma columna (a y b), indican diferencia estadística (P<0.05).

No sucedió lo mismo con el porcentaje de hoja, siendo mayor 52.2, respecto a 49.1 % con fertilización. Lo anterior permite evidenciar que los suelos requieren del aporte de nutrimentos para que las especies manifiesten su potencial de rendimiento de forraje, lo que muy posiblemente se reflejará en una mayor capacidad de carga de las praderas y por consiguiente mayor producción animal por unidad de superficie. De manera contraria, el manejo tradicional sin fertilización, el rendimiento fue menor como lo han documentado Enríquez *et al.* (2011) y Enríquez *et al.* (2015).

### **CONCLUSIONES**

Los cultivares Aries, CIAT 16061, Atlas, Massai y Hércules, presentan características sobresalientes de producción de forraje y relación hoja-tallo para contribuir a la alimentación de los animales en pastoreo en la zona Oriente del Estado de Yucatán. Sin embargo, es necesario complementar estos estudios con evaluaciones sobre la calidad nutricional en las épocas de lluvias, nortes y seca, con la finalidad de emitir recomendaciones sólidas sobre su manejo y utilización bajo condiciones de pastoreo.

El presente estudio fue financiado parcialmente con recursos del Proyecto Fiscal “PRESERVACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y EVALUACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS FORRAJEROS EN TRES REGIONES AGROECOLÓGICAS DE MÉXICO” y forma parte de un producto del Proyecto Fiscal “BANCO DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS EN YUCATÁN”.

### **LITERATURA CITADA**

- COTECOCA, 1977. Coeficiente de Agostadero de la República Mexicana. Península de Yucatán. SARH. México. D.F. 79 p.
- Enríquez Q. J. F., F. Meléndez N. y E. D. Bolaños A. 1999. Tecnología Para La Producción Y Manejo De Forrajes Tropicales En México INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico Núm. 7 División Pecuaria.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y Manejo De Forrajes Tropicales En México INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Libro Técnico Núm. 28 División Pecuaria..
- Enríquez, Q. J.F., Montero, L.M., Juárez, Cab, J.F. E. y Núñez, H. G. 2015. Rendimiento de forraje de pastos tropicales con fertilización y riego vs manejo tradicional, en la Región Central de Veracruz. VI Congreso Internacional de manejo de Pastizales. Durango Dgo. Pp 118-122.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.



como la rehidratación, activación de enzimas y desarrollo celular, entre otros (Zhu *et al.*, 2014). Para simular germinación de semillas bajo estrés hídrico se han implementado métodos *in vitro*, con el uso de sustratos como manitol, glucosa y polietilenglicol, los cuales de acuerdo a las concentraciones provocan cierta presión osmótica sobre la semilla para su imbibición. El pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) es una especie perenne y nativa del norte de México con excelente potencial forrajero, considerada como una de las principales especies en importancia económica y ecológica en los pastizales, debido a su potencial de producción de materia seca y valor nutricional para la fauna silvestre y ganado. Este pasto se distribuye en pastizales medianos abiertos, amacollados y zona de matorrales (Corrales *et al.*; 2016; Morales *et al.*, 2016). A pesar de su amplia distribución, a la fecha sus poblaciones están siendo desplazadas por otras especies invasoras con mayor capacidad de establecimiento en zonas áridas. En este sentido, es urgente seleccionar genotipos nativos que puedan competir en la germinación, emergencia y desarrollo en condiciones de sequía. Por lo anterior se planteó como objetivo, evaluar genotipos sobresalientes de pasto banderita bajo diferentes presiones osmóticas, para identificar los más resistentes a estrés hídrico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero en la Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Se evaluaron nueve genotipos (GEN) de pasto banderita, los cuales previamente fueron seleccionados como genotipos sobresalientes e identificados como: Diana, 508-C6, ACE-31C, B-689, B-592, Vaughn, Maturana, B1-5 y ACE-21. Se utilizó manitol como agente osmótico con tres niveles de presión osmótica (PO); 0.0, -0.5, -1.0 y -1.5 MPa, para simular diferentes escenarios de estrés hídrico. Las concentraciones de manitol fueron calculadas de acuerdo a su peso molecular (182.17 g mol<sup>-1</sup>), a partir de la ecuación propuesta por Vant'Hoff (Ruiz y Torenti, 2012) Por cada nivel osmótico y genotipo se utilizó una caja Petri con cuatro repeticiones, provistas de algodón, papel filtro, agua con manitol y 50 semillas. El proceso de germinación se corrió en una incubadora Scientific Precision a temperatura de 26 - 30 °C. Para incluirse en el conteo como semilla germinada, solo se consideró cuando la radícula o plúmula de esta alcanzó al menos 0.5 cm de longitud. Los conteos se realizaron diariamente durante 21 d que duró la prueba. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (%G) e índice de velocidad de germinación (IVG).

$$IVG = \sum \frac{(\%SG)}{d}$$

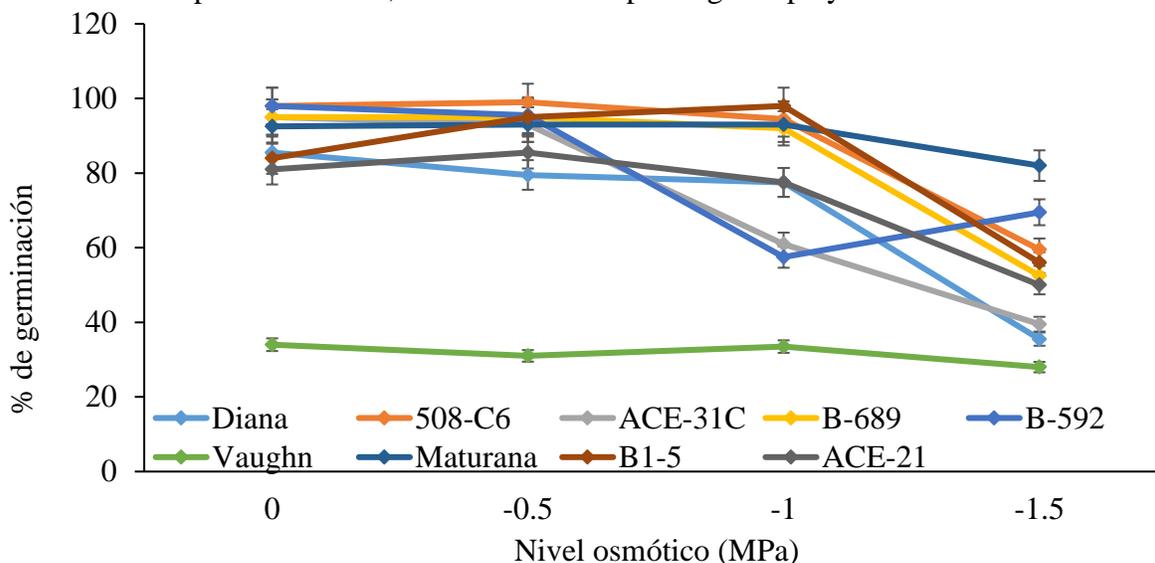
Dónde: IVG = velocidad de emergencia; %SG = porcentaje de semillas germinadas en el día, tomado como 100% al total de semillas germinadas; t = día en el que sucede la germinación.

Los datos fueron analizados mediante el programa SAS 9.1.3 (2006). Se utilizó el procedimiento GLM y comparación de medias por agrupamiento de Tukey.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En % GE se encontró efecto por nivel osmótico (P<0.05), por genotipo (P<0.05) e interacción genotipo por nivel osmótico (P<0.05; Gráfica 1). En el nivel de 0 MPa, los genotipos Maturana, 508-C6, B-689, B-592 y ACE-31C presentaron % GE por arriba del 90 %, mayores (P<0.05). La germinación de Diana, B-15 y ACE-21 fue alrededor del 80 %. En el nivel de -0.5 MPa, Maturana, 508-C6, B-689, B-592 y ACE-31C no disminuyeron su % Ge (P >0.05) con respecto al nivel 0 MPa; en este nivel, el genotipo B1-5 aumentó su capacidad de germinación (P<0.05) del 84 al 95%. Los genotipos ACE-21 y Diana no diferenciaron (P >0.05) su germinación entre los niveles de 0 y -0.5MPa. En el nivel de -1 MPa los genotipos Maturana, 508-C6, B-689 y B1-5 fueron persistentes

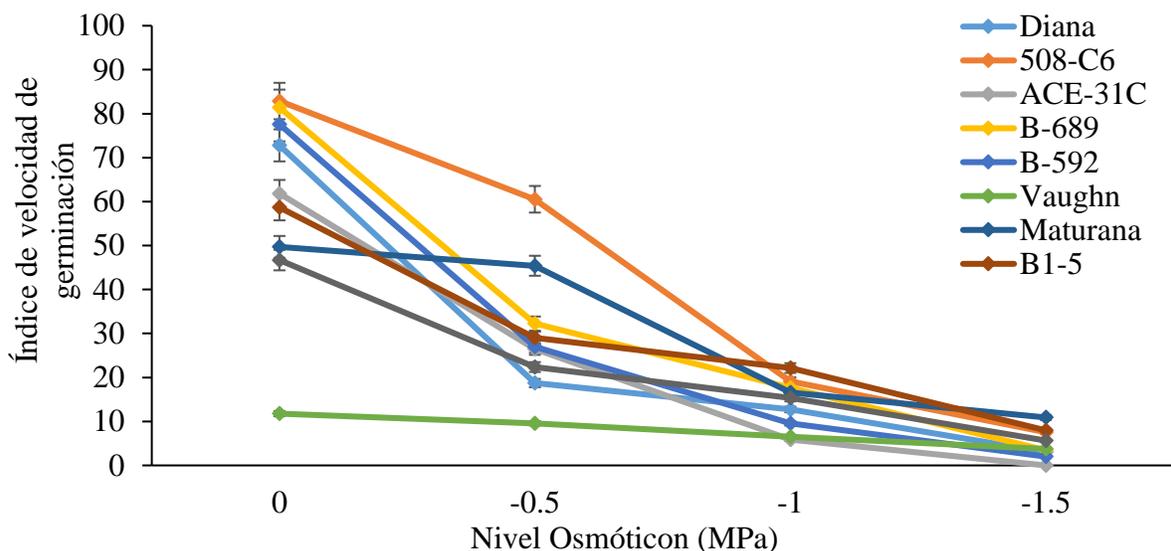
en el %GE al no presentar diferencia ( $P > 0.05$ ) a los niveles de 0 y -0.5 MPa. Sin embargo, los genotipos B-592 y ACE-31, del nivel -0.5 al -1 MPa, redujeron de manera contundente ( $P < 0.05$ ) su germinación del 95 al 60 %. Los genotipos Diana y ACE-21 tampoco mostraron diferencia ( $P > 0.05$ ) entre los niveles 0, -0.5 y -1 MPa. En el nivel de -1.5 MPa, Maturana disminuyó ( $P < 0.05$ ) su germinación con respecto al nivel anterior, no obstante, en el nivel más alto de presión osmótica, este fue el genotipo que presentó el mayor ( $P < 0.05$ ) % GE. El genotipo B-592, en lugar de disminuir o mantener el % GE que presentó el nivel anterior, aumentó de 58 a 70 % del -1 a -1.5 MPa. Llama la atención el comportamiento atípico de este genotipo y contrario a la tendencia que presentaron el resto de los genotipos en este nivel de presión osmótica; al respecto, sería conveniente repetir la prueba para descartar posibles errores en el experimento. Los genotipos 508-C6, B1-5, B-689, ACE-21, Diana y ACE-31C presentaron un %GE entre 36 y 55%, todos estos con una disminución ( $P < 0.05$ ) con respecto al nivel anterior. EL genotipo Vaughn presentó menor ( $P < 0.05$ ) %GE en todos los niveles de presión osmótica que el resto de los genotipos ( $P < 0.05$ ). Sin embargo, vale la pena mencionar que este genotipo no presentó diferencia ( $P > 0.05$ ) en germinación por nivel osmótico, con 34, 31, 34 y 28% en los niveles de 0, 0.5, -1 y -1.5 MPa, respectivamente. En un estudio de estrés hídrico con polietilenglicol, Hardegree y Emmerich (1994) encontraron que el pasto invasor africano (*Eragrostis Lehmanniana*) germinó un 30% a -1.2 MPa, pero al aumentar la presión osmótica a -1.5 MPa la semilla ya no germinó. En especies nativas como los pastos banderita (*Bouteloua curtipendula*) y gigante (*Leptochloa dubia*), la germinación presentada a -2.1 MPa de presión osmótica con manitol fue de 60 y 17 %, respectivamente (Álvarez *et al.*, 2017). La germinación presentada por el genotipo Maturana en este estudio, fue persistente en todos los niveles, a excepción del nivel -1.5 MPa en cual descendió ligeramente de 93 a 83%, valor considerado alto comparado con otras especies introducidas y nativas. En general, la capacidad de germinación en el pasto banderita, está influenciada por el genotipo y el nivel de estrés hídrico.



Gráfica 1. Comportamiento en el porcentaje de germinación de ocho genotipos sobresalientes de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), a diferentes niveles de presión osmótica con manitol.

El IVG presentó efecto por nivel osmótico ( $P < 0.05$ ), por genotipo ( $P < 0.05$ ) e interacción genotipo por nivel osmótico ( $P < 0.05$ ; Gráfica 1). Los genotipos 508-C6, B-689, B-592 y Diana presentaron los IVG más altos ( $P < 0.05$ ) en el nivel de 0 MPa, con valores entre 73 y 81 en escala de 0 a 100. Seguido fueron ACE-31C y B1-5 con mayor ( $P < 0.05$ ) IVG (59 y 62, respectivamente) que Maturana y ACE-21 (47 y 50, respectivamente). En el nivel de -0.5 MPa, los ecotipos Maturana y Vaughn

no disminuyeron ( $P>0.05$ ) su velocidad de germinación con respecto al nivel 0 MPa. No obstante, el valor presentado entre ellos fue de gran diferencia ( $P<0.05$ ), ya que Maturana presentó 50 y 45 de IVG en los niveles 0 y -0.5, mientras que Vaughn 12 y 10, respectivamente. El resto de los genotipos disminuyó significativamente ( $P<0.05$ ) su IVG de 0 a -0.5 MPa. En el nivel de -1 y -1.5 MPa todos los genotipos disminuyeron significativamente ( $P<0.05$ ) su IVG, con respecto a los niveles de presión osmótica anteriores.



Gráfica 2. Comportamiento en la velocidad de germinación de ocho genotipos sobresalientes de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), a diferentes niveles de presión osmótica con manitol.

La precipitación en zonas áridas del norte de México oscila entre los 350 mm anuales, cantidad suficiente para especies adaptadas a estas condiciones, sin embargo, en las últimas décadas las lluvias suelen presentarse en forma errática y torrencial (Corrales *et al.*, 2017; Shriver, 2017). Una alta velocidad de germinación en especies de zonas áridas a niveles tras una desecación rápida del suelo, es una característica deseada en pastos nativos. En el caso de los ecotipos evaluados en este experimento, con excepción de Maturana y Vaughn todos disminuyeron considerablemente su velocidad de germinación. El comportamiento presentado por la mayoría de los genotipos evaluados, puede resultar no deseable para que esta especie compita con gramíneas invasoras en condiciones de sequía. La semilla de especies que presentan una rápida germinación en zonas áridas puede ser una desventaja, ya que la desecación de suelo en etapa de plántula puede ser mortal en especies de baja resistencia a estrés hídrico (Abbott y Roundy, 2003).

### CONCLUSIONES

Los ecotipos de pasto banderita: Maturana, 508-C6, B1-5 y B-689, son los que pudieran presentar el mejor establecimiento en condiciones de estrés hídrico en zonas áridas. Con excepción de Vaughn, en general el porcentaje de germinación en los ecotipos de banderita fue muy bueno, en comparación con otras especies a niveles de estrés hídrico similar. No obstante, el índice de velocidad de germinación que presenta la especie, pudiera ser un factor en contra para el establecimiento de estos genotipos.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, L. B. y B. R. Roundy. 2003. Available water influences field germination and recruitment of seeded grasses. *Journal of Range Management*. 56: 56-64.
- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, A. Melgoza-Castillo y G. Méndez-Zamora. 2017. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. *Ecosis Rec Agropecu*. 4:161-168.
- Corrales, L. R., C. R. Morales, A. Melgoza, J. S. Sierra, J. Á. Ortega y G. Méndez. 2017. Caracterización de variedades de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Rev Mex Cienc Pecu*. 7(2):201-211.
- Corrales, L. R., C. R. Morales, F. Villarreal, E. Santellano, A. Melgoza, A. Álvarez y C. H. Avendaño. 2017. Caracterización morfológica y nutricional de pasto rosado [*Melinis repens* (willd.) zizka] en el estado de Chihuahua. *Agroproductividad*. 10:103-109.
- Hardegree, S. P. y W. E Emmerich. 1994. Seed Germination Response to Polyethylene Glycol Solution Depth. *Seed Science and Technology*. 22:1-7.
- Morales-Nieto C. R., C. H. Avendaño-Arrazate, A. Melgoza-Castillo, K. C. Gil-Vega, A. Quero-Carrillo, P. J. Guerra y M. Martínez-Salvador. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Rev Mex Cienc Pecu*. 7(4):455-469
- Ruiz, M. y O. Torenti. 2012. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. *Rev. Φhyton*. 81:169-176.
- SAS Institute Inc. 2006. SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Shriver, R. K. 2017. Consequences of Changing Rainfall Variability for the Chihuahuan Desert Annual Plant Community. Disertación de Doctorado Duke University. Durham, NC, United States.
- Zhu, Y., X. Yang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, M. Dong y Z. Huang. 2014. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China. *Plant Soil*. 374:399-409.



98.4% mortality, only 3.6% above dilution one. *Larrea tridentata* extract is effective for tick control because it presented similar efficacy than the commercial drug used.

**Keywords:** Tickcide, *Larrea tridentata* , extract, dilutions, bovines.

## INTRODUCCIÓN

El ganado bovino está asediado por la garrapata del género *Boophilus* spp de la familia Ixodidae (garrapatas duras) muy difundida en las regiones tropicales y subtropicales y, para su control se han usado productos químicos, lo que ha provocado resistencia al uso de ixodicidas; esto se debe a la adaptación y selección genética sucesiva en las poblaciones de garrapatas, lo que les permite sobrevivir a su contacto y además, heredar esta característica a su descendencia. Las garrapatas transmiten a los bovinos patógenos como protozoarios, bacterias, virus y nemátodos a través de secreciones salivales, fluidos coxales, regurgitación y heces, además daños a las pieles debido a las picaduras, anemia por pérdida de sangre y producción baja de leche y carne, con las consecuentes afectaciones económicas. Ante esta resistencia y a la contaminación al ambiente, es necesario abordar otras opciones para el control de la garrapata, como el uso de extractos de plantas con propiedades ixodicidas, de lo cual existe poca investigación. Por ello, el objetivo de este trabajo es evaluar diluciones de extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida orgánico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se efectuó en el rancho La Vainilla del poblado Pablo L. Sidar, Mpio. de Chicomuselo, Chiapas, situado a 15° 49'47" latitud N y 92° 16'31" de longitud O, a 610 msnm. Hojas de gobernadora se secaron en estufa a 60°C durante 72 horas, se trituraron y en un envase ámbar se colocaron 250 g de hojas añadiendo tres partes de alcohol etílico de 96° para obtener las resinas de la planta; la mezcla permaneció 25 días en el envase, agitándose frecuentemente; de aquí obtuvimos la Tintura Madre con un colador. En cinco matraces de 100 ml se aforó con agua destilada en c/u. Un mililitro de la tintura madre se agregó al primer matraz (1/100) y de éste se tomó otro mililitro y se puso en el siguiente matraz (1/1000) y así sucesivamente hasta lograr, por duplicado, las cinco diluciones; posteriormente a cada dilución se agregaron 0.58 ml de detergente líquido como surfactante. El testigo empleado fue el garrapaticida químico GARRA BAN MO 29<sup>®</sup> con los ingredientes activos Clorpirifos y Permetrina a una dosis de un mililitro por litro de agua. La unidad de muestra fue un área en el bovino que albergara 50 garrapatas, delimitada con pintura de aceite sobre la piel de los animales, siendo en total 30 áreas (seis diluciones con cinco repeticiones) de cuatro bovinos: un becerro con cinco áreas, una becerro con tres áreas, un semental con 17 áreas y una vaca adulta con cinco áreas. Las garrapatas encontradas fueron *Boophilus annulatus* y *Rhipicephalus sanguineus*. Se efectuaron tres aspersiones de cada dilución en cada área y, la mortandad de garrapatas se midió efectuando conteos en ocho intervalos de tiempo: antes de la aplicación; a los 20 y 40 minutos; 2, 4 y 24 horas y; 4 y 5 días después de la aplicación. La mortandad de garrapatas se realizó observando en cada una de las áreas, cerciorándose de que los parásitos se encontraran muertos. En el análisis de datos se empleó el paquete estadístico NCSS

2007 para medidas de tendencia central (media, mediana y moda) y de dispersión (desviación estándar, coeficiente de variación, rangos, coeficiente de dispersión y normalidad).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 registra los porcentajes de mortandad de garrapatas a diferentes tiempos, en cada área del bovino, a diversas diluciones de extracto de gobernadora. Las diluciones 1, 2, 3, 4 y 5 lograron porcentajes promedio de mortandad de 94.8, 81.2, 78.4, 80.4 y 79.2, respectivamente, mientras que en el testigo fue de 98.4. Estos valores son inferiores a lo reportado por León *et al.* (2014) quienes obtuvieron 100% de mortandad en promedio en las cinco concentraciones de extracto de gobernadora. A las 24 horas se obtuvieron valores de mortandad promedio de 8.8, 4.8, 5.6, 9.6 y 0% para las diluciones 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente, valores inferiores a lo obtenido por León *et al.* (2009) quienes reportan porcentajes de 10.0, 11.11, 12.5 y 16.66 para las potencias 1, 2, 3 y 4 respectivamente; también inferior al 49.03% que en promedio alcanzaron León *et al.* (2014) con la concentración al 75%. A los cuatro días de aplicación de los tratamientos se registraron porcentajes promedio de mortandad de 66.8, 47.6, 49.6, 51.2 y 33.2 para las diluciones de la uno a la cinco, respectivamente, destacando la dilución uno con 66.8%. León *et al.* (2014) registran 100% de control en sus cuatro concentraciones. Al quinto día los valores promedio obtenidos son de 94.8, 81.2, 78.4, 80.4 y 79.2 destacando nuevamente la dilución uno con 94.8 de mortandad. Al comparar las cinco diluciones con el producto químico comercial (Tabla 1) a los 20 y a los 40 minutos, tanto las diluciones como el testigo lograron 0% de control. A las dos horas la dilución tres registró 6 y 4 % de control en su tercera y primera repeticiones, respectivamente y, el testigo 0%. A las cuatro horas el testigo sigue sin tener resultados, mientras que ocho de las 25 áreas muestran efecto de las diluciones, destacando la número tres que presenta control en tres de sus cinco áreas, resultando superior la repetición tres con 8% de mortandad. A las 24 horas tres de las diluciones, 1, 3 y 4, superan ampliamente al testigo pues logran control de 8.8, 5.6 y 9.6% respectivamente y el testigo sólo el 4.4%. A los cuatro días el testigo es mejor que las diluciones pues obtiene 94.4% de control, mientras que las diluciones 1 a la 5 registran 66.8, 47.6, 49.6, 51.2 y 33.2%, respectivamente. Al quinto día también el testigo es mejor ya que presenta 98.4% de control y las diluciones, de la uno a la cinco, 94.8, 81.2, 78.4, 80.4 y 79.2%, respectivamente. Las cinco diluciones fueron mejores que el testigo hasta las 24 horas, pero a los 4 y 5 días, la situación se revirtió. Las cinco diluciones evaluadas son mejores que el 25.3% de mortandad obtenido por Soberanes *et al.* (2002) quienes compararon 10 productos químicos con Amitraz como ingrediente activo. En un análisis global con estadística comparativa, de los datos de campo (Cuadro 2) se obtiene que hay diferencia significativa en cada aplicación pues el número mayor de muertes se aprecia hasta los cinco días, con promedio de 42.7 individuos. Las cuatro primeras observaciones son estadísticamente iguales y prácticamente cero, lo que indica que las diluciones no tienen efecto inmediato. El primer cambio aparece a las 24 h pero no es significativo porque es tan sólo de 2.76 garrapatas. Los cambios significativos se dan a los 4 y 5 días con 28.56 y 42.7 garrapatas muertas (de un total de 50), lo que indica que el efecto acaricida de las diluciones aparece en este tiempo. La prueba D' Agostino Ómnibus K demuestra que la normalidad se acepta para los tiempos 3, 4 y 5, mientras que para los tiempos 1 y 2 no se emplea, pues los datos son muy dispersos.

Cuadro 1. Porcentaje de efectividad para cada uno de los tratamientos con su lectura respectiva.

T.	20 min		40 min		2 hr		4 hr		24 hr		4 días		5 días	
	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%	#	%
1	0	0	0	0	1	2	2	4	0	0	38	76	48	96
1	0	0	0	0	0	0	2	4	7	14	36	72	47	94
1	0	0	0	0	2	4	3	6	7	14	34	68	50	100
1	0	0	0	0	0	0	0	0	6	12	32	64	47	94
1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	27	54	45	90
2	0	0	0	0	1	2	2	4	8	16	28	56	38	76
2	0	0	0	0	0	0	1	2	4	8	20	40	40	80
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	52	42	84
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	56	39	78
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	34	44	88
3	0	0	0	0	2	4	2	4	2	4	18	36	32	64
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	58	42	84
3	0	0	0	0	3	6	4	8	4	8	35	70	45	90
3	0	0	0	0	0	0	3	6	8	16	34	68	42	84
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16	35	70
4	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	26	52	40	80
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34	68	43	86
4	0	0	0	0	0	0	0	0	10	20	28	56	41	82
4	0	0	0	0	0	0	0	0	12	24	14	28	42	84
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26	52	35	70
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	16	40	80
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	24	43	86
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	32	41	82
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	34	33	66
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	60	41	82
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	88	49	98
6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	48	96	50	100
6	0	0	0	0	0	0	0	0	7	14	46	92	47	94
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	50	100
6	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	48	96	50	100
<b>Total</b>	50	100%	50	100%	50	100%	50	100%	50	100%	50	100%	50	100%

T Número de tratamiento  
# Número de individuos muertos  
% Porcentaje de efectividad

Cuadro 2. Comparación de medias y prueba D'Agostino Ómnibus K.

Dilución	N	$\bar{x}$	Desv.Est.	Min	Máx	Rango	Me dia na	Moda	C.V. %	C. Disp. %	D'Agostino Ómnibus K
20 min	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40 min	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 h	30	0.3	0.74	0	3	3	0	0	2.49	0	A
4 h	30	0.63	0.63	0	4	4	0	0	1.83	0	A
24 h	30	2.76	3.6	0	12	12	1	0	1.3	2.76	A
4 días	30	28.56	11.76	8	50	42	28	0	0.41	32	R
5 días	30	42.7	5.06	32	50	18	42	0	0.11	9.44	R

### CONCLUSIONES

El extracto de *Larrea tridentata* es efectivo en el control de garrapata en ganado Brahman y presenta eficacia semejante al testigo, un producto químico comercial. Las diluciones muestran su mejor eficacia a los cinco días de aplicadas, igual que el garrapaticida comercial y tienen casi el mismo efecto que él, que logró 98.4% de control y la dilución mejor un 94.8% a los cinco días. El orden de efectividad fue: 94.8, 81.2, 80.4, 79.2 y 78.4% para las diluciones uno, dos, cuatro, cinco y tres.

### LITERATURA CITADA

- FAO (Food and Agriculture Organization). 1993. Norma Mexicana N 006-ZOO, requisitos de efectividad biológica para los ixodicidas de uso en bovinos y métodos de prueba. México. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.p. 39-42.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J.R. Reynaga V., L. Pérez R., A. Zalinas Z. y J. Cabrera H. 2014. Evaluación de concentraciones de extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida.V Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. SOMMAP-INIFAP. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. p. 31-38.
- León G., L.L. de, M. Rodríguez A., J.R. Reynaga V., M.J. Ayala O. y L. Rodríguez G. 2009. Extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida contra un químico comercial (Amitraz).VI Simposio Internacional de Pastizales. ITESM-UANL. Monterrey, N.L., México. p. 40-51.
- Soberanes C., N., M. Santamaría V., H. Fragoso S. y Z. García V. 2002. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. Técnica Pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p. 40.

## EVALUACIÓN DEL NODRICISMO EN LA SOBREVIVENCIA Y DESEMPEÑO DE ARBUSTOS

### EVALUATION OF THE NURSING EFFECT ON SURVIVAL AND PERFORMANCE OF SHRUBS

Luis Lauro de León González<sup>1</sup>, Miguel Mellado Bosque<sup>2</sup>, Juan Ricardo Reynaga Valdés<sup>1</sup>, Luis Pérez Romero<sup>1</sup>, José Duñez Alanís<sup>1</sup>, Lourdes Ortiz Ortiz<sup>1</sup> y Jesús Cabrera Hernández<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Departamento de Recursos Naturales Renovables, y <sup>2</sup> Departamento de Nutrición Animal-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coah., México. CP. [25315](mailto:ldeleong@gmail.com)  
[ldeleong@gmail.com](mailto:ldeleong@gmail.com)

#### RESUMEN

El objetivo fue evaluar a *Flourensia cernua* (hojasén), como planta nodriza para rehabilitar pastizales. Se trabajó en el Rancho Los Ángeles, municipio de Saltillo, Coah. México. La nodriza fue *Flourensia cernua* y bajo su dosel se plantaron siete especies: *Prosopis glandulosa* (mezquite), *Atriplex canescens* (costilla de vaca), *Atriplex numularia* (numularia) *Agave atrovirens* (maguey manso), *Agave scabra* (maguey áspero), *Agave salmiana* (maguey salmiana) y *Opuntia rastrera* (nopal rastrero), en cuatro orientaciones geográficas: NE, SE, SO y NO, con 10 individuos de cada especie. Se plantaron 280 arbustos distribuidos en 28 líneas de 10 plantas de la misma especie por línea y en la misma orientación geográfica. A los cinco primeros arbustos de cada línea se les añadió excremento de borrego como abono; se hicieron cuatro repeticiones. El testigo fue sin nodriza. La toma de datos se hizo en: invierno, primavera, verano y otoño y, evaluamos: sobrevivencia, crecimiento, cobertura aérea, fitomasa aérea, efecto del abono y orientación geográfica. El análisis estadístico fue con el programa NCSS 12.0.2 y con STATISTICA 7.0. La orientación NE fue la mejor para sobrevivencia, cobertura aérea, crecimiento, fitomasa aérea y las especies sobresalientes *A. atrovirens*, *A. scabra* y *O. rastrera*. El abono de borrego benefició a *P. glandulosa* y a *O. rastrera*. Todas las variables estudiadas fueron superiores al testigo. *Flourensia cernua* favorece el establecimiento de arbustos bajo su dosel.

**Palabras clave:** Nodricismo, sobrevivencia, arbustos, rehabilitación, pastizales, hojasén.

#### ABSTRACT

The objective was to evaluate *Flourensia cernua* (Hojasén), as a nursery plant to rehabilitate rangelands. The study was carried out at Rancho Los Angeles, Saltillo, Coah., Mexico. The nurse plant was *Flourensia cernua* and seven species were planted under its canopy: *Prosopis glandulosa* (mesquite), *Atriplex canescens* (fourwing saltbush), *Atriplex numularia* (numularia) *Agave atrovirens* (pulque agave), *Agave scabra* (rough maguey) *Agave salmiana* (maguey salmiana) and *Opuntia rastrera* (prickly pear cactus), in four geographical orientations: NE, SE, SO and NO, with 10 individuals for each species. 280 shrubs were planted and distributed in 28 lines of 10 plants of the same species per line and in the same geographical orientation. Sheep dung as fertilizer was added to the first five bushes of each line; four repetitions were used. The control was without a nurse plant. Data collection was carried out in: winter, spring, summer and autumn and we evaluated: survival, growth, aerial cover, aerial phytomass, fertilizer effect and geographical orientation. The statistical analysis was with the NCSS 12.0.2 program and with STATISTICA 7.0.

The NE orientation was the best treatment for survival, aerial cover, growth, aerial phytomass and the species with the better response were *A. atrovirens*, *A. scabra* and *O. rastrera*. The sheep feces benefited *P. glandulosa* and *O. rastrera*. All the variables studied were superior to the control. *Flourensia cernua* favors the establishment of shrubs under its canopy.

**Palabras clave:** Nurse plants, survival, shrubs, rehabilitation, grasslands.

## INTRODUCCIÓN

La utilización irracional de los pastizales provoca una ruptura en su equilibrio, afectando su funcionamiento, tanto en los procesos ecológicos como en la eficacia de producción de biomasa. Si la vegetación deseable ha sido muy dañada por pastoreo excesivo, sequías e invasión de plantas indeseables, la recuperación natural es un proceso que lleva muchos años e incluso en algunos casos nunca ocurre, si es así, se requiere la intervención del hombre y, una opción es la revegetación de especies deseables. Una vía de esto último es el nodricismo que no es otra cosa que una madre que proporcione los medios para que los vástagos, en este caso las especies vegetales por establecer, tengan los medios para desarrollarse. Por ello, la recuperación de suelos, pastizales y biomasa se puede lograr a través del nodricismo y la resiembra de pastizales. Es así que en este trabajo se evalúa al nodricismo en la sobrevivencia y desempeño de arbustos plantados bajo el dosel de la planta nodriza.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio, del año 2013, se utilizó como planta nodriza a *Flourensia cernua* (hojasén). Siete especies arbustivas fueron plantadas bajo su dosel en orientaciones: NE, SE, SO y NO, a citar: *Prosopis glandulosa* (mezquite), *Atriplex canescens* (costilla de vaca), *Atriplex numularia* (numularia) *Agave atrovirens* (maguey manso), *Agave scabra* (maguey áspero), *Agave salmiana* (maguey salmiana) y *Opuntia rastrera* (nopal rastrero). La plantación, realizada en otoño de 2011, fue en líneas de 10 individuos por especie y por orientación geográfica. Se plantaron 280 arbustos en 28 líneas (con cuatro repeticiones) y para el testigo se contemplaron 10 arbustos por especie en siete líneas, pero sin nodriza, por ello se plantaron 70 arbustos más para un total de 350. Al plantar los arbustos se agregaron heces de borrego, como abono, a las primeras cinco plantas de cada línea, además de un litro de agua y se hizo un cajete para la captación de agua, para todos los arbustos. Se evaluó: sobrevivencia, cobertura aérea, crecimiento, efecto del abono, fitomasa aérea y orientación geográfica. Todos los parámetros se evaluaron cada estación del año y la fitomasa sólo en otoño. La sobrevivencia se determinó contando los arbustos; la cobertura aérea se obtuvo al medir diámetro mayor y menor de los arbustos, con la fórmula del lipse:  $\pi * r1 * r2$ . En el crecimiento se midió la longitud de la penca en nopales, la hoja de los magueyes y el diámetro del tallo en arbustos. El efecto del abono se obtuvo con el promedio de sobrevivencia de los arbustos que recibieron abono contra los que no se les aportó. Con la técnica Adelaida (Andrew *et al.*, 1979) se estimó fitomasa aérea y para la orientación geográfica se contó el número de arbustos sobrevivientes por orientación. Se presentan datos de 2013, año de la evaluación. **Diseño y Análisis Estadístico-Estadística descriptiva:** En la evaluación de sobrevivencia, cobertura aérea, crecimiento, orientación geográfica, efecto del abono y fitomasa aérea se hizo con el paquete estadístico NCSS 12 para obtener las medidas de tendencia central y de dispersión (Moore, 2000).

En la Estadística Comparativa se empleó el criterio de decisión de t-Student como prueba de rango múltiple para conocer la significancia ( $\neq > <$ ) entre tratamientos; se compararon las medias de los tratamientos con el testigo para cada orientación geográfica y estaciones del año, para cobertura aérea ( $\text{cm}^2$ ) y crecimiento ( $\text{cm}$ ); para fitomasa aérea ( $\text{g}$ ) sólo en otoño. La sobrevivencia de cada especie se calculó con estadística no paramétrica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Estadística Descriptiva.** Efecto de la orientación geográfica bajo el dosel de la nodriza al final del año (otoño). Cobertura aérea de todas las especies. Todas las orientaciones fueron superiores al testigo y la NE fue la mejor, superándolo en 2.79 veces; los valores para la SE, SO y NO fueron 1.80, 1.44 y 1.10 veces más que el testigo (Fig. 1). **Crecimiento de todas las especies.** La orientación con mayor crecimiento fue la NE pues superó en 1.24 veces al testigo, seguida de la SE, que lo rebasó en 1.04 veces; las orientaciones SO y NO fueron superadas por el testigo en 1.07 y 1.06 veces (Fig. 2). **Fitomasa aérea de todas las especies.** La NE mejoró al testigo en 1.58 veces y, la SE en 1.04; la SO y NO fueron inferiores al testigo en 1.09 y 1.85 veces (Fig.3).

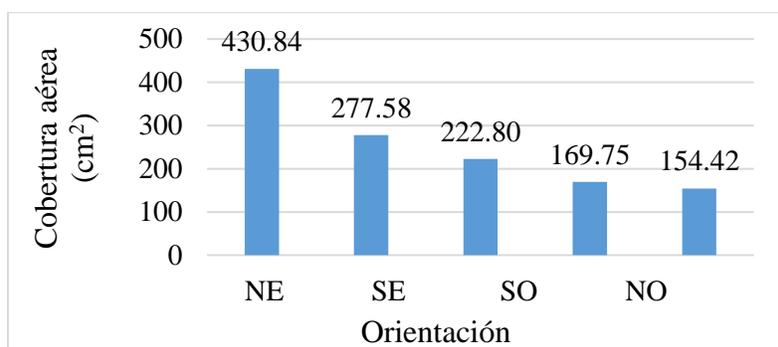


Figura 1. Comparación de medias de cobertura aérea ( $\text{cm}^2$ ) de todas las especies, en las cuatro orientaciones geográficas con respecto al testigo, en la estación de otoño (5 de diciembre de 2013).

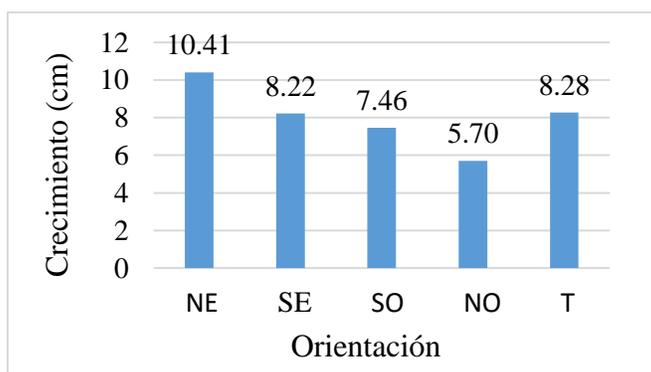


Figura 2. Comparación de medias de crecimiento ( $\text{cm}$ ) de todas las especies, en las cuatro orientaciones geográficas con respecto al testigo, en la estación de otoño (5 de diciembre de 2013).

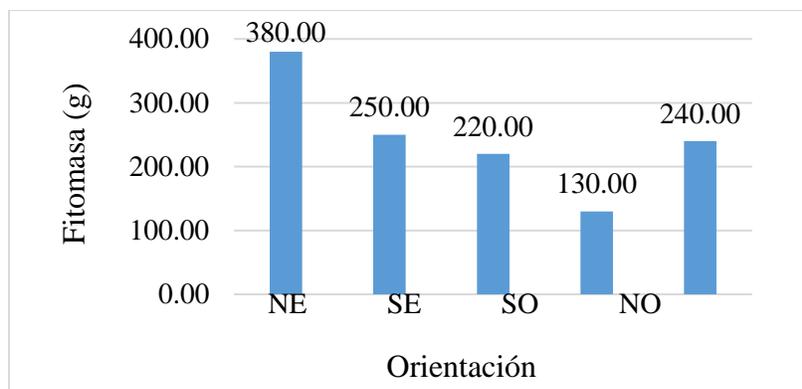


Figura 3. Comparación de medias de fitomasa aérea (g) de todas las especies, en las cuatro orientaciones geográficas con respecto al testigo, en la estación de otoño (5 de diciembre de 2013).

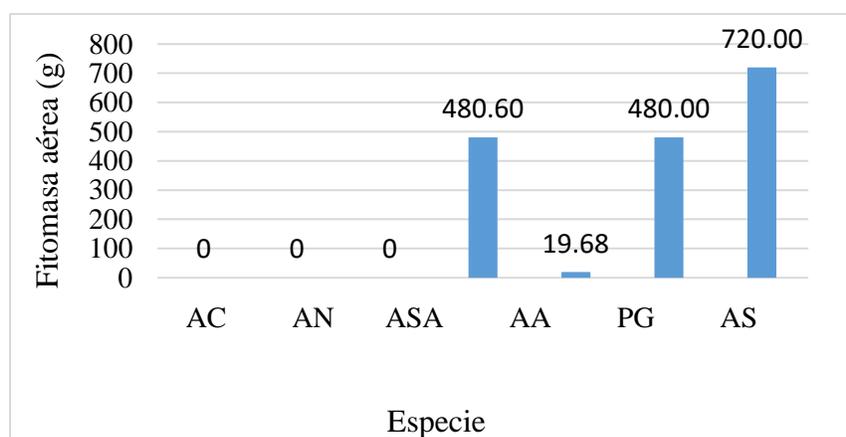


Figura 4. Comparación de medias de fitomasa aérea (g) para cada una de las especies, al final del año (5 de diciembre de 2013).

**Cobertura y crecimiento por especie en la última estación del año.** La cobertura mayor fue de *A. atrovirens*, con 814.05 cm<sup>2</sup>, inferior a León *et al.* (2011b) con 1245.57 cm<sup>2</sup> pero superior a León *et al.* (2008; 2009; 2011a; 2017) quienes consignan 198.51, 163.87, 25.06 y 392.08 cm<sup>2</sup> aunque para ellos fue la segunda especie, ya que la mejor fue *O. rastrera*. En **crecimiento**, la especie mejor fue *A. atrovirens* con 20.52 cm, superior a lo encontrado por León *et al.* (2008, 2011a; 2017) con 8.57, 13.5 y 9.98 cm, pero inferior a lo registrado por León *et al.* (2011b) con 37.64 cm. La segunda especie fue *O. rastrera* con 19.15cm, mejor a lo reportado por León *et al.* (2009; 2011a; 2011b; 2008; 2017) con 3.96, 3.09, 3.13, 4.9 y 3.29 cm. En **fitomasa aérea**, *O. rastrera* aporta 720.0 g (Fig. 4), valor muy superior a los presentados por León *et al.* (2008; 2009; 2011a; 2011b; 2017) con cifras de 31.97, 47.78, 84.2 194.7 y 244.0 g, aunque para estos autores fue la segunda especie, ya que la primera fue *A. atrovirens*, especie que en este estudio registró 480.6 g. **Efecto del abono sobre el establecimiento de las especies.** La especie que logró mejores resultados en sobrevivencia por efecto del abono fue *P. glandulosa*, con ocho veces más que a las plantas de la misma especie sin abono; *O. rastrera* fue 1.1 veces superior y el resto de las especies mostraron el mismo resultado de sobrevivencia, con y sin abono. **Estadística comparativa.** Se registró significancia ( $P \leq 0.05$ ) para cobertura (cm<sup>2</sup>) en la orientación NE en el verano y alta significancia ( $P \leq 0.01$ ) en la misma variable y orientación, pero en la estación de otoño. Además, en fitomasa aérea (g) en la SE se

presentó diferencia de 1.8 veces más que el testigo, que aunque no es una diferencia estadística, si lo es desde el punto de vista ecológico. **Sobrevivencia.** La orientación NE fue la mejor, con sobrevivencia del 44.29% y las especies sobresalientes, *A. atrovirens*, *A. scabra* y *O. rastrera*. León *et al.* (2017) coincide con estas especies, aunque su valor fue inferior, de 15.71%. No sobrevivió ningún arbusto del género *Atriplex* ni *A. salmiana*.

## CONCLUSIONES

*Flourensia cernua*, como nodriza, tiene efecto favorable en la sobrevivencia de arbustos bajo su dosel. La orientación mejor en crecimiento, cobertura aérea, fitomasa aérea y orientación geográfica fue la NE y, *A. atrovirens*, *A. scabra* y *O. rastrera* las especies sobresalientes. En *P. glandulosa* y *O. rastrera* la sobrevivencia fue mayor en arbustos con abono de borrego contra los que no lo recibieron.

## LITERATURA CITADA

- Andrew, N.H., I.R. Noble and R.T. Lange. 1979. A non destructive method for estimating weight of forage in shrubs. *Aust. Rangeland J.* 1(3): 225-231.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J.R. Reynaga V., L. Pérez R., and G. Cruz M. 2011 a. Rehabilitation of degraded ecosystems by using facilitation of *Larrea tridentata* and cattle manure to establish desert shrubs. IX International Rangeland Congress. Diverse Rangelands for a Sustainable Society. IX IRC2011-INTA-AAMPN. Rosario, Argentina. p. 221.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J.R. Reynaga V., L. Pérez R., J. Duéñez A. y M.R. Cruz G. 2017. *Larrea tridentata* (Gobernadora) como nodriza de arbustos, en la rehabilitación de pastizales. Simposio Manejo del Pastoreo Toral para la Sustentabilidad de los Patizales. SOMMAP- INIFAP. Chihuahua, Chih. p. 44-48.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J. R. Reynaga V., L. Pérez R., A. Ramos P. y J. Cabrera H. 2011b. El nodricismo como herramienta para rehabilitar pastizales deteriorados. Reunión Conjunta de Producción Animal y Manejo de Pastizales. XXI Reunión Internacional de Carne y Leche en Climas Cálidos. 2° Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. UACH-INIFAP-SOMMAP. Chihuahua, Chih., México. 4 p.
- León G., L.L. de, J. R. Reynaga V., L. Pérez R. y A. López M. 2008. Efecto del nodricismo en el establecimiento de especies para rehabilitar áreas degradadas. Resúmenes del Tercer Congreso Internacional de Ecosistemas Secos. Santa Marta, Colombia. p. 277-278.
- León G., L.L. de, J. R. Reynaga V., L. Pérez R., F.C. Paz G. y J. Cabrera H. 2009. Influencia del nodricismo, orientación geográfica y abono sobre el establecimiento de arbustos forrajeros. Memorias VI Simposio Internacional de Pastizales. UANL-ITESM. Monterrey, N.L.
- Moore, S.D. 2000. Estadística aplicada básica. Ed. Antoni Bosch. 2 ed. New York p. 33-35.

ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS DE PASTO MOMBAZA *Megathyrus maximus*  
SOLO Y ASOCIADO CON LEGUMINOSAS EN LA REGIÓN CENTRAL DE  
VERACRUZ

ESTABLISHMENT OF MOMBAZA GRASS *Megathyrus maximus* ONLY AND  
ASSOCIATED WITH LEGUMINOUS IN THE CENTRAL REGION OF VERACRUZ

Javier Francisco Enríquez Quiroz<sup>1\*</sup>, Jose Pablo Manrique Martínez<sup>2</sup>, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar<sup>3</sup> y Abraham  
Fragoso Islas<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental La Posta, INIFAP; <sup>2</sup>Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan; <sup>3</sup>Campo Experimental  
Huimanguillo, INIFAP; <sup>4</sup>Sitio Experimental Las Margaritas, INIFAP.

[enriquez.javier@inifap.gob.mx](mailto:enriquez.javier@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El objetivo fue evaluar el tiempo de establecimiento de una pradera de Mombaza solo y asociado con leguminosas. En el Campo Experimental “La Posta”, en Paso del Toro, Veracruz, se establecieron praderas en 2 hectáreas con pasto Mombaza solo y 2 hectáreas para la asociación Mombaza + Clitoria y Kudzu. La siembra se realizó en forma mecánica, con separación entre líneas de 40 cm. Se midió altura, cobertura y conteo de plantas a las 3, 6, 9 y 12 semanas post-siembra y a las 12 semanas acumulación de forraje seco. La información se analizó mediante un diseño en bloques al azar y la comparación de medias con Tukey. No hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos en altura y cobertura, sin embargo, a las 12 semanas el pasto alcanzó alturas de más de 1 metro y cobertura superior al 90%. Tampoco se registraron diferencias en el número de tallos y plantas entre tratamientos ( $P > 0.05$ ). Las leguminosas, tuvieron un pobre desempeño, la altura máxima de plantas de 59 y 9.2 cm, número de plantas de 4 y 1 y coberturas de 4 y menos de 1 %/m<sup>2</sup>, para Clitoria y Kudzu, respectivamente. En la producción de forraje a los 86 días postsiembra, no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ), con 4.6 y 5.9 t/ha de materia seca/ha, para las pradera asociada y sola, respectivamente. Se concluye que la pradera de Mombaza se estableció a los 86 días, las leguminosas tuvieron un pobre desempeño y se espera que el próximo año una vez iniciado el temporal su desempeño sea mejor.

**Palabras clave:** Pastos tropicales, leguminosas, establecimiento, asociaciones.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the time of establishment of a prairie of Mombaza grass alone and associated with legumes. In the Experimental Field "La Posta", in Paso del Toro, Veracruz, pastures were established on 2 hectares with Mombaza grass alone and 2 hectares for the Mombaza + Clitoria and Kudzu association. The sowing was done mechanically, with separation between lines of 40 cm. Height, cover and plant count were measured at 3, 6, 9 and 12 weeks after planting and at 12 weeks accumulation of dry fodder. The information was analyzed using a randomized block design and the comparison of means with Tukey. There were no differences ( $P > 0.05$ ) between treatments in height and coverage, however, at 12 weeks the grass reached heights of more than 1 meter and coverage greater than 90%. There were also no differences in the number of stems and plants between treatments ( $P > 0.05$ ). The legumes, had a poor performance, the maximum height of plants of 59 and 9.2 cm, number of plants of 4 and 1 and coverage of 4 and less than 1% /m<sup>2</sup>, for Clitoria and Kudzu, respectively. In the forage production at 86 days after planting, there were no differences ( $P > 0.05$ ), with 4.6 and 5.9 t / ha of dry matter / ha, for the associated grassland and

alone, respectively. It is concluded that Mombaza's prairie was established at 86 days, the legumes had a poor performance and it is expected that next year once the storm starts, their performance will be better.

**Keywords:** Tropical grasses, legumes, establishment, associations.

## INTRODUCCIÓN

La producción animal basada en el pastoreo, es el sistema más económico en el mundo para producir carne, leche o becerros (Peyraud *et al.*, 2010), y permite el bienestar del animal al estar éste en libertad. En las zonas tropicales, y en particular en el trópico húmedo, la producción pecuaria basada en el pastoreo presenta un potencial sustentable por contar con praderas naturales permanentes. Sin embargo, estas praderas son de baja calidad, principalmente bajas en proteína, la cual apenas supera el 7% dependiendo de la especie, edad de la planta, época del año y fertilidad del suelo (Juárez *et al.*, 2004; Enriquez *et al.*, 2011). Además, para un adecuado funcionamiento del rumen, se requiere de forraje con no menos de 7% de proteína. Una opción para incrementar la concentración de proteína de la pradera es mediante el uso de leguminosas, por presentar hasta más de dos veces proteína que las gramíneas (García *et al.*, 2015). Hace algunos años se había ya considerado esta alternativa; sin embargo, también se tenía la opción de mejorar la calidad (y cantidad) de la biomasa de las praderas en monocultivo con altas dosis de fertilizante nitrogenado. Posiblemente, el uso y bajo costo de los fertilizantes, fue una de las razones de la falta de interés por utilizar leguminosas en asociación con gramíneas. En esa época la investigación en forrajes estuvo orientada a la fertilización nitrogenada de praderas en monocultivo, como alternativa para mejorar su calidad y producción. Actualmente, se tiene un doble interés por las leguminosas forrajeras: 1. Alimenticio. Por su alta concentración de proteína, eficientemente aprovechada por presentar las leguminosas mayor concentración de polifenoles que las gramíneas (García *et al.*, 2015), los cuales protegen a las proteínas de su degradación y pérdida en rumen, lo que permite su paso hacia intestino delgado donde son absorbidos a torrente sanguíneo. 2. Ambiental. Las leguminosas al disminuir la degradación y fermentación del alimento en rumen, se disminuyen también las emisiones del gas metano por las vacas. Además, las leguminosas fijan nitrógeno al suelo, fertilizando y beneficiando a las gramíneas acompañantes (Albayrak y Tuyk, 2013), lo que ayuda a disminuir la dosis de fertilización nitrogenada, y por consiguiente a contaminar menos el suelo. El objetivo de este estudio fue evaluar el tiempo de establecimiento de una pradera de Mombaza solo y asociado con leguminosas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en el Campo Experimental La Posta del INIFAP, en Paso del Toro, Medellín, Ver., El clima de la región corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1,337 mm. Los suelos son vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y contenido de materia orgánica de 2.6%. El suelo se preparó mediante barbecho y un rastreo cruzado del terreno. La densidad de siembra de cada variedad tanto de pasto como de leguminosas se presenta a continuación:

- Pasto en Monocultivo: Mombaza 8.0 kg/ha
- Asociación Pasto + leguminosas:
  - Mombaza se recomiendan 8 kg/ha, considerando 56 %, se utilizaron 4.4 kg /ha
  - Kudzu se recomiendan 5 kg/ha, considerando 22 %, se utilizaron 1.1 kg/ha
  - Clitoria se recomiendan 15 kg/ha, considerando 22 %, se utilizaron 3.3 kg/ha

**Siembra.** La siembra se realizó en forma mecánica con una sembradora de grano pequeño, con separación entre líneas de 40 cm. Para distribuir la densidad apropiada de semilla por hectárea, la semilla se mezcló con sales minerales a razón de 20 kg + la cantidad de semilla antes indicada. Para registrar el avance del establecimiento se hicieron mediciones a las 3, 6 9 y 12 semanas después de la siembra, el muestreo consistió en la toma de altura, cobertura y conteo de plantas en un marco de 1.0 m<sup>2</sup>, tomado 4 muestreos al azar en cada potrero, tal como lo señala Toledo y Schultze-Kraft (1982). A las 12 semanas se realizó una estimación de acumulación de forraje seco de las praderas. La información se analizó mediante un diseño en bloques al azar con PROC GLM de SAS, y la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey (SAS Institute, 2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Condiciones climáticas.** La siembra se realizó a inicios del mes de septiembre de 2018, tiempo durante el cual hubo condiciones favorables de precipitación con 170 y 131 mm en septiembre y octubre, respectivamente y temperaturas adecuadas para el establecimiento de la pradera. **Altura y cobertura de plantas.** Los datos obtenidos se presentan en la Figura 1, en los cuales no hubo diferencias ( $P>0.05$ ) para ninguno de los muestreos realizados, sin embargo, en la figura se observa cómo se fue incrementando la altura y cobertura del suelo conforme transcurrió el tiempo de establecimiento, hasta llegar a las 12 semanas donde se obtuvo una altura de más de 1 metro y una cobertura superior al 90%.

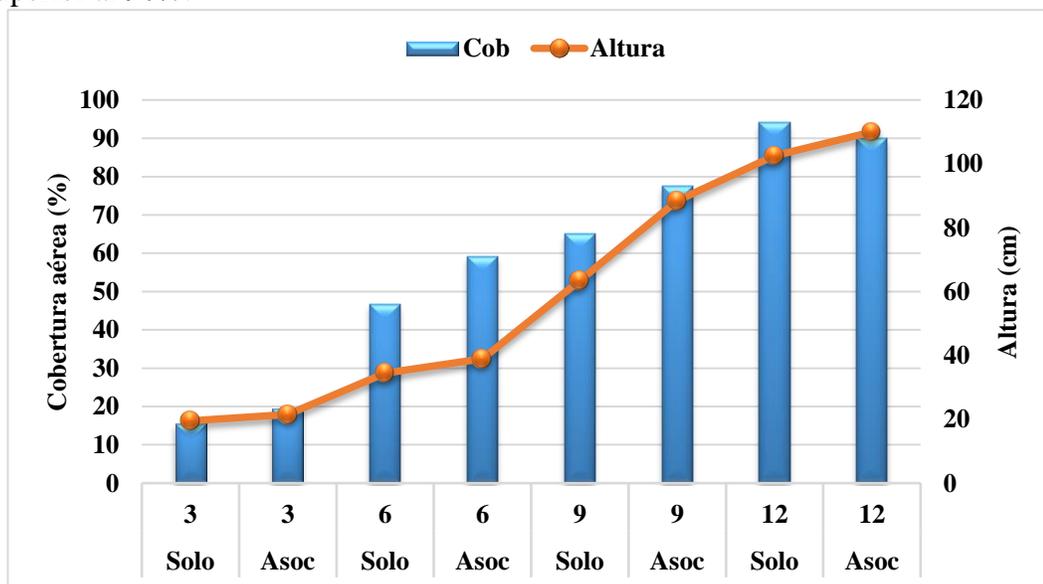


Figura 1. Altura y cobertura de plantas a diferentes edades pos siembra en semanas del pasto Mombaza solo y asociado con leguminosas.

**Dinámica de rebrote:** la dinámica de rebrote no registro diferencias ( $P>0.05$ ) entre tratamientos, aunque en la Figura 2, se observa la dinámica que tuvieron ambos componentes en el tiempo, iniciando con una alta densidad de plantas por metro cuadrado superior a las 100 plantas/m<sup>2</sup> a las 3 semanas de crecimiento y su declinación a través del tiempo, con el surgimiento e incremento del número de tallos/m<sup>2</sup>, producto del desarrollo de macollos con valores superiores a los 300 tallos/m<sup>2</sup> a las 12 semanas postsiembra.

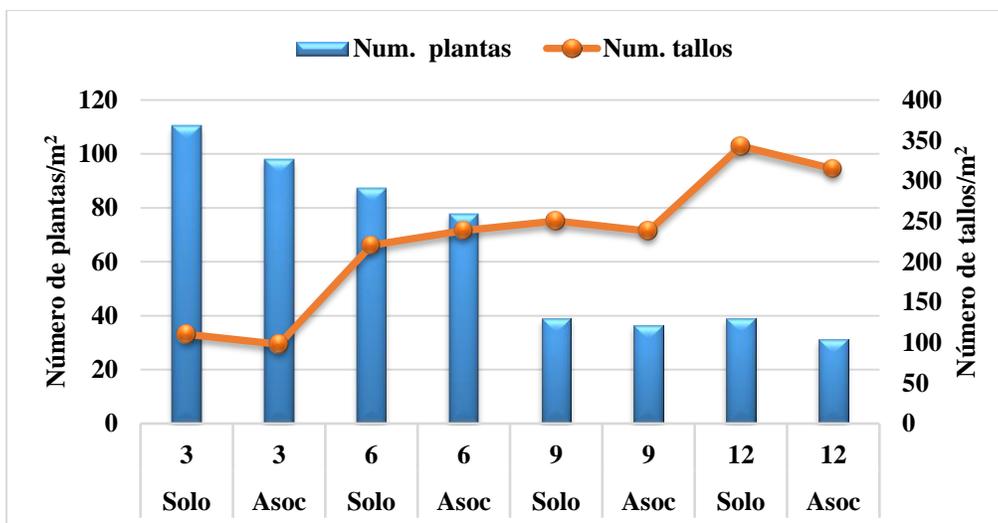


Figura 2. Dinámica de amacollamiento a diferentes edades pos siembra en semanas del pasto Mombaza solo y asociado con leguminosas.

Con respecto al comportamiento de las leguminosas, los datos se muestran en la Figura 3, en la cual se observa una mayor altura de Clitoria con relación al Kudzu, dado por su hábito de crecimiento erecto, mientras que el Kudzu, además de ser de hábito de crecimiento rastro, su establecimiento ha sido más lento. Con relación a cobertura, se observa un bajo porcentaje del suelo cubierto por parte de las leguminosas, esto posiblemente se deba a la agresividad y hábito de crecimiento de la gramínea, ya que las leguminosas quedaron en el mismo surco en el cual se sembró la gramínea, lo que posiblemente propicio competencia en el dosel. Con respecto al número de plantas por metro cuadrado, se observaron siete plantas de Clitoria y solo una de Kudzu, se espera que una vez que la pradera sea pastoreada y haya disminuido la altura del pasto, además de la presencia de lluvias, las leguminosas emerjan y compitan con la gramínea.

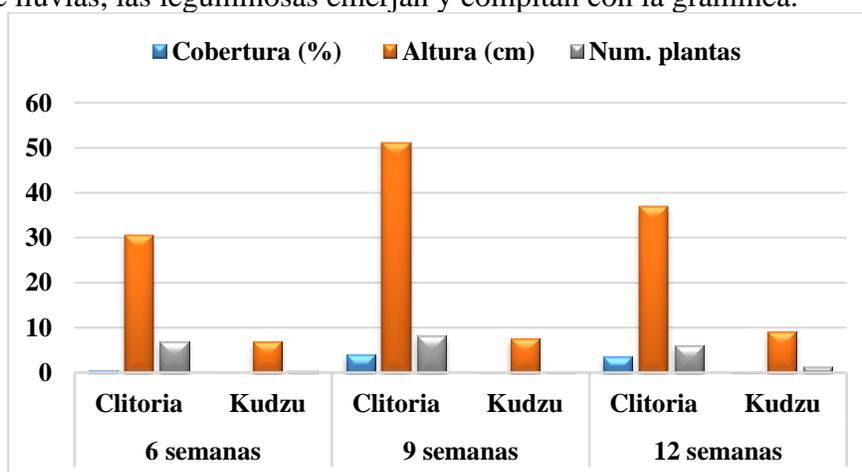


Figura 3. Altura, cobertura y número de plantas de Clitoria y Kudzu por metro cuadrado en asociación con pasto Mombaza, durante la fase de establecimiento.

**Producción de forraje**, a los 86 días postsiembra, se realizó un muestreo para medir la acumulación de forraje durante el establecimiento de la pradera, los resultados se muestran en la Figura 4, en la cual tampoco hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos, se observa que tanto en

los potreros solos y asociados la disponibilidad de forraje verde fue superior a las 20 toneladas y el forraje seco fue de 4.6 y 5.9 t/ha, para la pradera asociada y sola, respectivamente, obtenidos por un proceso de crecimiento de 86 días, en este tiempo se considera que la pradera quedó totalmente establecida y lista para iniciar el aprovechamiento mediante pastoreo.

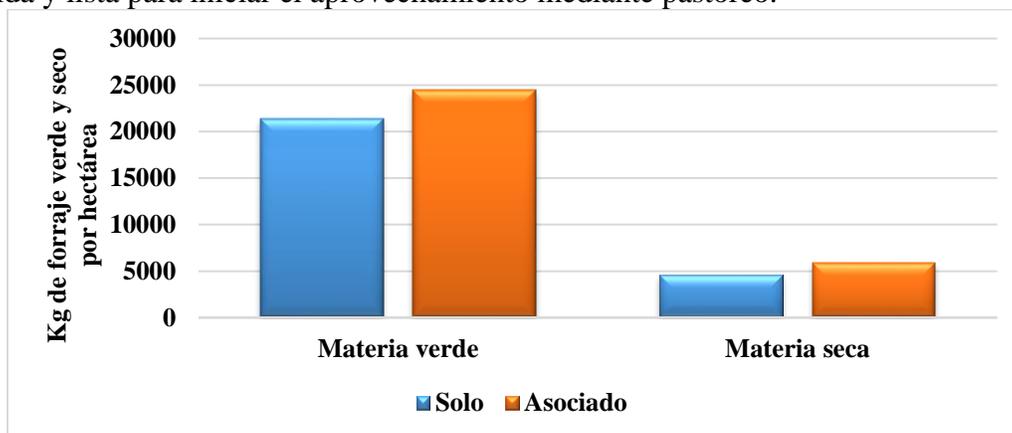


Figura 4. Acumulación de materia verde y seca en la pradera a los 86 días después de la siembra

### CONCLUSIONES

Después de 86 días las praderas se establecieron completamente, sin embargo, en la pradera asociada, las leguminosas mostraron una mayor lentitud, posiblemente por fuerte competencia con la gramínea, y la menor velocidad de crecimiento.

### LITERATURA CITADA

- Albayrak, S., M. Turk. 2013. Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures throughout a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 37: 139-147.
- Enríquez, Q. J. F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico Núm. 28. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental La Posta. Veracruz, México. 404 p.
- García, F. L., E.D. Bolaños A., J. Ramos J., M. Osorio A., L. C. Lagunes E. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 6(4): 453-468.
- Juárez, H.J., E. D. Bolaños A. y M. Reinoso. 2004. Content of protein per unit dry matter accumulated in tropical pastures. Winter. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 38(4): 415-421
- Peyraud, J. L, P. Dupraz, E. Samson, E, Le Gall A, Delaby L. 2010. Produire du lait en maximisant le pâturage pour concilier performances économiques et environnementales. p. 17-24. *In: Rencontres Recherches Ruminants*. 8-9 décembre Paris, France.
- Toledo, J.M. y R. Schultze-Kraft. 1982. Metodología para la evaluación agronómica. p. 91-110. *In: Jose M. Toledo (ed.). Manual para la Evaluación Agronómica*. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales CIAT, Cali, Colombia.
- SAS Institute. (2003). SAS language: Release 8.2 for Windows. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.



of the test, the treatment with mycorrhizae had 18% more in forage production in relation to the control.

**Keywords:** *Megathyrsus maximus*, *Glomus intraradices*, dry matter yield, height.

## INTRODUCCIÓN

La ganadería y la agricultura moderna ha provocado que la degradación de los suelos sea constante y de manera acelerada Villegas (2018), en consecuencia, de los malos manejos y uso excesivo de agroquímicos en especial los fertilizantes elaborados de manera sintética como los nitrogenados Aguirre-Medina *et al.*, (2006). Por otra parte, la deforestación ha afectado la rizosfera de los suelos en respuesta a los monocultivos juntamente con los fertilizantes y los agroquímicos. Por ello la utilización de fertilizantes orgánicos o biológicos (biofertilizantes) son una alternativa como componentes en la intensificación de la producción ganadera en especial de los pastos sin causar un mayor daño que los sistemas tradicionales. Los biofertilizantes microbianos como las micorrizas o endomicorrizas (*Glomus intraradices*) benefician el desarrollo de las plantas y mejoran las condiciones en el suelo mediante el incremento en el área de exploración del sistema radical y mayor abastecimiento de nutrientes y agua (Aguirre-Medina *et al.*, 2005), mejor aprovechamiento del agua y tolerancia a sequía (Augé *et al.*, 2001 y Aguirre-Medina *et al.*, 2005), control de fitopatógenos, con la modificación de las condiciones de la rizosfera y por competencia de espacio y fotosintatos, así como, el mejoramiento de la estructura del suelo mediante la producción de glomalina, que es una sustancia que puede actuar como adherente y aglutinar partículas del suelo en agregados más estables (Wright y Upadhyaya, 1998). Así como la acción indirecta en aumentar la fijación biológica de nitrógeno, mineralización y/o solubilización de nutrimentos móviles (Cliquet y Stewart, 1993; Marschner y Dell, 1994) y de baja movilidad como cobre y zinc (Guildon y Tinker, 1983). Las micorrizas favorecen la absorción del nitrógeno del suelo, así como ocurre con el fosforo, tanto las hifas como las raicillas micorrizadas son capaces de absorber nitrógeno en varias formas y transferirlo a la planta en los ecosistemas naturales, y en los sistemas de cultivo (Ames y Bethlenfalvay 1987). Por lo cual, la utilización de este microorganismo en los sistemas de producción agrícolas y pecuarios, específicamente en las gramíneas, permitirá una intensificación que desacelere la degradación excesiva del suelo, al mismo tiempo, mejorando los rendimientos productivos en los sistemas de producción a mediano y largo plazo. Por lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la micorriza y fertilización química sobre la altura, rendimiento de materia seca del pasto Kenia *Megathyrsus maximus*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental “La Posta” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la localidad de Paso del Toro, en el municipio de Medellín, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en la coordenada que forman el paralelo 19° 02' de latitud Norte con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste. Según la clasificación climática de Koppen modificada por García (1973), el clima predominante en el área de influencia directa de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media, máxima y mínima son de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, y una precipitación pluvial de 1336.8 mm, y una evaporación de 1379.5 mm. La altura del sitio es de 16 m.s.n.m. el suelo es clasificado como Vertisol de textura migajón arcillo-arenosa. El pasto en estudio fue Kenia (Brs Quenia) *Megathyrsus maximus* desarrollado en Brasil y liberado el 2017. Los tratamientos fueron:

1. Testigo, 2. Micorriza INIFAP<sup>MR</sup> (*Glomus intraradices*), 3. Fertilizante químico (138-69), y 4. Micorriza-fertilizante. Inicialmente la planta del pasto Kenia, se desarrolló en charolas de germinación, una vez que las plantas alcanzaron alturas de 15 cm, fueron trasplantadas en campo en parcelas de 2 X 2 m, a una distancia de 20 cm entre plantas y 40 cm entre líneas, sembradas en suelo húmedo. Para los tratamientos 2 y 4 (con Micorriza), se procedió de la siguiente forma: Se utilizaron 100 g de micorriza diluidos en 10 litros de agua, posteriormente se procedió a sumergir en la mezcla las plantas durante un tiempo de 3 a 5 segundos y trasplantados al suelo en las primeras horas del mañana. Para los tratamientos con fertilizante se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y la otra se aplicaron 8.0 kg/ha, después de cada corte. Las fuentes de fertilizante fueron la urea y el superfosfato de calcio triple. Durante todo el proceso de establecimiento y evaluación, las plantas fueron regadas mediante aspersión cada tercer día, procurando mantenerlas a capacidad de campo. El periodo de evaluación fue de mayo a julio del 2019, con frecuencias de corte cada 21 días, para un total de cuatro cosechas. Las variables medidas fueron: altura de planta, para ello se utilizó una regla graduada en cm, con la cual se medía la altura de planta en la parcela tomado 10 lecturas por tratamiento. Para el rendimiento de forraje, se cosecho el forraje en 1m<sup>2</sup> el cual se pesó en una báscula electrónica, del forraje cosechado, se tomó una submuestra de 200 g, el cual se secó en una estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar peso constante, con esta información se estima el % de materia seca, en base a esto, se estimó el rendimiento de materia seca (RMS), adicionalmente se estimó la tasa de crecimiento del pasto para ello el rendimiento de materia seca se dividió entre los días de crecimiento. Se utilizó un diseño de bloques al azar. Para el análisis de datos se utilizó el programa SAS, y la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey (p<0.05).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Altura:** Para los datos de altura, hubo diferencia significativa (p < 0.05) entre tratamientos solo en el corte 1, en donde los tratamientos con Micorrizas y fertilizante alcanzaron la mayor altura con 111 y 114, respectivamente (Cuadro 1), en el resto de los cortes realizados se puede observar la uniformidad de los datos, posiblemente a las condiciones del suelo y al suministro de riego constante, situación que no limitó el desarrollo del pasto.

Cuadro 1: Altura de planta (cm) del pasto Kenia con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corta 4
Testigo	98 b	98 a	85 a	100 a
Micorrizas	111 a	107 a	95 a	98 a
Fertilizante	114 a	105 a	93 a	104 a
Micorrizas + fertilizante	103 ab	97 a	90 a	92 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente (p<0.05).

**Rendimiento de materia seca (RMS):** Solo hubo diferencia estadística (p< 0.05) entre tratamientos en los cortes dos y tres y el acumulado total de los cuatro cortes realizados, donde el tratamiento con Micorrizas fue superior al testigo, con rendimientos de forraje acumulado de 12140 y 9990, para el tratamiento con Micorrizas y testigo, respectivamente, tal como se observa en el Cuadro 2. De manera general el comportamiento un tanto similar entre tratamientos, se debió probablemente a la aplicación de riego constante, sumado a que el suelo no había estado en uso en

varios años y se encontraba con buena fertilidad, por lo que de acuerdo con Aguirre Medina (2006), el efecto de la micorrización generalmente es inhibida en condiciones de elevada fertilidad.

Cuadro 2: Rendimiento de materia seca (Kg/ha) del pasto Kenia con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Acumulado
Testigo	2580 a	2943 b	2160 b	2300 a	9990 b
Micorrizas	2890 a	3727 a	3180 a	2347 a	12140 a
Fertilizante	3000 a	3107 b	2360 b	2263 a	10730 ab
Micorrizas + fertilizante	2950 a	3120 b	2380 b	1880 a	10330 b

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

**Tasa de crecimiento:** Al igual que el rendimiento de forraje seco, la tasa de crecimiento tuvo diferencias entre tratamientos ( $p < 0.05$ ), destacando los cortes dos y tres con tasas de crecimiento superiores a los 153 kg/ha/día, para el tratamiento con micorrizas, que fueron diferentes al testigo (Cuadro 3). Cabe señalar que los reportes en tasas de crecimiento de diferentes pastos es muy variable y depende de las condiciones ambientales y manejo de la especie o variedad en evaluación, al respecto Enriquez *et al.*, (2016), reportan tasas de crecimiento de 94 y 95 kg/ha/día, para los pastos Insurgente y Mulato, respectivamente, en la época seca con manejo de riego y fertilización, cifras que resultaron inferiores a los obtenidos en este estudio, sin embargo, hay que considerar que son especies diferentes en morfología y talla con relación a la que alcanza la variedad utilizada en este estudio.

Cuadro 3: Tasa de crecimiento (Kg/ha/día) del pasto Kenia con diferentes tratamientos cosechado cada 21 días.

Tratamiento	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corta 4	Promedio
Testigo	123 a	140 b	103 b	110 a	116 b
Micorrizas	137 a	177 a	151 a	112 a	143 a
Fertilizante	143 a	148 b	113 b	108 a	130 ab
Micorrizas + fertilizante	140 a	149 b	114 b	90 a	123 b

Valores con letras iguales dentro de cada columna no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ).

## CONCLUSIONES

El rendimiento de forraje y la tasa de crecimiento del Kenia se incrementó por efecto de la inoculación con biofertilizante *Glomus intraradices*, que resulto superior en 18% en rendimiento con relación al testigo.

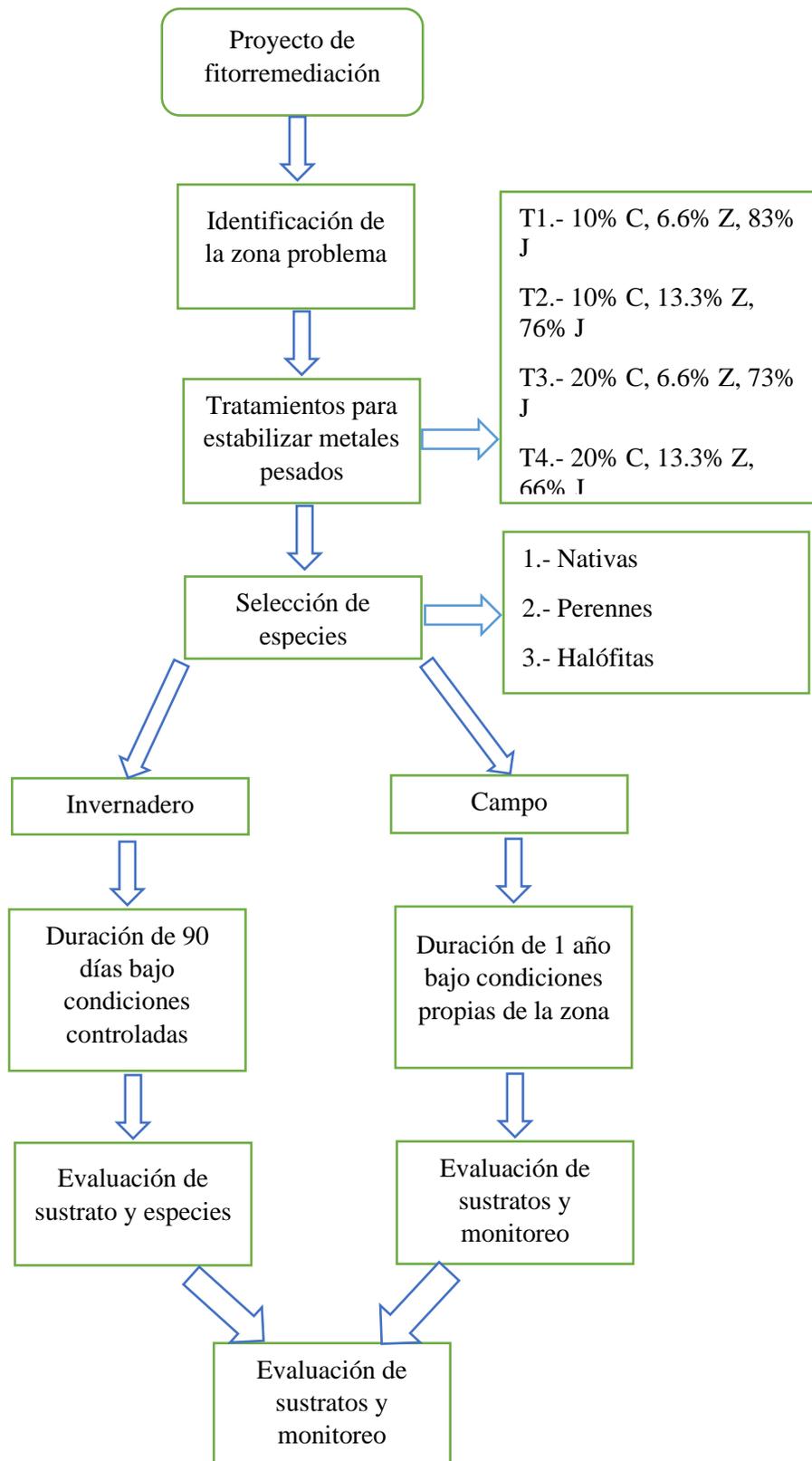
## LITERATURA CITADA

- Aguirre Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos. Experiencias Agronómicas del Programa Nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 201 p.
- Aguirre-Medina, J. F., J. Kohashi-Shibata, C. Trejo-Lopez, J. A. Acosta-Gallegos y J. Cadena-Iñiguez. 2005. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia a la sequía. *Agro. Téc. Méx.* p. 31(2):125-137.
- Ames, R. N. and G. J. Bethlenfalvay 1987. Localized increase in nodule activity but no competitive interactions of cowpea rhizobia due to pre establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza. *The new phytol.* p. 106:207-215.

- 
- Auge, R. M., A. J. W. Stadola, J. E. Tims and M. Saxton. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil*. 230: 87-97.
- Cliquet, J. B. and G. R. Stewart. 1993. Ammonia assimilation in *Zea mays* L. infected a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus fasciculatum*. *Plant Physiol*. 101: 865-871.
- Enríquez Q.J.F., J.F. Villanueva A., F.E. Cab J. y M. Montero L. 2016. Producción de forraje de los pastos insurgente y mulato con fertilización y riego vs manejo tradicional, en Veracruz. VII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. 9-11 noviembre de 2016. SOMMAP. Universidad de Guadalajara. SAGARPA. Guadalajara Jalisco. p. 139-143.
- Guildon, A. and P. B. Tinker. 1983. Interactions and heavy metals in plants. II The effects of infection on the uptake of copper. *The New Phytol*. 95: 263-268.
- Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in micorrhizal symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 89-102.
- Villegas *et al.*, 2018. Estado Del Arte Sobre Investigación E Innovación tecnológica En Ganadería Bovina Tropical. CONACyT. p. 45.
- Wright, S. F. and A Upadhyaya. 1998. A survey for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*. 198: 97-107.



## MATERIALES Y MÉTODOS



## RESULTADOS

Es observable que los parámetros analizados en ambos experimentos son muy similares, lo que indica que el experimento es escalable. La agregación es una variable categórica que clasifica el suelo según la estabilidad de sus agregados. En este caso observamos mayor estabilidad de suelo en las muestras de invernadero que en campo. Esto es probablemente debido a las características de la composta utilizada. El resto de las variables no muestra diferencia significativa entre las muestras de campo e invernadero. Las 8 especies vegetales mostraron buena germinación, excepto el sotol (*Dasylirium leiophyllum*).

Cuadro 1. Comparación de parámetros fisicoquímicos de suelo en experimento de campo y de invernadero.

Campo	Tratamientos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH	7.64 ± 0.209	7.73 ± 0.115	8.003 ± 0.378	7.79 ± 0.08	7.73 ± 0.005	7.82 ± 0.041
CE	1.34 ± 0.11 <sup>d</sup>	1.4 ± 0.09 <sup>d</sup>	1.8 ± 0.182 <sup>c</sup>	2.24 ± 0.161 <sup>b</sup>	6.66 ± 0.035 <sup>a</sup>	1.07 ± 0.116 <sup>d</sup>
Agregación	4	1	4	1	3	2
MO	0.272 ± 0.029 <sup>b</sup>	0.278 ± 0.016 <sup>b</sup>	0.549 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.443 ± 0.303 <sup>b</sup>	1.93 ± 0.076	0.283 ± 0.018 <sup>c</sup>
NT	1.26 ± 0.029 <sup>b</sup>	1.36 ± 0.016 <sup>b</sup>	1.54 ± 0.003 <sup>b</sup>	1.25 ± 0.030 <sup>b</sup>	7.04 ± 3.042 <sup>a</sup>	1.28 ± 0.018 <sup>b</sup>
As	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Invernadero						
pH	7.79 ± 0.047	7.84 ± 0.036	7.76 ± 0.035	7.76 ± 0.025	7.83 ± 0.026	7.82 ± 0.035
CE	2.09 ± 0.005 <sup>b</sup>	1.98 ± 0.050 <sup>b</sup>	2.27 ± 0.144 <sup>b</sup>	2.14 ± 0.274 <sup>b</sup>	5.92 ± 0.23 <sup>a</sup>	1.35 ± 0.138 <sup>c</sup>
Agregación *	6	4	6	6	6	1
MO	0.272 ± 0.029 <sup>b</sup>	0.278 ± 0.016 <sup>b</sup>	0.549 ± 0.003 <sup>b</sup>	0.443 ± 0.303 <sup>b</sup>	3.37 ± 0.644 <sup>a</sup>	0.283 ± 0.018 <sup>c</sup>
NT	1.25 ± 0.03	1.24 ± 0.02	1.28 ± 0.003	1.50 ± 0.30	4.29 ± 3.04	0.84 ± 0.02
As	1520 ± 138.8 <sup>b</sup>	1708 ± 211 <sup>ab</sup>	1497.7 ± 63.9 <sup>b</sup>	1620.2 ± 99 <sup>b</sup>	2.73 ± 2.03 <sup>c</sup>	2080.5 ± 129.4 <sup>a</sup>
Pb	2488.28 ± 10.02 <sup>b</sup>	2858.08 ± 432 <sup>b</sup>	2602.39 ± 34.4 <sup>b</sup>	2576.32 ± 276 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	3594.16 ± 255 <sup>a</sup>

Prueba de ANOVA de un solo factor ( $p < 0.05$ ) para variables continuas y prueba de Kruskal-Wallis para agregación. \* $p$ -value ajustado = 0.024. ND (no disponible)

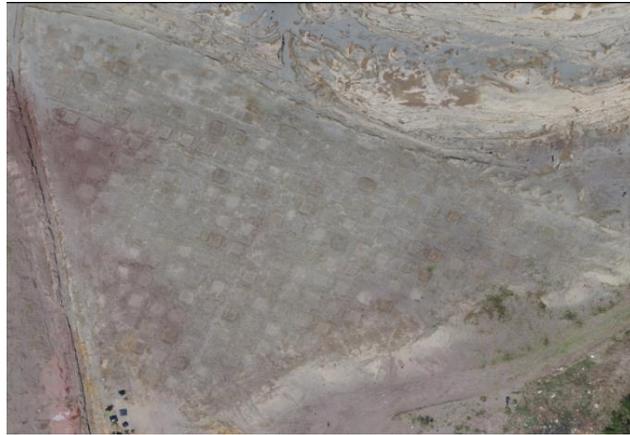


Figura 1. Ortomosaico del sitio cometido a experimento.

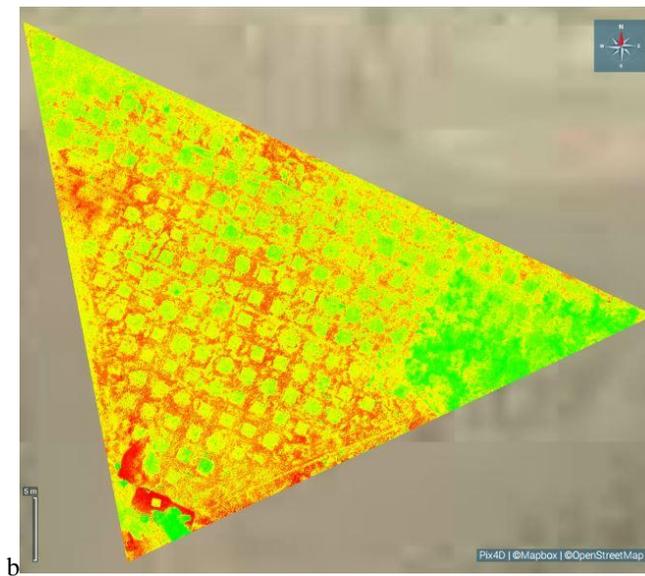


Figura 2. Índice de reflectancia de absorción de clorofila modificada.

## CONCLUSIÓN

Dada la caracterización físico-química de invernadero y campo, podemos decir que el experimento es escalable. Hasta el momento no es posible predecir un especie vegetal o sustrato ideal para la fitoestabilización de metales pesados en jales mineros abandonados en la zona indicada, pero se espera que al finalizar el mes de octubre se termine el experimento en invernadero, y en julio de 2020 el experimento en campo, para dar lugar a monitoreos cada 3 meses y poder evaluar sobrevivencia y porcentaje (%) de cobertura vegetal. Los datos preliminares se obtendrán a partir de la segunda mitad del mes de noviembre del año 2019.

## LITERATURA CITADA

- Agudelo-Calderón, C. A., L. Quiroz-Arcentales, J. C. García-Ubaque, R. Robledo-Martínez, and C. A. García-Ubaque. 2016. Evaluación de condiciones ambientales: Aire, agua y suelos en áreas de actividad minera en Boyacá, Colombia. *Rev. Salud Publica.* 18:50–60. doi:10.15446/rsap.v18n1.55384.
- Boisson, S., M. Séleck, S. Le Stradic, J. Collignon, O. Garin, F. Malaisse, M. N. Shutcha, and G. Mahy. 2018. Using phytostabilisation to conserve threatened endemic species in southeastern Democratic Republic of the Congo. *Ecol. Res.* 33:789–798. doi:10.1007/s11284-018-1604-2.
- Cervantes-Ramírez, L. T., M. Ramírez-López, P. Mussali-Galante, M. L. Ortiz-Hernández, E. Sánchez-Salinas, and E. Tovar-Sánchez. 2018. Heavy metal biomagnification and genotoxic damage in two trophic levels exposed to mine tailings: a network theory approach. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 91:1–13. doi:10.1186/s40693-018-0076-7.
- Čudić, V., D. Stojiljković, and A. Jovović. 2016. Phytoremediation potential of wild plants growing on soil contaminated with heavy metals. *Arh. Hig. Rada Toksikol.* 67:229–239. doi:10.1515/aiht-2016-67-2829.
- Delgadillo-López, A. E., González-Ramírez, C. A., Prieto-García, F., Villagómez-Ibarra, J. R., & Acevedo-Sandoval, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 14(2), 597-612.
- Einoder, L. D., C. K. MacLeod, and C. Coughanowr. 2018. Metal and Isotope Analysis of Bird Feathers in a Contaminated Estuary Reveals Bioaccumulation, Biomagnification, and Potential Toxic Effects. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 75:96–110. doi:10.1007/s00244-018-0532-z. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0532-z>
- Eissa, M. A., and Y. A. Almaroai. 2019. Phytoremediation Capacity of Some Forage Plants Grown on a Metals-Contaminated Soil. *Soil Sediment Contam.* 28:569–581. doi:10.1080/15320383.2019.1634674. Available from: <https://doi.org/10.1080/15320383.2019.1634674>
- García-Céspedes, D., Lima-Cazorla, L. A., Ruiz-Gutierrez, L., Santana-Romero, J. L., & Calderón-Peñalver, P. A. (2016). Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados. *Revista cubana de Química*, 28(1), 378-393.
- Gil-Loaiza, J., S. A. White, R. A. Root, F. A. Solís-Dominguez, C. M. Hammond, J. Chorover, and R. M. Maier. 2016. Phytostabilization of mine tailings using compost-assisted direct planting: Translating greenhouse results to the field. *Sci. Total Environ.* 565:451–461. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.04.168.
- Giuffré, L., R. I. Romaniuk, L. Marbán, R. P. Ríos, and T. P. García Torres. 2012. Public health and heavy metals in urban and periurban horticulture. *Emirates J. Food Agric.* 24:148–154.
- Hammond, C. M., R. A. Root, R. M. Maier, and J. Chorover. 2018. Mechanisms of Arsenic Sequestration by *Prosopis juliflora* during the Phytostabilization of Metalliferous Mine Tailings. *Environ. Sci. Technol.* 52:1156–1164. doi:10.1021/acs.est.7b04363.
- Jaishankar, M., T. Tseten, N. Anbalagan, B. B. Mathew, and K. N. Beeregowda. 2014. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdiscip. Toxicol.* 7:60–72. doi:10.2478/intox-2014-0009.
- Karim, Z., and B. A. Qureshi. 2014. Health Risk Assessment of Heavy Metals in Urban Soil of Karachi, Pakistan. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 20:658–667. doi:10.1080/10807039.2013.791535.
- Length, F. 2012. Evaluation of the concentration of toxic metals in cosmetic products in Nigeria. *African J. Biotechnol.* 11:16360–16364. doi:10.5897/AJB12.1411.
- Liu, J., L. Cao, and S. Dou. 2019. Trophic transfer, biomagnification and risk assessments of four common heavy metals in the food web of Laizhou Bay, the Bohai Sea. *Sci. Total Environ.* 670:508–522. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.03.140. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.140>
- M., M. 2015. Effects of heavy metals on human health. *Int. J. Reseach-Granthaalayah.* 2350:2394–3629.
- Muthusaravanan, S., N. Sivarajasekar, J. S. Vivek, T. Paramasivan, M. Naushad, J. Prakashmaran, V. Gayathri, and O. K. Al-Duaij. 2018. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environ. Chem. Lett.* 16:1339–1359. doi:10.1007/s10311-018-0762-3. Available from: <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>
- Ngole-Jeme, V. M., and P. Fantke. 2017. Ecological and human health risks associated with abandoned gold mine tailings contaminated soil. *PLoS One.* 12:1–24. doi:10.1371/journal.pone.0172517.
- Radziemska, M. 2018. Enhanced phytostabilization of metal-contaminated soil after adding natural mineral adsorbents. *Polish J. Environ. Stud.* 27:267–273. doi:10.15244/pjoes/75125.
- Rostami, S., and A. Azhdarpoor. 2019. Chemosphere The application of plant growth regulators to improve phytoremediation of contaminated soils: A review. *Chemosphere.* 220:818–827. doi:10.1016/j.chemosphere.2018.12.203. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.203>
- Ruchuwarak, P., S. Intamat, B. Tengjaroenkul, and L. Neeratanaphan. 2018. Bioaccumulation of heavy metals in

local edible plants near a municipal landfill and the related human health risk assessment. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 0:1–13. doi:10.1080/10807039.2018.1473755. Available from: <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1473755>

Solís-Dominguez, F. A., S. A. White, T. B. Hutter, M. K. Amistadi, R. A. Root, J. Chorover, and R. M. Maier. 2012. Response of key soil parameters during compost-assisted phytostabilization in extremely acidic tailings: Effect of plant species. *Environ. Sci. Technol.* 46:1019–1027. doi:10.1021/es202846n.

Sonoki, T., S. Kajita, S. Ikeda, M. Uesugi, K. Tatsumi, Y. Katayama, and Y. Iimura. 2005. Transgenic tobacco expressing fungal laccase promotes the detoxification of environmental pollutants. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67:138–142. doi:10.1007/s00253-004-1770-8.



## INTRODUCCIÓN

La germinación y el crecimiento de la plántula son etapas determinantes para el establecimiento y supervivencia de gramíneas en programas de revegetación de pastizales. En zonas áridas y semiáridas el desecamiento de la superficie del suelo se presenta con rapidez después de un evento de lluvia. Este fenómeno genera que, en condiciones de campo, la humedad comúnmente sea insuficiente para que se dé el proceso de establecimiento (germinación, emergencia y desarrollo de plántula) adecuadamente (Springer *et al.*, 2011). Por esta razón, la germinación y el desarrollo de plántulas generalmente sucede bajo condiciones de estrés osmótico en programas de revegetación (Sheikh-Mohamadi *et al.*, 2018). El estrés osmótico es uno de los principales factores que inhiben la germinación y el desarrollo de plántulas, debido a que el agua es necesaria para activar los procesos metabólicos que da lugar a la división celular (Sidari *et al.*, 2008; Zhu *et al.*, 2014). Por lo anterior, la resistencia a estrés osmótico es una característica deseable en especies y variedades utilizadas en revegetación de pastizales.

La resistencia a estrés osmótico ha sido foco de programas de selección en pastos, con la finalidad de obtener materiales con mayor capacidad de establecimiento en campo. Por ejemplo, Springer (2011) seleccionó poblaciones de *Andropogon hallii* resistente a estrés osmótico, lo cual, posteriormente, permitió incrementar la emergencia y densidad de plantas establecidas en campo (Springer *et al.*, 2012). No obstante, este tipo de programas de selección no se han realizado en el pasto buffel (*Pennisetum ciliare*). El pasto buffel ha sido ampliamente utilizado para revegetar matorrales degradados en el norte de México, a pesar de ser una especie introducida. Esto ha ocurrido debido a que, a la fecha, no se han identificado especies nativas que pueden establecerse adecuadamente en matorrales. En este sentido, el pasto buffel representa un recurso valioso para revegetar ranchos en zona de matorrales con sobrepastoreo. En México se han generado líneas experimentales de pasto buffel (B-66, AS-245, B-72, B-45 y B-42) resistentes al tizón foliar y que, además, pueden producir mayor cantidad de forraje que la variedad común y ser tan productivas como las variedades Laredo y Pecos (Terrazas, 2013; Velásquez *et al.*, 2014). Sin embargo, se desconoce el nivel de resistencia a estrés osmótico que poseen estos materiales. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la capacidad de germinación y el desarrollo de plántulas de genotipos sobresaliente de pasto buffel en diferentes potenciales osmóticos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se evaluaron cinco genotipos de pasto buffel: B-66, AS-245, B-72, B-45 y B-42. Los niveles osmóticos evaluados fueron 0.0, -0.5, -1.0 y -1.5 MPa y se utilizó manitol como agente osmótico. Las concentraciones de manitol fueron calculadas de acuerdo a su peso molecular (182.17 g mol<sup>-1</sup>), a partir de la siguiente ecuación propuesta por Vant'Hoff (Ruiz y Torenti, 2012):

$$\Psi\pi = -CiRT$$

dónde:  $\Psi\pi$  = potencial osmótico; C = concentración de la solución, expresada como molaridad (moles de soluto por kg de agua); i = constante para la ionización del soluto (0.00545); R = constante de los gases (0.00831 kg MPa mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>); T = temperatura en grados Kelvin (298.15 °K).

Para cada nivel de estrés hídrico se utilizaron cuatro cajas Petri de 90 mm de diámetro, provistas de algodón y papel filtro para cada una de los genotipos y nivel osmótico. Cada caja de Petri fue una repetición y se depositaron 50 semillas en cada una. Las cajas Petri se colocaron en una cámara de crecimiento a una temperatura fluctuante entre los 26 - 30 °C. Cada caja fue regada con 25 ml de la solución correspondiente. Se consideró como semilla germinada cuando la radícula o plúmula alcanzó aproximadamente los 0.5 cm. Se realizaron conteos diariamente durante la prueba de germinación (21 d).

Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (%GE), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud de radícula (LR) y longitud de plúmula (LP). La longitud de radícula y plúmula se midieron al séptimo día del inicio de la germinación, en 12 plántulas (tres por repetición), por genotipo en cada nivel osmótico. El IVG se calculó mediante la ecuación propuesta por Maguire (1962), modificada:

$$IVG = \sum \frac{(\%SG)}{d}$$

Dónde: IVG = velocidad de emergencia; %SG = porcentaje de semillas germinadas en el día, tomado como 100% al total de semillas germinadas; t = día en el que sucede la germinación.

### **Análisis Estadístico**

El experimento se realizó mediante un arreglo de tratamientos factorial 8x4 (8 genotipos y 4 niveles osmóticos) en un diseño completamente al azar, quedando el modelo estadístico de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + V_i + N_j + V_i * N_j + \epsilon_{ijk}$$

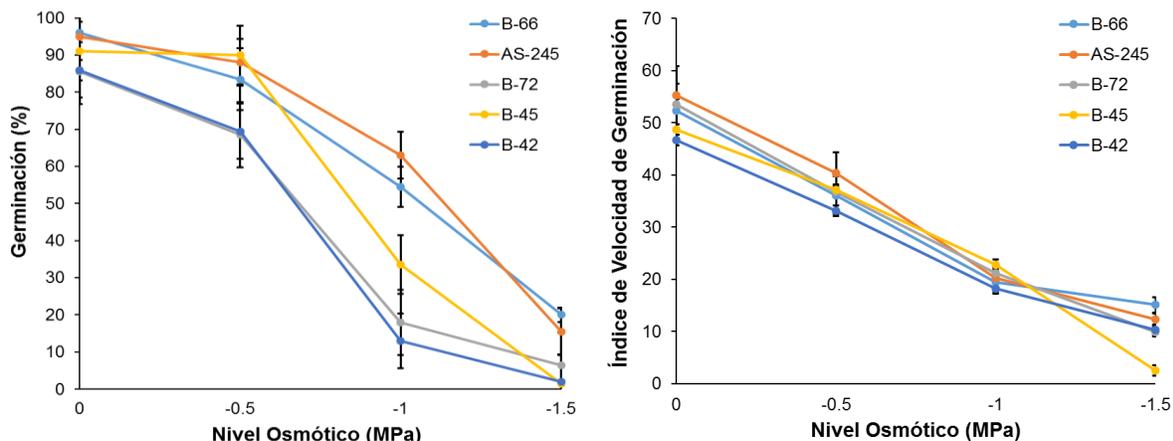
Donde:  $Y_{ij}$  = variable de respuesta,  $\mu$  = media general,  $V_i$  = efecto del i-ésimo genotipo,  $N_j$  = efecto del j-ésimo nivel osmótico,  $V_i * N_j$  = efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo y el j-ésimo nivel osmótico y  $\epsilon_{ijk}$  = error experimental idéntica e independientemente distribuido de manera normal con media 0 y varianza  $\sigma^2$ .

Para el análisis estadístico, los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias con la prueba de comparación múltiple de medias de Fisher (LSD). Los datos de porcentaje de germinación que no cumplieron con el supuesto de normalidad necesario en el ANDEVA, por lo que se les realizó una transformación matemática de arco-seno (seno-1). Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento GLM del paquete SAS 9.1.3 (2006).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

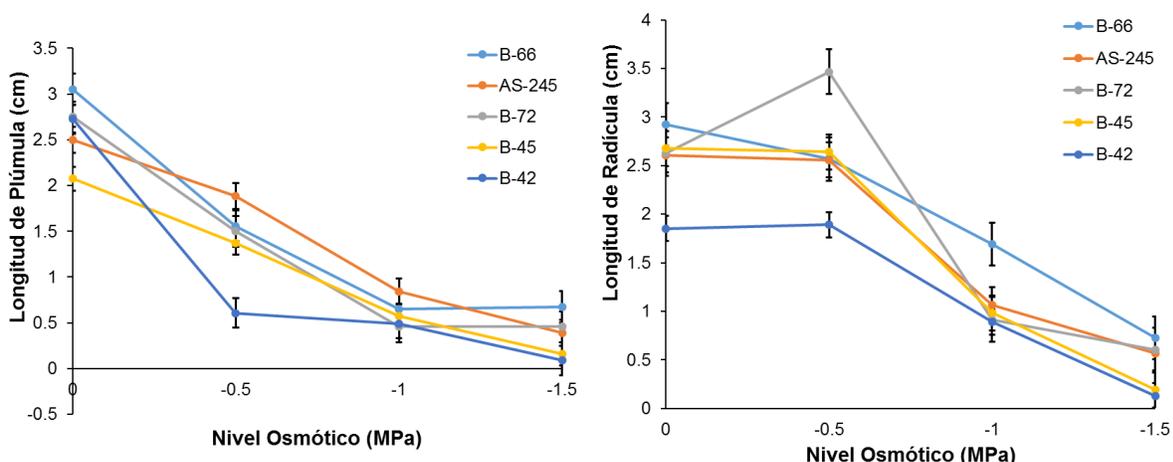
La gráfica 1 muestra el porcentaje de germinación y los valores del índice de velocidad de germinación de los genotipos evaluados. En ambas variables se presentaron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el comportamiento de los genotipos a través de los niveles osmóticos. El efecto de interacción en las variables genotipo-presión osmótica estuvo altamente relacionado con el porcentaje y la velocidad de germinación ( $R^2 = 0.93$ ). En general, los genotipos más resistentes al estrés osmótico en germinación fueron B-66 y As-245, ya que presentaron mayor %GE en todos los niveles osmóticos. Respecto al índice de velocidad de germinación, la mayoría de los genotipos presentaron un comportamiento similar en todos los niveles osmóticos, solamente B-45 presentó

diferencias ( $p < 0.05$ ). Este genotipo fue el más susceptible al estrés generado en el nivel osmótico de -1.5 MPa (IVG= 2.5) (Gráfica 1).



Gráfica 1. Porcentaje y velocidad de germinación de cinco genotipos de pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) en diferentes potenciales osmóticos.

En LP y LR, también, se observaron diferencias ( $p < 0.05$ ) en el comportamiento de los genotipos a través de los niveles osmóticos. Los genotipos B-66, AS-245 y B-72 obtuvieron mayor ( $p < 0.05$ ) LP y LR en los niveles de menor potencial osmótico (-1.0 y -1.5 MPa) (Gráfica 2), lo cual sugiere que poseen son más tolerantes al estrés osmótico que el resto de los genotipos.



Gráfica 2. Longitud de plúmula y radícula de cinco genotipos de pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) en diferentes potenciales osmóticos.

Investigaciones previas han simulado condiciones de estrés hídrico en laboratorio con la finalidad de seleccionar genotipos que puedan presentar mayor potencial de establecimiento en programas de revegetación. Un ejemplo de esto, es la investigación realizada por Sheikh-Mohamadi *et al.* (2018), quienes sometieron a estrés osmótico a 20 genotipos de tres especies del género *Agropyron* y lograron identificar seis ecotipos de alta resistencia a este estrés. Springer y Goldman (2016) sometieron a cinco especies del género *Poa* a diferentes potenciales osmóticos y encontraron que *P. annua* y *P. secunda* toleran el estrés de humedad mejor que otras especies de dicho género. Así

mismo, Álvarez *et al.* (2017) evaluaron la germinación y el desarrollo de las plántulas de genotipos de *Bouteloua curtipendula* en diferentes niveles osmóticos e identificaron materiales de mayor resistencia a estrés osmótico que algunas de las variedades que se utilizan actualmente en programas de rehabilitación de pastizales. Las investigaciones antes mencionadas concluyen que los genotipos con mayor potencial de germinación y desarrollo de plántula bajo estrés osmótico tienen potencial para ser utilizados en campo. Lo anterior, concuerda con Springer *et al.* (2012) quienes obtuvieron un alto porcentaje de emergencia y densidad de plantas establecidas con genotipos seleccionados por su resistencia al estrés osmótico. Por lo anterior, B-66 y AS-245 tienen potencial para ser utilizados en programas revegetación, ya que fueron los más tolerantes al estrés hídrico.

## CONCLUSIONES

El comportamiento de los genotipos de pasto buffel evaluados vario significativamente cuando fueron sometidos a diferentes potenciales osmóticos. Los genotipos B-66 y AS-245 fueron los más resistentes al estrés osmótico. Estos resultados sugieren que estos genotipos tienen potencial para ser utilizados en programas de revegetación de pastizales.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, A. Melgoza-Castillo y G. Méndez-Zamora. 2017. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua Curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. Ecosistemas y recursos agropecuarios 4:161-168.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2:176-177.
- Ruiz, M. and O. Torenti. 2012. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. Phytion 81: 169-176.
- Sheikh-Mohamadi, M. H., N. Etemadi, A. Nikbakht, M. Farajpour, M. Arab y M. M. Majidi. 2018. Wheatgrass germination and seedling growth under osmotic stress. Agronomy Journal 110:572-585.
- Sidari, M., C. Mallamaci and A. Muscolo. 2008. Drought, salinity and heat differently affect seed germination of *Pinus pinea*. Journal of forest research 13:326-330.
- Springer, T. L. 2012. Recurrent selection for increased seed germination in sand bluestem (*Andropogon hallii*). Plant breeding 131:198-202.
- Springer, T. L. and J. J. Goldman. 2016. Seed germination of five *Poa* species at negative water potentials. American Journal of Plant Sciences 7:601.
- Springer, T. L., R. L. Wynia and G. L. Rea. 2012. Field emergence and plant density of sand bluestem lines selected for increased seed germination. Crop Science 52:2826-2829.
- Terrazas, P. G. 2013. Materiales sobresalientes de zacate buffel para revegetar matorrales deteriorados. Ficha tecnológica sistema productos, pastizales y forrajes. CIRNOC-INIFAP. Campo Experimental Delicias.
- Velásquez, M. A. V., J. A. M. Villalobos, H. M. Rodríguez, G. E. Arriaga y M. R. González. 2014. Producción de forraje de variedades de zacate buffel [*Pennisetum ciliare* L.(Link.) Sin. *Cenchrus ciliaris* L.] en la región árida del estado de Durango, México. Agrofaz 14:69-76.
- Zhu, Y., X. Yang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, M. Dong and Z. Huang. 2014. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China. Plant Soil. 374:399-409.



the control, but not between treatment levels. It is statistically equally effective at the dose of 500 ml, 800 ml and 1200 ml, achieving 80% mortality in the control of natalgrass.

**Keywords:** grassland, glyphosate, natalgrass, mortality.

## INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas naturales, las especies invasoras de plantas son consideradas como una amenaza, debido a que demeritan la riqueza del suelo, propician cambios en la hidrología y los ciclos de nutrientes, además, afectan a la biodiversidad nativa y la permanencia de esta en el ecosistema (Balandrán *et al.*, 2015). Se considera que después de la destrucción del hábitat, las especies invasoras son la segunda amenaza más grave de la pérdida de la biodiversidad a nivel mundial y son factor importante en el cambio de un ecosistema (González-García *et al.*, 2017). *Melinis repens* o zacate rosado es originario de Sudáfrica, se introdujo a Estados Unidos en 1903 y actualmente está presente en prácticamente todos los estados de México, el cual por su gran adaptabilidad a distintos terrenos y climas ha generado un reto para los propietarios de ranchos ganaderos y agostaderos del país. Es considerada dentro de las especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad, debido a que desplaza la vegetación nativa y promueve regímenes anómalos de fuego (Díaz *et al.*, 2012). A pesar de que cada vez es más común su presencia en los pastizales del norte de México, el aprovechamiento de este zacate es limitado y no se le proporciona un uso apropiado y sustentable en actividades de pastoreo tanto por la fauna silvestre o por el ganado doméstico ya que prácticamente no existe información científica que aporte soluciones a la problemática que representa la invasión constante y creciente del zacate rosado (Lozano, 2014). Existen diferentes alternativas para el control de plantas indeseables como son el uso de fuego, métodos mecánicos, biológicos y/o químicos (Stoddart *et al.*, 1975). Mientras que Gómez y González (1980) señalan al control químico como uno de los métodos más efectivos y recomendables para el control de plantas indeseables. Debido a esto, es necesario generar estrategias de manejo y control acordes con las condiciones ecológicas prevalecientes en cada región, tendientes a disminuir la propagación de esta especie invasora en los agostaderos. El glifosato es una sal isopropilamina de N- (fosfonometil) glicina, con un peso molecular de 228.18 g/mol, el cual es un herbicida no selectivo, sistémico de acción foliar. El mecanismo de acción del glifosato es por medio de la inhibición de la biosíntesis de aminoácidos aromáticos en las plantas (triptófano, fenilalanina y tirosina) mediante la inhibición de la enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato-sintetasa (EPSPS), con lo que se reduce la producción de proteína y el desarrollo de la misma (Eslava *et al.*, 2007). La Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) autoriza el uso de glifosato en acciones urbanas, de jardinería y agrícola. Es comercializado bajo los nombres de Aquamaster, Faena, Mamba, Sankill, Glyfos, Roundup y Ramrod en presentaciones de concentrado soluble, gránulo soluble, líquido soluble, polvo soluble, solución concentrada y solución acuosa las cuales se expenden en concentraciones de 350 a 720 gramos de ingrediente activo (IA) por litro o por kilogramo (COFEPRIS, 2009). Bajo los argumentos señalados anteriormente, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficacia del control químico mediante el uso de glifosato sobre un pastizal invadido por zacate rosado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en un pastizal mediano abierto dominado por zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) del rancho ganadero llamado “La Esperanza”, en el municipio de Cuencamé, Durango. El área se ubica dentro en el paralelo 24° 23’ 08.46” latitud norte y el meridiano 103° 34’ 30.64” longitud oeste a una elevación de 2070 msnm. En el mes de agosto de 2017, se seleccionó un área invadida por *Melinis repens*. Se delimitaron un total de diez parcelas rectangulares con medidas de 5 m x 10 m orientadas de Noroeste a Sureste utilizando postes de madera de mezquite de 1.5 m de largo previamente cortados, se delimitó la parcela con hilo de rafia como protección al pastoreo del ganado durante el tiempo del experimento. Se utilizaron tres parcelas por tratamiento más una parcela de testigo. Se utilizó herbicida marca Takle, cuyo ingrediente activo es Sal isopropilamina de glifosato para los tratamientos a una concentración para el nivel 1 de 2.5%, una concentración para el nivel 2 de 4%, una concentración para el nivel 3 de 6% y sin ningún tratamiento para el testigo. Se utilizó por recomendación del fabricante del herbicida, además 40 ml de fijador marca Voga y 20 litros de agua en cada nivel del tratamiento. Se utilizaron dos mochilas aspersoras con capacidad para 20 litros cada una para aplicar el producto. Se realizaron dos muestreos posteriores a la aplicación del herbicida en los meses de marzo y junio de 2018 utilizando un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> de superficie. Se contaron manualmente las plantas de *Melinis repens* vivas y muertas que estaban dentro del cuadrante. Se realizó un análisis de varianza a los datos obtenidos en las dos fechas de muestreo a un nivel de significancia de  $p \leq 0.05$  para encontrar diferencia entre los niveles utilizados del tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron datos del primer muestreo realizado el 29 de marzo de 2018, los cuales se tradujeron en porcentajes de mortalidad que obtuvo cada nivel del tratamiento en todas las parcelas y el testigo. Para calcular el porcentaje de mortalidad, se determinó en base al número de plantas muertas entre el total de plantas dentro del cuadrante y multiplicadas por 100. Se generó un análisis de varianza mediante el cual se observó diferencia significativa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de *Melinis repens* en el predio de agostadero “La Esperanza” Municipio de Cuencamé, Dgo. 29 de marzo de 2018.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	19203.35716	6401.11905	22.51	<.0001
Error	26	7394.33038	284.39732		
Total corregido	29	26597.68754			
R-cuadrado	Coficiente de Variación	Raíz MSE	Mortalidad Media		
0.721993	21.28829	16.86408	79.21767		

Se llevó a cabo una prueba de medias por el método de Tukey al  $p < 0.05$  con los porcentajes de mortalidad para los diferentes niveles y el testigo, obteniendo para el nivel de 500 ml un 68.87% de mortandad, seguido del nivel 800 ml con un 78.35%, el nivel 1200 ml el cual fue el más alto con un 81.93 y el testigo con 1.1% de mortalidad de plantas de zacate rosado. Por lo que se constata

que la diferencia entre tratamientos es mínima, aunque entre tratamientos y el testigo existe una diferencia considerable (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de medias de porcentaje de mortalidad de *Melinis repens* mediante la aplicación de diferentes dosis de glifosato en el predio de agostadero de “La Esperanza”, municipio de Cuencamé, Dgo. 29 de marzo del 2018.

Tratamiento	% de mortalidad*
1200 ml	81.93a
800 ml	78.35a
500 ml	68.87a
Testigo	1.11b

\*Medias con letras diferentes representan diferencias estadísticas (Tukey;  $p < 0.05$ ).

Existió un aumento en la mortalidad de las plantas transcurridos el tiempo entre fechas de muestreo, probablemente debido a las propiedades del herbicida glifosato de translocación sistémica de acción foliar (Cuadro 3 y 4). Los porcentajes de mortalidad que obtuvieron tres meses después del primer muestreo fueron: para el nivel de 500 ml un 80.57%, el nivel 800 ml un 88.78%, el nivel 1200 ml un 93.12% y el testigo con 4.78% de mortalidad de plantas de zacate rosado.

Cuadro 3. Análisis de varianza del porcentaje de mortalidad de *Melinis repens* en el predio de agostadero “La Esperanza” Municipio de Cuencamé, Dgo. 25 de junio del 2018.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	3	16117.29767	5372.43256	40.11	<.0001
Error	26	3482.78927	133.95343		
Total corregido	29	19600.08694			
R-cuadrado	Coefficiente de Variación	Raíz MSE	Mortalidad Media		
0.822307	16.80882	11.57383	68.85567		

Cuadro 4. Prueba de medias de porcentaje de mortalidad de *Melinis repens* mediante la aplicación de diferentes dosis de glifosato en el predio de agostadero de “La Esperanza”, municipio de Cuencamé, Dgo. 25 de junio del 2018.

Tratamiento	% de mortalidad*
1200 ml	93.12a
800 ml	88.78a
500 ml	80.57a
Testigo	4.78b

\*Medias con literales diferentes representan diferencias estadísticas (Tukey;  $p < 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con trabajos realizados en Argentina en 2010, en la región de las Pampas, donde se utilizó el glifosato acompañado de otros herbicidas para el control de rama negra (*Conyza bonariensis*) en cultivos de Soja, se obtuvieron valores de más del 80% de control sobre esta maleza, pero nunca llegaron al 90% (Papa *et al.*, 2010). También en Argentina, en el sur de Buenos Aires, se empleó herbicida Glifosato para el control de Rye Grass anual en cultivo de Trigo. El 20% de los individuos en estado de 3 hojas a 1 macollo fueron capaces de sobrevivir. Lo que significa una efectividad del 80% Para alcanzar un control de 90% de esta población en condiciones de campo fueron necesarias varias aplicaciones, lo que es superior a las recomendaciones del fabricante (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay, 2008). Así mismo, en el estado de Nebraska, en E.U. durante la primavera de 1999, se utilizó herbicida Glifosato para controlar el Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) y así facilitar la cobertura de zacates nativos de la zona de mayor calidad para el ganado. Se establecieron parcelas de 8 x 14 m se realizó una sola aplicación de producto Roundup (Sal isopropilamina de glifosato al 2.4%) teniendo como resultado un control efectivo de entre 72 al 79% del Kentucky bluegrass y recuperando gradualmente la cobertura de zacates nativos (Waller y Lewis, 1983).

Es muy importante considerar bajo qué condiciones se debe pensar en el control químico. En áreas con 100% del pasto invasor implicaría el tratamiento total del terreno con un alto costo y la posterior resiembra, ya que quedara el suelo desnudo, con problemas de erosión y posibles invasiones de diversas plantas indeseables. En áreas donde se inicia el problema se pueden observar colonias definidas o manchones de fácil identificación, de ser combatidas y una vez muertas, el suelo que dejan libre será ocupado por las gramíneas deseables adyacentes a estos sitios (De Alba 1977).

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas en la mortalidad de plantas de zacate rosado a través de la aplicación de glifosato como tratamiento contra el testigo. Sin embargo, entre los diferentes niveles del tratamiento no existió diferencia, lo cual supone que da lo mismo aplicar dosis bajas de glifosato con el mismo nivel de efectividad a dosis más altas.

## LITERATURA CITADA

- Balandrán, V. M., Ojeda B. D. L., Melgoza, C. A., Mata G. R. 2015. Emergencia y sobrevivencia del zacate rosado en diferentes suelos y patrones de humedad-sequía. Terra Latinoam vol.33, n.2, pp.169-178.
- COFEPRIS. 2009. Catálogo de Plaguicidas. Disponible en <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>. Fecha de consulta 30 de septiembre de 2019.
- De Alba, J. and F. W. Gould. 1977. Una gramínea invasora (*Bothriochloa pertusa* (L.). Camu" en praderas del Sur de Tamaulipas. Rev. Mex. Prod. Anlm. 9:43.
- Díaz, R. A, E. Flores, A. De Luna, J. J. Luna, J. T. Frías, and V. Olalde. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. Rev Mex Cienc Pecu. 3:33-47.
- Eslava, P., W. Ramírez, and I. Rondón. 2007. Sobre los efectos del glifosato y sus mezclas: impacto en peces nativos. Instituto de Acuicultura de los Llanos. Instituto de Investigaciones de la Orinoquia Colombiana. 34-43
- Gomez, R. F. and M. H. Gonzalez, 1980. Evaluación del Tordon 5 K para el control de arbustivas Indeseables en la zona central de Chihuahua. Bol. Pastizales, RELC-INIP-SARH. Vol. XI No. 2.
- González-García, H., A. Sánchez-Maldonado, A. J. Sánchez-Muñoz, A. Orozco-Erives, Y. Castillo-Castillo, R. Martínez-De la Rosa, and J. A. González-Morita. 2016. Valor nutritivo del zacate rosado (*Melinis repens*) y del zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) en Chihuahua. Ciencia en la frontera. 14:7-14
- Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria Uruguay. 2008. "Viabilidad Del Glifosato En Sistemas Productivos sustentables".
- Lozano, L. A. 2014. Efecto del fuego sobre las propiedades químicas del suelo, la producción y la calidad de forraje de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Calvillo. Tesis Maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes.

- 
- Papa, J. C., D. Tuesca, and L. Nisensohn. 2010. Control tardío de rama negra (*Conyza bonariensis*) sobre individuos sobrevivientes a un tratamiento previo con glifosato. T. Protección Vegetal de la EEA Oliveros del INTA. 2010.
- Stoddart, L.A., A.D. Smith, and T. W. Box. 1975. Rangemanagement. 3er ed., McGraw-Hill Book Company, USA, p. 351.
- Waller, S. S. and J. K. Lewis. 1983. Ocurrance of C nas C pathways in North America grasses. J Range Manange. 32:12-28.



in which the crossing of the French Alpine races predominates with Saanen, Nubia and Boer, is considered a semi-extensive system according to the characteristics of the herd and general handling. The profit/cost ratio for both production units was 1.36 and 1.12 for grazing production system and stocked production system, respectively both positive.

**Keywords:** Costs, goats, positive, supplies, Mapimi.

## INTRODUCCIÓN

La caprinocultura en México ha venido sufriendo cambios sustanciales denotados por región y por estados del país. En México existen 494,000 unidades de producción caprina y aproximadamente 1.5 millones de mexicanos tienen como actividad productiva primaria o complementaria a la caprinocultura. El 64% de las cabras se concentran en los sistemas de producción característicos de las zonas áridas y semiáridas y el 36% restante en la región templada del país. Los estados con mayor población caprina son: Puebla con el 15.4% de la población total nacional, Oaxaca con el 12%, San Luis Potosí con el 10.5%, Guerrero con el 7.9% y Zacatecas con el 6.1%. Dentro de los estados más productores de leche sobresalen: Coahuila con el 37.2% del total nacional, Durango 21%, Guanajuato 16.8%, Nuevo León 9.9%, Jalisco 3.7% y Zacatecas 3.2%. Anualmente se sacrifican 398,769 cabras en rastros municipales” (Aréchiga, *et al.*, 2008). Se planteó como objetivo caracterizar dos unidades de producción caprina una estabulada y la otra en pastoreo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El municipio de Mapimí se localiza al extremo norte del estado de Durango, a los 26°14'6" latitud norte y 104°29'14" longitud oeste, a una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte, con el estado de Chihuahua; al oriente, con el municipio de Tlahualilo; por el sur, con los municipios de Gómez Palacio, Nazas, Lerdo y San Pedro del Gallo y hacia el poniente, con el municipio de Hidalgo (INAFED, 2010).

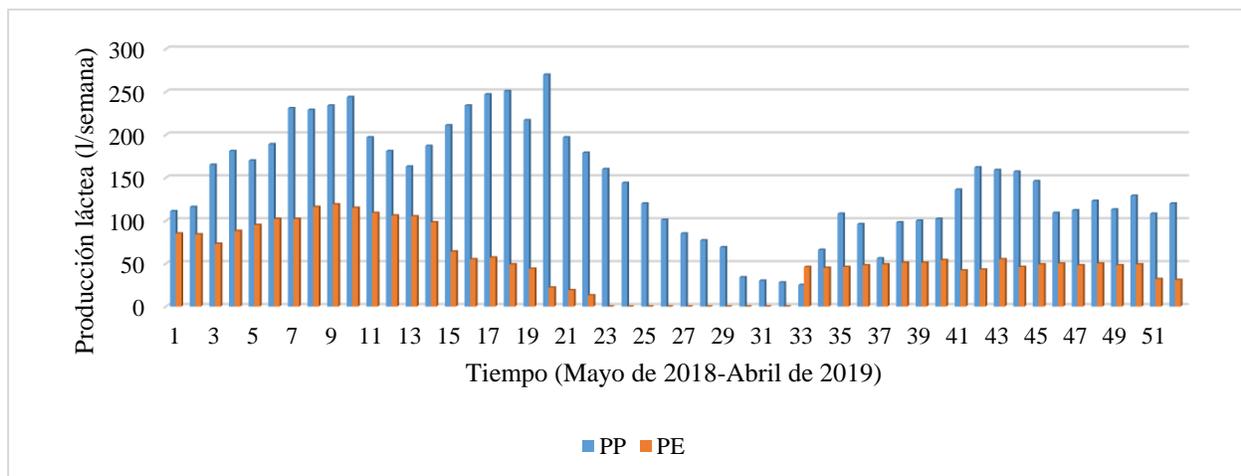
**Clima.** Predomina un clima semicálido y semiseco, influyendo en gran forma para ello el Bolsón de Mapimí, la gran parte desértica que predomina en el municipio, con una temperatura máxima de 41°C y una mínima de 9°C. La temperatura media es de 18°C. La precipitación pluvial es de 263.1 milímetros. (INAFED, 2010).

**Flora.** La vegetación de este municipio se compone de pastizal mediano abierto y halófito abierto, matorral inerme parvifolio, bajo subespinoso y bosque caducifolio espinoso (INAFED, 2010).

**Metodología:** 1) Se comunicó con la señora María Lucía Terrones García y el señor Juan Córdoba Espino para solicitar consentimiento para la realización del presente estudio, así como cuestionarles sobre las diferentes actividades de manejo que llevan a cabo, insumos usados y datos de producción de la unidad de su propiedad ubicadas en el Ejido La Victoria del municipio de Mapimi en el estado de Durango; 2) Se consultó información de SINIIGA través de la oficina local del CADER-SADER en Bermejillo, Mapimi, Durango; 3) Se consultó a la Agencia de Desarrollo BIOS- Consultores A.C. para recabar información sobre apoyos que se recibieron en la Comunidad La Victoria específicamente los caprinocultores y las unidades y sistema de producción en estudio; 4) Se usó y analizó a los datos de producción láctea semanal para ambas unidades de estudio; 5) Posteriormente se trabajó con los datos para la realización de tabulados y gráficos en el software Microsoft Excel ® versión 2013.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hoy en día en la Comarca Lagunera las unidades de producción caprina se caracterizan por contar con corrales de pernocta del rebaño con división de uno o dos corrales dentro del corral principal. La unidad de producción “Washington” no es la excepción pues pastorea el rebaño cada día en dos horarios por la mañana de 9 a.m. a 14 p.m. y de 16 p.m. a 19 p.m; las especies de plantas consumidas son: Poaceas como pasto buffel *Pennisetum ciliare*, navajita anual *Bouteloua simplex*, pasto llorón *Eragrostis intermedia*, pasto punta blanca *Pappophorum vaginatum*, herbáceas como: Rodadora *Salsola kali*, trompillo *Solanum eleagnifolium*, hierba amargosa *Baileya multiradiata*, verdolaga *Portulaca oleracea*, mariola *Parthenium incanum*, tasajillo *Opuntia leptocaulis*, nopal cegador *Opuntia microdasys*, arbustivas y arboles como: Chamizo *Atriplex canescens*, huizache *Acacia constricta*, mezquite *Prosopis glandulosa* y gobernadora *Larrea tridentata*; con una ordeña diaria por la mañana de forma manual, además cuenta con cuatro corrales de manejo y pernocta del hato caprino, en el cual predomina la cruce de las razas Alpino francés con Saanen, Nubia y Boer. Se considera un sistema semi-extensivo acorde a las características del hato y de manejo general descrito en el presente documento. La otra unidad de producción en estudio “El Chicalotal” tiene un manejo estabulado todo el año se alimenta 2 veces al día, la ordeña es manual por la mañana. Se categoriza como un sistema semi-intensivo, puesto que no se realiza la inseminación artificial (IA). La producción láctea se vende diariamente a la Empresa Chilchota S. A. de C.V. Se paga cada sábado por medio de un cheque a nombre de cada productor.



**Nota:** (PP)= Producción en pastoreo, Juan Córdoba Espino; (PE)= Producción estabulada, María Lucia Terrones García.

Figura 1. Producción láctea de dos unidades de producción caprina por semana durante un año. Datos proporcionados por los Propietarios de ambas unidades de producción caprina mediante las hojas de producción semanal que entrega la Empresa Chilchota S.A. De C.V.

Como se observa en la Figura 1, la producción de leche se ve afectada por el periodo seco y el de pariciones (calostreo y desarrollo del cabrito), donde en el sistema de producción estabulado se marcan notoriamente estos estadíos al no entregar leche en septiembre y octubre el secado y pariciones a inicios de noviembre; para el sistema de producción en pastoreo se presentaron en noviembre y diciembre el secado y pariciones a inicios de enero en el 75% de los vientres, el 25 % restante se presentó a mediados de febrero; lo cual repercutió en descenso de la producción

sobretudo en preparación de cabrito al mes de edad y preparación de hembras para destete, mas no totalmente como en el sistema de producción estabulado que se dejó de entregar leche por 10 semanas. El estado de Durango produjo de enero a julio de 2018 la cantidad de 14,746 litros de leche de caprino; cifra muy similar para el mismo periodo del 2019 con 14,518 l, de los cuales 14,351 fueron de la Laguna de Durango, es decir el 98.9% del total de producción estatal. (SIAP-SADER, 2019).

**Consideraciones financieras:** (1) Sistema de producción en pastoreo (PP) a) Gastos ejercidos por periodo de estudio (mayo de 2018 a abril de 2019). El gasto o inversión consistió en \$16,100 distribuido en los rubros siguientes: Alimento (\$9,000), fármacos (\$4,100), accesorios (\$1,500), sal mineral (\$700), agua para el rebaño y caballo del pastor (\$2,400) en comunicación personal con el Sr. Juan Córdoba Espino en julio de 2019. (2) Sistema de producción estabulado (PE) a) Gastos ejercidos por periodo de estudio (mayo de 2018 a abril de 2019). El gasto o inversión consistió en \$20,952 distribuido en los rubros siguientes: Pacas de alfalfa para alimentación (\$14,600), maíz molido para alimentación (\$5,402), fármacos (\$100), accesorios (\$50), sal mineral (\$60), agua para el rebaño (\$740) en comunicación personal con la Sra. María Lucia Terrones García en julio de 2019. Por consiguiente en la Figura 2, se aprecian los montos por componente financiero para cada una de las dos unidades de producción, señalando que los valores para la mayoría de los rubros es mayor considerablemente para el sistema de producción en pastoreo, debido a la cantidad de caprinos que la conforman con 92 animales, distribuidos en 2 sementales, 60 vientres y 30 remplazos hembra; únicamente en el rubro de insumos fue mayor el monto para el sistema de producción estabulado puesto que el 95 % del total consistió en gastos de alimentación.

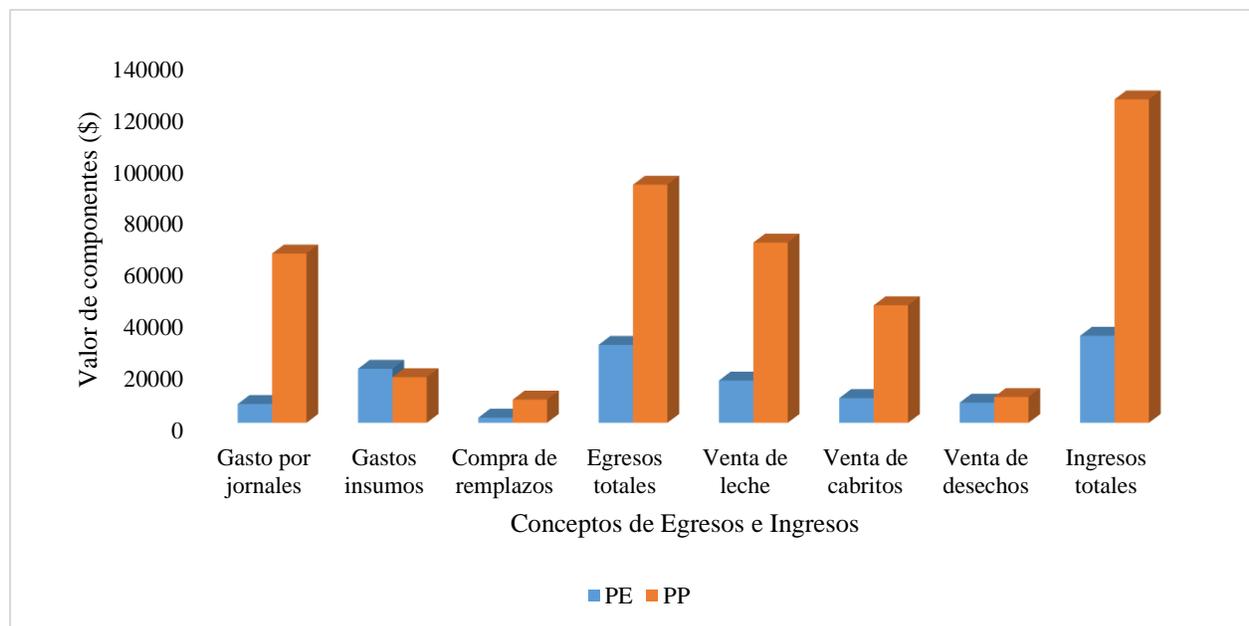


Figura 2. Egresos e ingresos totales y distintos rubros que los conforman para dos unidades de producción caprina.

En el Cuadro 1; se denotan los parámetros productivos y reproductivos para las dos unidades de producción, donde se resalta en primer lugar para el sistema de producción estabulado el porcentaje de preñez con 80% debido a que 2 cabras de las 10 totales quedaron sin preñar por presentar

demasiada grasa corporal y no haber entrado en celo al momento del empadre en los meses de mayo a julio, según relata la propietaria vendió el semental quedando ambas sin gestar. Para el caso del sistema de producción en pastoreo menciona el propietario que tiene diagnosticadas cerca de 20 cabras seropositivas a Brucelosis, sin embargo, no las vende por ser dentro del ható de las altas productoras, resultando en abortos en el último tercio de la gestación, nacimiento de crías débiles y mortalidad por estas causas de hasta 10 cabritos y otra cantidad similar de neonatos.

Cuadro 1. Parámetros productivos y reproductivos para dos unidades de producción caprina.

Parámetros productivos y reproductivos	PP (%)	PE (%)
Porcentaje de preñez	75	80
Porcentaje de nacimientos	86.67	100
Porcentaje de destete	90	100
Promedio de cabritos por parto	1.54	1.63
Partos al año	1	1
Litros de leche cabra/temporada	249.24	379
Litros de leche promedio cabra ordeñada/día	0.76	1.28
Cabras promedio en ordeña	30	7

Al considerar relación Beneficio/Costo, sería de la forma siguiente:  $R=B/C$  otorgando valores para la unidad de producción basada en pastoreo denominada “Washington” queda así:  $R=125,534/92,400$  resultando en 1.36 (Figura 2). En el caso de la unidad de producción estabulada denominada “El Chicalotal” quedó así:  $R=33,790/30,252$  resultando en 1.12 (Figura 2). En una publicación La Universidad Piloto de Colombia en 2012 menciona que cuando resulta la relación  $B/C > 1$ : los beneficios son superiores a los sacrificios. Valencia en 2014 menciona que, en comparación con otras especies, las cabras tienen mayor rentabilidad, ya que su proceso de reproducción es más corto, ya que es un animal que tiene varios propósitos, desde la producción de leche para quesos o dulces, hasta su carne, piel, pie de cría e incluso el estiércol. Las unidades de producción en estudio por estar ubicadas en el ejido La Victoria del municipio de Mapimi, son sujeto de apoyos gubernamentales por ejemplo Programa Estratégico de Soberanía Alimentaria (PESA), por estar categorizado según CONAPO como de alta marginación, lo cual beneficia en capitalización en infraestructura (BIOS-Consultores, 2017).

### CONCLUSIONES

La relación beneficio/costo para ambas unidades de producción fue de 1.36 y 1.12 para sistema de producción en pastoreo y sistema de producción estabulado, respectivamente, consideradas ambas como positiva

Existe capitalización de ambas unidades de producción mediante apoyos gubernamentales en rubros de infraestructura.

### LITRATURA CITADA

- Aréchiga, C. F., Aguilera, J.I., Rincón, R. M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V. R., Meza-Herrera, C. A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea]. Consultado el 20 de julio de 2019 de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911227001>.
- BIOS-Consultores. 2017. Agencia de Asesoría y Capacitación Promotora de Apoyos PESA (Programa Estratégico de Soberanía Alimentaria). FAO-SAGARPA-SAGDR. En la región del semidesierto del estado de Durango.

- 
- Córdoba Espino Juan. 2019. En comunicación personal. (Datos reales de insumos, gastos y producción láctea).
- Excel. 2013. Software Microsoft Excel ® versión 2013.
- INAFED. 2010. “Mapimi, Durango”. Instituto Nacional para el Federalismo. Consultado el 11 de agosto de 2019 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10013a.html>.
- SADER. 2019. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Producción ganadera. Producción ganadera mensual. Avance por producto. Consultado el 28 de agosto de 2019 de: [http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance\\_siap\\_gb/pecAvanceProd.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp).
- Terrones García María Lucia. 2019. En comunicación personal. (Datos reales de insumos, gastos y producción láctea).
- UPC. 2012. Universidad Piloto de Colombia. 2012. Contabilidad y Finanzas. Consultado el 11 de agosto de 2019 de: <http://www.contabilidadyfinanzas.com/relacion-beneficio-costo-bc.html>.
- Valencia H. A. 2014. Debate. Sinaloa con potencial ganadero caprino. Consultado el 18 de agosto de 2019 de: <https://www.debate.com.mx/economia/Sinaloa-con-potencial-caprino-----20140714-0137.html>.



fuentes de información de sensores remotos, pueden tener un rol decisivo en el desarrollo de soluciones de monitoreo inter e intra anual que faciliten la toma de decisiones en el manejo del hato, como el ajuste de carga y la suplementación.

El Satélite Sentinel 2, provee imágenes multispectrales con una resolución espacial de hasta 10 metros y temporal de hasta 5 días, las cuales pueden ser utilizadas, entre otras cosas, para calcular índices de vegetación como el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), que es uno de los índices que más comúnmente se ha utilizado para evaluar la biomasa en áreas de pastoreo. En este trabajo se presentan los avances en el desarrollo de una metodología de monitoreo de la biomasa forrajera con base en este índice de vegetación y en datos de monitoreo estacional.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El monitoreo se llevó a cabo en un matorral arbo-crasicaulescente asociado con pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) localizado en el interior del Campo Experimental Todos Santos del INIFAP, en el municipio de La Paz, Baja California Sur (Figura 1). En esta área, se mantiene un promedio de 35 cabezas de ganado Criollo bajo condiciones de pastoreo extensivo.

Para el seguimiento de la biomasa disponible, se obtuvieron imágenes del satélite Sentinel 2 (Nivel 2A) para las dos épocas consideradas en este estudio: primavera y verano del año 2019. Las imágenes se procesaron utilizando el software QGIS ver. 3.8.0 (QGIS Development Team, 2019), con el objetivo de generar, en primera instancia, una imagen multi-banda recortada al área de estudio y, posteriormente, calcular el NDVI a partir de la calculadora raster del mismo software, utilizando la siguiente fórmula:  $NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R}$ . Donde “NIR”, corresponde a la reflectancia en la región del infrarrojo cercano (842 nm); y “R”, corresponde a la reflectancia en la región del rojo (665 nm). Este índice genera valores entre -1 y 1 que representan una medida del total de vegetación verde por unidad de superficie. Donde 0 corresponde al suelo desnudo, y un valor cercano a 1, representa una alta concentración de hojas verdes por unidad de superficie, es decir, vegetación más vigorosa o desarrollada. Para relacionar los valores obtenidos a través del NDVI en el matorral estudiado, se realizaron muestreos dirigidos a distintos niveles obtenidos para este índice, considerando valores bajos, medios y altos distribuidos en la totalidad del área de estudio. Así mismo, se establecieron puntos de muestreo testigo que se ubicaron fuera de la zona de pastoreo del ganado. Para ubicar los puntos de muestreo en el campo, se registraron las coordenadas de cada uno en un navegador portátil (GPS) de la marca Garmin. En primavera se muestrearon 9 sitios con 1 m<sup>2</sup> por sitio, mientras que en el verano se ajustó el esfuerzo de muestreo a 4 sitios con 4 m<sup>2</sup> por sitio. La superficie de muestreo se dividió en 4 cuadrantes que se seleccionaron al azar en dirección a los puntos cardinales (norte, sur, este y oeste), en los cuales se removió la biomasa total de las especies forrajeras, considerando únicamente las partes comestibles para el ganado. Para ajustar los valores medidos de biomasa con respecto al valor del NDVI, se promedió el peso total de las muestras para cada punto de muestreo. Para el análisis de la relación entre el NDVI y la biomasa forrajera disponible, se desarrolló una regresión lineal y se evaluó la precisión del modelo a partir del valor de R<sup>2</sup> (Medina-García et al, 2009). También se comparó la disponibilidad de biomasa forrajera por estación calculando la equivalencia de Kg de materia seca por hectárea con base en la superficie muestreada en cada estación. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el software libre R 3.6.0 (R Core Team, 2019).

## RESULTADOS

Se observaron importantes diferencias en el NDVI calculado en las dos temporadas de muestreo (Figuras 1 y 2), lo cual obedece al efecto de la precipitación, un hecho evidente en el comportamiento estacional de la vegetación en el área de estudio.

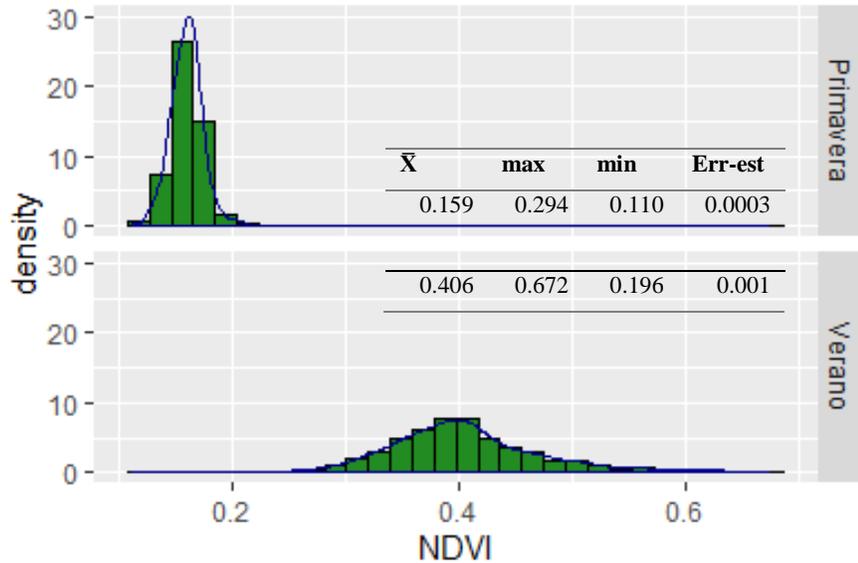


Figura 1. Histograma de frecuencias de los valores de NDVI observados en primavera y verano.  $\bar{X}$  = media; **Err-est** = error estándar.

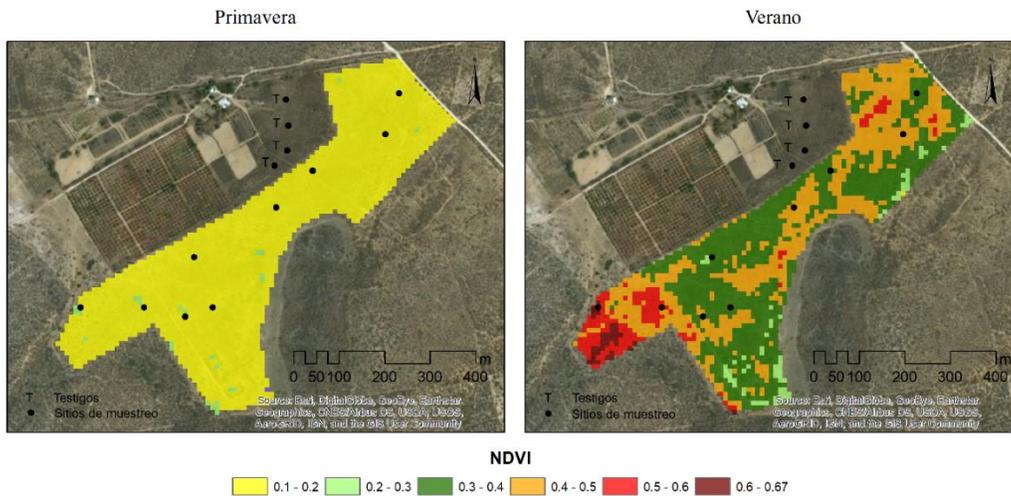


Figura 2. Mapas de NDVI calculado en el área de estudio a partir de imágenes Sentinel 2.

A partir de los muestreos realizados, se estimó una disponibilidad de materia seca de 2,094 kg/ha en primavera y 4,645 kg/ha en verano (después de las primeras lluvias). Los valores de  $R^2$  fueron sumamente contrastantes en el modelo de regresión lineal desarrollado para los datos por estación, mostrando la falta de consistencia en los datos obtenidos a partir del muestreo realizado en primavera, donde además influyó la poca variabilidad en la biomasa disponible y en los valores de

NDVI para las zonas de pastoreo del ganado. En cambio, para la época de verano, se observó una buena relación entre los valores de NDVI y la biomasa forrajera disponible (Figura 3).

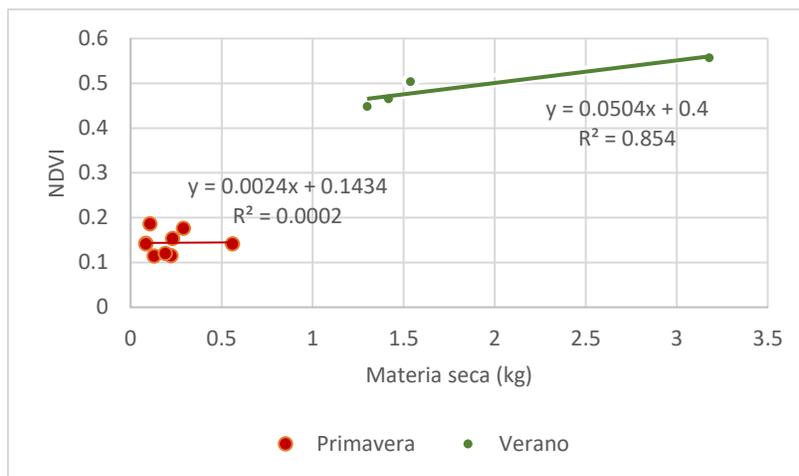


Figura 3. Modelos lineales NDVI/Materia seca.

La información presentada en este trabajo, representa un avance preliminar con los datos recabados para dos estaciones del año 2019, no obstante, en etapas posteriores, se incluirán los datos de los muestreos para otoño e invierno, esperando que los análisis estadísticos revelen mayor información sobre la relación entre el NDVI y la disponibilidad de biomasa forrajera a lo largo del año.

## DISCUSIÓN

La utilidad del NDVI como indicador de la biomasa forrajera se ha puesto en evidencia por diversos estudios en los últimos años (Edirisinghe *et al.*, 2012; Punalekar *et al.*, 2018), no obstante, hacen falta evaluaciones a nivel regional que permitan validar su utilidad y la de otros índices en las condiciones particulares del Estado (p.e. el índice de área foliar o el índice de vegetación ajustada al suelo). Otros estudios, como el de Chávez-Castillo *et al.* (2017), destacan la eficiencia del NDVIcp para estimar la biomasa en zonas de pastizal y matorral en conjunto con fotografías digitales y la estimación de la cobertura aérea de las especies forrajeras.

El uso de imágenes del Satélite Sentinel 2, es cada vez más común en estudios de esta índole (Punalekar *et al.*, 2018), ya que provee información de fácil acceso con una resolución espacial y temporal que permite desarrollar evaluaciones con diferentes escalas (a nivel potrero, región o ecosistema), sin embargo, el contexto regional es variable, lo que hace necesario considerar aspectos como la diversidad de especies forrajeras, el manejo del pastoreo y la carga animal, de forma que se disminuya el sesgo entre la realidad y la información captada por este satélite. Si bien, en este trabajo se presentan resultados preliminares, se plantea la necesidad de generar más información (p.e. modelos de biomasa, mediciones espectrales *in situ*, incrementar el esfuerzo de muestreo) que permita calibrar la metodología espacial a partir de los muestreos de otoño e invierno, además de desarrollar modelos más robustos que sean comparables con otros estudios intra e inter estacionales.



## CONCLUSIONES

Este estudio representa los resultados preliminares de un primer esfuerzo para desarrollar una metodología que permita generar información espacialmente explícita de utilidad para el manejo integral de agostaderos en la región. Una vez concluidos los muestreo estacionales y superadas las áreas de oportunidad identificadas en la metodología de muestreo, se espera que la información generada permita mejorar las estrategias de ajuste de carga e identificar de forma más precisa las necesidades de complementación y suplementación.

## LITERATURA CITADA

- R Core Team. (2017). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org>.
- QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.
- Edirisinghe, A., Clark, D. and D. Waugh. 2012. Spatio-temporal modelling of biomass of intensively grazed perennial dairy pastures using multispectral remote sensing, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol 16, p 5-16, ISSN 0303-2434, <https://doi.org/10.1016/j.jag.2011.11.006>.
- Punalekar, S. M., Verhoef, A., Quaife, T. L., Humphries, D., Bermingham, L. and C.K. Reynolds. 2018. Application of Sentinel-2A data for pasture biomass monitoring using a physically based radiative transfer model. *Remote Sensing of Environment*, Vol 218, p 207-220, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.09.028>.
- Chávez Castillo, E., F. Paz Pellat y M. A. Bolaños González. 2017. Estimación de biomasa y cobertura aérea usando radiometría e imágenes digitales a nivel de campo en pastizales y matorrales. *Terra Latinoamericana* 35: 247-257.

## PRODUCCION DE FORRAJE DE PASTOS NATIVOS EN CHIHUAHUA

### FORAGE PRODUCTION OF NATIVE GRASSES IN CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra<sup>1</sup>, José Francisco Villanueva Avalos<sup>2</sup>, Gabriel Sosa Pérez<sup>1</sup>, Alan Álvarez Holguín<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental La Campana-CIRNOC-INIFAP; <sup>2</sup>Sitio Experimental El Verdineño-CIRPAC-INIFAP

#### RESUMEN

Los pastos forrajeros nativos de zonas áridas y semiáridas de Chihuahua son importantes para la ganadería de carne. El objetivo fue evaluar la producción de forraje de siete gramíneas forrajeras de Chihuahua. Se recolectaron y trasplantaron plantas de zacate lobero (*Muhlenbergia phleoides*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), aparejo (*Muhlenbergia porteri*), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), toboso (*Hilaria mutica*) y navajita chino (*Bouteloua ramosa*) en parcelas de campo en Aldama, Chihuahua. Se realizaron mediciones de producción de forraje durante tres años. El análisis estadístico se realizó bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La mayor producción de forraje ( $P < 0.01$ ) fue en toboso con 2,530 kg M.S./ha hasta un mínimo de 145 kg M.S./ha en navajita velluda. Las especies sobresalientes fueron el zacate toboso y zacatón alcalino, mientras que los zacates con menos producción forrajera fueron el lobero y navajita velluda.

**Palabras clave:** altura forraje, cobertura basal, producción forraje, pastos nativos.

#### ABSTRACT

Forage native grasses in arid and semiarid regions of Chihuahua are important for cattle ranch industry. The objective was to evaluate forage production of seven forage grasses in Chihuahua. Common wolftail (*Muhlenbergia phleoides*), hairy grama (*Bouteloua hirsuta*), black grama (*Bouteloua eriopoda*), bush muhly (*Muhlenbergia porteri*), alkali sacaton (*Sporobolus airoides*), tobosagrass (*Hilaria mutica*), and chino grama (*Bouteloua ramosa*) were collected and transplanted in field plots in Aldama, Chihuahua. Forage yield was evaluated during three years. Statistical analyses were performed under a randomized block design with three replications. Tobosagrass showed highest forage yield with 2,530 kg D.M./ha and decreased to 145 kg D.M./ha in hairy grama. Species with good forage potential were tobosagrass, and alkali sacaton, while common wolftail, and hairy grama showed less forage potential.

**Keywords:** forage height, basal cover, forage yield, native grasses.

#### INTRODUCCIÓN

En México, existen recursos genéticos forrajeros que no han sido completamente estudiados incluyendo los zacates más comunes como navajita y banderita en zonas áridas (Quero *et al.*, 2007). La recolección y conservación de recursos forrajeros nativos es la base para la evaluación y selección de materiales forrajeros sobresalientes para la alimentación del ganado en pastoreo (Do Valle, 2001).

Una de las herramientas utilizadas para la evaluación de especies forrajeras es la caracterización de las plantas. Lo anterior con el fin de detectar atributos forrajeros sobresalientes en las especies con potencial para ser incluidas en programas de mejoramiento y ser utilizadas en la rehabilitación

de pastizales (Morales-Nieto *et al.*, 2008). Dentro de los pastizales de México, existe una gran cantidad de zacates nativos que están asociados a los pastos más comunes como el navajita y banderita. Dichas especies son importantes dado que cumplen funciones claves en el ecosistema, sin embargo, se desconoce mucho sobre su potencial forrajero. El objetivo de este trabajo fue la evaluación productiva *ex situ* de siete gramíneas forrajeras nativas de los pastizales áridos y semiáridos de Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Campana en Aldama, Chihuahua. Este sitio tiene un clima semicálido muy seco, con temperatura promedio de 14 a 20°C y la precipitación anual varía de 200 a 400 mm (INEGI, 2015). El suelo es Calcisol y originalmente fue ocupado por matorral de gobernadora (*Larrea tridentata*). Se preparó el terreno con barbecho, rastreo doble y nivelado en el mes de julio 2012. El terreno se cercó con malla ciclónica y se establecieron parcelas de 3m × 4m con una separación de 1m entre plantas y 2m entre parcelas con un total de 20 plantas por parcela.

Se recolectaron ecotipos de siete especies de zacates nativos en diferentes regiones del estado de Chihuahua durante los meses de agosto y septiembre de 2012. Las especies recolectadas fueron: lobero (*Lycurus phleoides*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), aparejo (*Muhlenbergia porteri*), zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*), toboso (*Hilaria mutica*) y navajita chino (*Bouteloua ramosa*). Los materiales fueron recolectados con raíz y biomasa aérea (aproximadamente 15-20 cm) y suelo suficiente, colocados en cajas con turba y suelo húmedos de acuerdo a la metodología de Morales (2009). Los materiales fueron trasplantados al siguiente día de la recolecta. El trasplante se llevó a cabo manualmente en hoyos de aproximadamente 30 cm de profundidad, con un riego de auxilio para promover el establecimiento. Después del trasplante se realizaron deshierbes manuales de las parcelas. A finales de la época de crecimiento de cada año durante 2014 al 2016, se realizaron muestreos de producción de forraje de las especies por medio de cortes.

El análisis estadístico se realizó bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones con Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2009) para determinar diferencias en producción de forraje entre especies de pastos. Se realizó una separación de medias con la prueba de la mínima diferencia (Kirk, 1982). Se utilizó una probabilidad de 0.05 para determinar los efectos significativos. Además, se estimaron coeficientes de correlación entre la precipitación total y del verano (junio-septiembre) con la producción de forraje de las especies, para determinar su dependencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación en el sitio experimental varió entre años (Figura 1). Tanto la distribución como la cantidad total fue diferente entre los años de estudio. En consecuencia, los resultados de producción de forraje de los pastos fueron afectados por ambos factores. La producción de forraje fue influenciada ( $P < 0.01$ ) por la especie de zacate (Figura 2). El toboso presentó la mayor producción de forraje, con una tendencia positiva de incremento en la producción de forraje del primer al tercer año. Los pastos aparejo, navajita velluda, lobero y navajita chino presentaron baja producción de forraje con una tendencia negativa de 2014 a 2016. Los pastos zacatón alcalino y navajita negra mostraron una respuesta muy variable entre años. La producción de forraje fue directamente afectada por la especie y la precipitación, ya que las especies recolectadas en la región del desierto Chihuahuense, tales como el zacatón alcalino, toboso y aparejo mostraron una mejor adaptación

con valores mayores de producción de forraje. Por el contrario, los pastos lobero y navajita velluda presentaron los valores más bajos de producción de forraje, lo cual puede atribuirse a que están adaptados a lugares con condiciones más favorables de temperatura y precipitación.

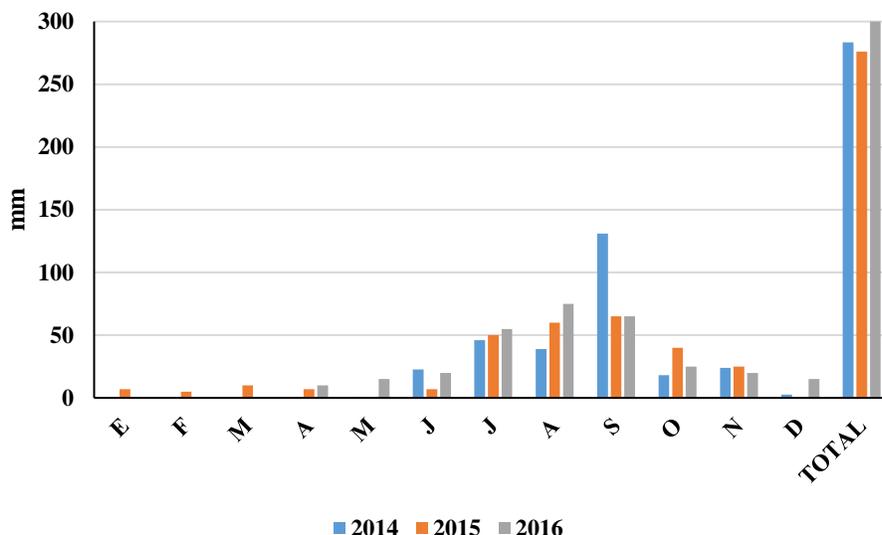


Figura 1. Precipitación pluvial (mm) mensual y anual en Aldama, Chihuahua (2014-2016).

La precipitación pluvial total durante 2014 fue de 283 mm, muy cercana a lo normal, sin embargo, la precipitación durante los meses de junio-agosto (mayor parte de la época de crecimiento) fueron bajas en comparación con los otros dos años, afectando algunas especies como tobozo y posiblemente navajita negra. Por el contrario, la precipitación durante junio-agosto fue un poco mayor en los dos años siguientes, lo cual pudo beneficiar sobre todo al zacate tobozo.

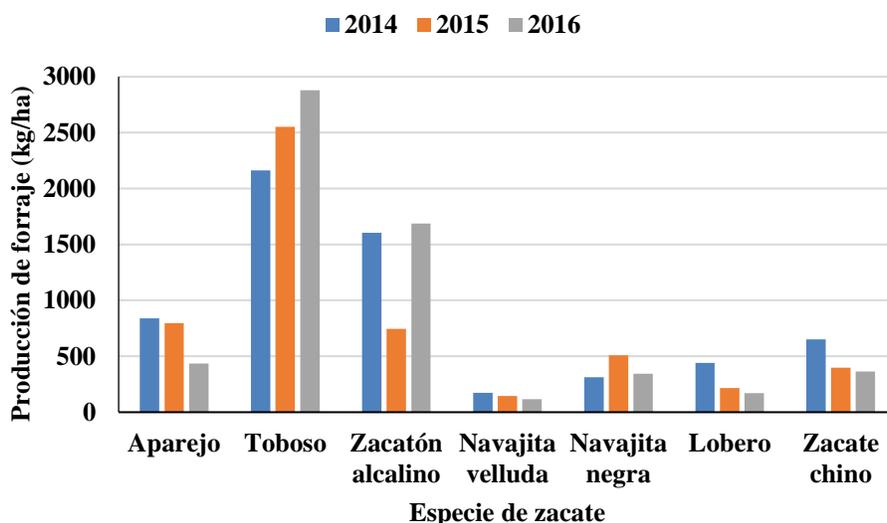


Figura 2. Producción de forraje (kg M.S./ha) de siete zacates nativos en Aldama, Chihuahua durante tres años (2014-2016). (Aparejo=*Muhlenbergia porteri*; Toboso=*Hilaria mutica*; Zacatón alcalino=*Sporobolus airoides*; Navajita velluda=*Bouteloua hirsuta*; Navajita negra=*Bouteloua eriopoda*; Lobero=*Muhlenbergia phleoides*; Zacate chino=*Bouteloua ramosa*).

El análisis de regresión mostró que la producción de forraje de los pastos aparejo, toboso y navajita velluda tienen una correlación positiva y moderada-alta ( $R^2=0.84$ , 0.40 y 0.46, respectivamente) con la precipitación total del sitio, mientras que los pastos zacatón alcalino, navajita negra, lobero y zacate chino presentaron una correlación moderada-alta ( $R^2=0.76$ , 0.76, 0.50 y 0.55, respectivamente) y positiva con las lluvias de verano (junio-septiembre).

Lo anterior es interesante, ya que las condiciones actuales del clima son muy cambiantes, por lo tanto, esta información es relevante para la toma de decisiones en la selección de especies para resiembra, así como el manejo sostenible de pastizales donde se encuentran estas especies de pastos.

### CONCLUSIONES

Las especies con más potencial forrajero para la zona árida de Chihuahua fueron el zacate toboso, zacatón alcalino y aparejo, mientras que los zacates con menor potencial forrajero fueron el lobero, navajita negra, navajita velluda y navajita chino. Se observó que algunos zacates tienen una buena respuesta a lluvias tardías. Esta información es fundamental para la selección de especies con potencial para utilizarse en programas de rehabilitación de pastizales degradados en zonas áridas de Chihuahua.

### LITERATURA CITADA

- Do Valle, C. B. 1990. Coleção de germoplasma de espécies de *Brachiaria* no CIAT: Estudos básicos visando ao melhoramento genético. Campo Grande, MS, EMBRAPA-CNPGC. 33 pp. Consultado 05/06/2015. <file:///C:/Users/PROPIETARIO/Downloads/Colecao-de-germoplasma-de-especies.pdf>.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2015. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Aldama, Chihuahua. Clave geoestadística 08002. Consultado 05/06/2015. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/08/08001.pdf>.
- Kirk, R.E. 1982. Experimental Design, 2nd ed. Brooks/Cole Publishing Co. Monterey, Cal. pp. 429-455.
- Morales, N.C.R. 2009. Metodología para la recolecta y conservación de germoplasma de plantas forrajeras en la zonas áridas y semiáridas de México. Folleto Técnico núm. 21. S.E. Campana-Madera. INIFAP-SAGARPA. 21 pp.
- Morales-Nieto, C.R.; A. Quero-Carrillo; J. Pérez-Pérez; A. Hernández-Garay; O. Le-Blanc. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia* 42: 767-775.
- Quero, C.A.R.; J.F. Enríquez; L. Miranda. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo. *Interciencia* 32: 566-571.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.



a source of diversification for the generation of new products and / or agricultural services and are a source of proteins to be used in tropical livestock of meat and milk.

**Keywords;** physicochemical quality, shrubs, legumes.

## INTRODUCCIÓN

Los Recursos Genéticos Forrajeros (RGF), son el germoplasma o material genético con valor real o potencial de los forrajes. Los RGF nativos constituyen una importante fuente de diversificación para la generación de nuevos productos y/o servicios agropecuarios (Campos y Seguel, 2000). En el ámbito nacional, los RGF contribuyen con el 98% de la leche y el 43% de la carne, por lo que es una prioridad preservar la biodiversidad y aprovechar los recursos naturales de los que aún se dispone. La recolecta, conservación y evaluación de germoplasma promisorio, es una estrategia que han implementado países como Australia, Colombia, Francia y Brasil, entre otros, como una estrategia para desarrollar sistemas agropecuarios sustentables; sin embargo, en México, es una actividad rezagada por muchos años. Con un programa de recolección y caracterización de RGF nativos, es posible evitar la pérdida de especies con potencial forrajero y establecer las bases para la selección, registro y liberación de las especies con potencial, para su uso en sistemas sustentables de producción de carne y leche en las diferentes regiones agroecológicas de México. Además, el análisis químico del follaje permite conocer su composición y proporciona información básica para la selección del material para su propagación y para su manejo en los sistemas de alimentación de los animales. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad fisicoquímica de leguminosas y arbustivas en la época de seca, cultivados en suelo litosol.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Sitio Experimental de Tizimín (INIFAP), ubicado en el Km 14 carretera Tizimín-Colonia Yucatán, del municipio de Tizimín, Yucatán, México; a los 21° 09' 29'' latitud norte y 88° 10' 21'' longitud oeste y altitud de 14 msnm. La zona presenta un clima Aw1, según la clasificación de Köppen con precipitación promedio anual de 1200 mm, concentrándose de junio a octubre el 75 % de las precipitaciones. La temperatura media anual es de 27 °C, siendo el mes de mayo el más caluroso (máximas de 39 °C y mínimas de 21.5 °C) y el mes más frío es diciembre (máxima de 28.5 °C y una mínima de 17.3 °C). La humedad relativa varía de 68.5 % en el mes de abril a 86.3 %, en el mes de septiembre. El suelo predominante es Litosol (Chich'luum –nomenclatura maya) con fertilidad media con 1.5-1.9 % de carbono orgánico y pH de 6.7 a 7.3, poco profundo con áreas rocosas y relativamente poco fértil. De característica arbórea y forman parte del bosque tropical caducifolio. Las especies de leguminosas evaluadas fueron:); *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (Leguminosae); *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Witt (Leguminosae); *Leucaena leucocephala* (peruana) (leguminosae); *Piscidia piscipula* (L.) Sarg. (Leguminosae); *Guazuma ulmifolia* Lam. (Esterculiaceae) y *Acalypha villosa* (Euphorbiaceae). Los muestreos se realizaron con cuatro repeticiones cada 60 días en la época de seca de 2016; del 9 de marzo al 4 de julio. Establecidos de septiembre de 2015 a febrero de 2016, con corte de homogenización el 9 de marzo de 2016. Para determinar la composición química de las especies, se tomó una muestra por parcela de aproximadamente 500 g, que fueron pesadas antes y después de colocarlas en una estufa con circulación de aire forzado a 60° C durante 48 horas. Aunado a lo anterior, las muestras se sometieron a molido con un molino tipo Willey con criba de 1mm. Posteriormente se realizaron las determinaciones de Materia seca (MS), cenizas (Cen), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC), siguiendo los métodos de la AOAC (2005). Las fracciones de fibra neutro detergente (FND) y fibra ácido detergente (FAD), se realizaron por el método de

digestión con detergente neutro y ácido con filtración subsecuente (Van Soest *et al.*, 1996). Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ( $P < 0.05$ ), mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se observa la PC de los seis cultivos de especies leguminosas y arbustivas forrajeras estudiadas. De acuerdo a los resultados, existieron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre especies: sobresalió la *L. leucocephala* (L.) con promedio de 23.2%, sin embargo, fue similar a la *L. leucocephala* peruana, *G. ulmifolia* y *G. sepium*, con promedios de 21.2, 19.0 y 19.4% de PC respectivamente, pero fue diferente a *P. pispipula* y *A. villosa*, con valores de 16.2 y 15.9% de PC respectivamente. Relacionado a lo encontrado en este trabajo, Rodríguez *et al.* (2010) reportaron un promedio de 22.5% de PC en leguminosas tropicales forrajeras (*Arachis glabrata*, *Cajanus cajan cv* Guerrero, y *Stylosanthes guianensis*). Asimismo, Clavero (2011), encontró resultados superiores en *L. leucocephala* (L.) con 30.4% y para *G. sepium* 24.3% de PC; para *P. pispipula*, *A. villosa* y *G. ulmifolia*, López *et al.* (2008), reportaron valores más bajos (12.7, 16.2 y 13.8% de PC respectivamente).

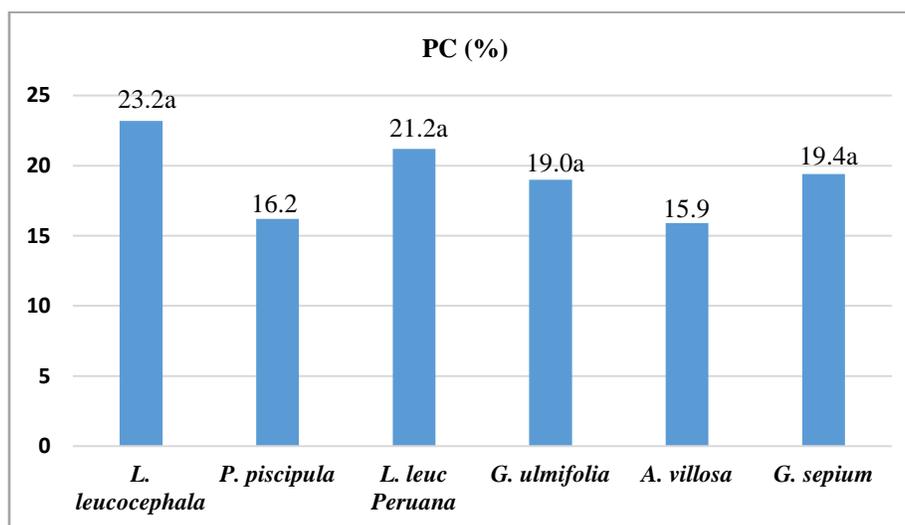


Figura 1. Proteína cruda de leguminosas y arbustivas en suelo litosol en la época de seca.

Los porcentajes de FND, FAD, Cen y MO de los seis cultivares se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Composición química de leguminosas y arbustivas en suelo litosol en la época de seca.

Especie	N	FND	FAD	MS	CEN	MO
<i>L. leucocephala</i>	3	30.4±4.4 <sup>bc</sup>	19.2±3.1 <sup>a</sup>	91.9±0.2 <sup>a</sup>	11.0±0.6 <sup>a</sup>	89.0±0.6 <sup>a</sup>
<i>P. pispipula</i> (L.)	3	44.4±3.6 <sup>a</sup>	32.4±0.7 <sup>a</sup>	92.0±0.1 <sup>a</sup>	11.0±1.1 <sup>a</sup>	89.0±1.1 <sup>a</sup>
<i>L. leuc. Peruana</i>	3	33.3±3.3 <sup>b</sup>	19.3±0.9 <sup>a</sup>	92.0±0.4 <sup>a</sup>	12.2±2.7 <sup>a</sup>	87.8±2.7 <sup>a</sup>
<i>G. ulmifolia</i>	3	47.0±3.6 <sup>a</sup>	31.0±3.4 <sup>a</sup>	91.3±0.7 <sup>a</sup>	9.9±0.5 <sup>a</sup>	90.1±0.5 <sup>a</sup>
<i>A. villosa</i>	3	23.7±1.1 <sup>c</sup>	16.0±56.2 <sup>a</sup>	91.9±0.2 <sup>a</sup>	9.2±0.4 <sup>a</sup>	90.8±0.4 <sup>a</sup>
<i>G. Sepium</i>	3	42.7±1.3 <sup>a</sup>	38.7±1.9 <sup>a</sup>	91.4±0.2 <sup>a</sup>	10.1±0.8 <sup>a</sup>	89.9±0.8 <sup>a</sup>

<sup>abc</sup> literales distintas por columna son estadísticamente diferentes ( $P < 0.05$ )

Se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) para los datos de FND: los valores más bajos fueron para *A. villosa* (23.7%), *L. leucocephala* (30.4%) y *L. leucocephala* peruana (33.3%), siendo diferentes a *G. Sepium*, *P. piscipula* y *G. ulmifolia* (42.7, 44.4 y 47.0% respectivamente). Para los componentes de FAD, Cen y MO no se observaron diferencias ( $P > 0.05$ ), con promedios que van de 16.0-38.7% de FAD, de 9.2-12.2 % de Cen y 87.8-90.8% de MO. Respecto a la FND, Clavero (2011) encontró valores diferentes para *L. leucocephala* y *G. sepium* (45.7 y 35.2% respectivamente). De la misma manera Rodríguez *et al.* (2010) reportaron para FND, FAD, MO y CEN, rangos de 49.8-54.8%, 21.9-27.6%, 91.69-97.8% y 8.3-6.3% respectivamente en leguminosas tropicales (*A. glabrata*, *C. cajan cv* Guerrero y *S. guianensis*). Las diferencias en rango de valores encontradas en el presente trabajo y en la literatura puede ser atribuida a la época, estado de madurez y parte de la planta colectada para su análisis.

### CONCLUSIONES

La composición química obtenida de las especies estudiadas, demuestran su potencial para ser utilizadas como bancos de proteína ya sea en complemento del pastoreo de gramíneas o en la elaboración de mezclas forrajeras en los sistemas de producción animal.

### FUENTE FINANCIERA

El presente estudio fue financiado parcialmente con recursos del proyecto Fiscal “Banco de germoplasma de especies forrajeras en Yucatán”.

### LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International Gaithersburg. MD, EEUU. Consulta junio de 2016. Disponible en [www.aoac.org](http://www.aoac.org).
- Campos, de Q. H. y Seguel, B. I. 2000. Biotecnología y recursos genéticos vegetales. Agro Sur (Ene-Jun 2000), 28(1): 13-24.
- Clavero, T. 2011. Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. Revista de la Universidad del Zulia. Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología 2: 11-35.
- López, H.M., Rivera, L.J., Ortega, R.L., Escobedo, M.J. Magaña, M.M., Sanginés, G.J. y Sierra, V.A. 2008. Contenido nutritivo y factores antinutricionales de plantas nativas forrajeras del norte de Quintana Roo. Técnica Pecuaria en México, Vol. 46, núm. 2, abril- junio, pp. 205-215.
- Rodríguez, A. A., Vázquez, M., Olivares, J., Rivera, F., Cruz, L. y Valencia, E. 2010. Evaluación forrajera de leguminosas tropicales: Composición química, degradabilidad in vitro y selectividad ingestiva por bovinos y caprinos J. Agríc. Univ. P.R. 94(1-2):121-130.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Van Soest, P. J. 1996. Nutritional ecology of the ruminant. 2aEd. Cornell University Press. Ithaca U S A. pp 476.



species. Thus the selected species were *Setaria macrostachya*, *Digitaria californica*, *Bouteloua dactyloides*, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Leptochloa dubia*, *Sporobolus aireoides*, *Dasyilirion spp.* And *Atriplex canescens*. All selected species germinated in at least 3 treatments, except for *Dasyilirion spp.*, Which did not germinate in any of them.

**Keywords:** Phytoremediation, native species, abandoned mine tailings.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso no renovable que sostiene los ecosistemas terrestres, su contaminación representa un peligro para la salud humana. Dentro de los contaminantes de suelo prioritarios en México se encuentran los metales extraídos por minería, como plomo (Pb), zinc (Zn) y cadmio (Cd) entre otros (INECC, 2007; FAO, 2018). La fitorremediación es una técnica de bajo costo que permite la remediación suelos contaminados y el restablecimiento de los ecosistemas (Wong, 2003; Wan et al., 2016; Gil-Loaiza et al., 2018). Particularmente la fitoestabilización es útil para remediación de suelos contaminados con metales pesados (MP) debido a que estos no son biodegradables y son bioacumulables (Pierzynski *et al.*, 2002; Mahar *et al.*, 2016). Las especies vegetales fitoestabilizadoras inmovilizan los MP en la raíz, impidiendo que estos se desplacen a agua, aire y frutos vegetales (Y. et al., 2003; Mendez and Maier, 2008; Ortega-Larrocea et al., 2010; Ali *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2014; Gil-Loaiza *et al.*, 2016). Recientemente Gil-Loaiza et al. (2018, 2016) y Solís-Domínguez *et al.* (2012), encontraron que utilizando un sustrato compuesto con 20% composta y 80% jal, además de especies vegetales resistentes a las condiciones climáticas de la zona de estudio (Iron Mine y Humboldt Smelter Superfund, Arizona), genera la mejor cobertura vegetal. Así, el objetivo de este trabajo fue diseñar los probables arreglos eficientes de los diferentes componentes del sustrato compuesto y especies vegetales nativas de zonas áridas de México que mejoren la calidad fisicoquímica y la actividad biológica del suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Diseño de arreglos de sustrato.** Según los antecedentes del trabajo de Gil-Loaiza *et al.* (2016) y Solís-Domínguez *et al.* (2012), y Baca-Herrera (2016) se diseñaron 4 combinaciones de zeolita (Z), composta (C) y jal (J) para probar con 8 diferentes especies vegetales y así evaluar cuál de estos arreglos resulta ser el mejor para fitoestabilizar MP de jales mineros abandonados. Así se obtuvieron 6 tratamientos siendo de T1 a T4 (T1= 10%C, 6.6%Z, 83%J; T2=10%C, 13.3% Z, 76%J; T3=20%C, 6.6%Z; 73%J; T4=20%C, 13.3%Z; 66%J) las combinaciones anteriormente mencionadas, T5 100% composta y T6 100% jal.

**Selección de especies vegetales** Se buscaron especies nativas de la zona de Chihuahua, ya que se pretende aplicar posteriormente a campo los mejores arreglos seleccionados. Así mismo se buscaron características de especies halófilas y perenes. Una vez que se tuvo una base de datos de especies vegetales con las características mencionadas se depuró, tomando en cuenta resultados previos en fitorremediación y disponibilidad de semilla. Las especies seleccionadas fueron zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) (E1), pasto navajita (*Bouteloua gracillis*) (E2), punta blanca (*Digitaria californica*) (E3), temprano (*Setaria macrostachya*) (E4), gigante (*Leptochloa dubia*) (E5), zacatón alcalno (*Sporobolus aireoides*) (E6), sotol (*Drasyilirion sp*) (E7) y chamizo *Atriplex canescens* (E8).

**Experimento de invernadero.** El diseño del experimento fue por parcelas divididas, siendo la especie la parcela grande y el nivel de sustrato la parcela chica. Dentro de la parcela chica se el diseño fue de bloques al azar, para reducir el error por exposición a la radiación propia del invernadero, siendo cada bloque una repetición, con un total de 4 bloques. Previo a la siembra en invernadero se realizó una prueba de porcentaje de germinación (en caja Petri) de la semilla para evaluar las mejores semillas y la cantidad aproximada necesaria para garantizar la emergencia de las especies. La siembra se realizó el día 6 de junio, considerándose como fecha de inicio del experimento. Se utilizaron bolsas de 2.5 L para la preparación de los sustratos y la siembra. Se regó diariamente hasta la germinación. Una vez germinada la semilla el riego continuó cada tercer día con 250 mL de agua potable a cada maceta. Se realizó aclareo de las plantas a los 30 días hasta dejar solo 3 individuos por maceta de los cuales se midió altura cada 15 días. A los 90 días del experimento se retiraron los individuos con menor vigor y se cortó la parte aérea del individuo con mayor vigor para su digestión acida por la técnica EPA 3015A y su posterior análisis de metales pesados (MP) por ICP-OES. El experimento continuó para evaluar la variable de altura de rebrote para finalizar a mediados de noviembre.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las pruebas de germinación de las semillas. Según este porcentaje se sembró mayor o menor cantidad de semilla, según el caso. Se observó germinación entre 10 y 15 días en los pastos y alrededor de 30 días en la especie *Atriplex canescens*, mientras que la especie de *Dasilyrion* no emergió en ningún tratamiento por que se descartó esta especie.

En cuanto a la caracterización inicial de los tratamientos (T1-T6), se presentan en la Tabla 2. Se observa que, en los parámetros medidos, excepto en nitrógeno proteico, T5 y T6 son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), mientras que las mezclas de T1-T4, son iguales entre ellas.

Tabla 1. Porcentaje de germinación de las especies seleccionadas.

Nombre comun	Germinación (%)
Tempranero	9.3
Punta blanca	81.6
Bufalo	13
Banderita	50
Navajita	9.3
Gigante	82
Zacatón alcalino	27.6
Sotol	32
Chamizo	2.6

Una de las características más llamativas es que, añadiendo bajos porcentajes de composta, mejora la calidad en materia orgánica. Además de esto, no se observa diferencia significativa en el porcentaje de nitrógeno orgánico utilizando una prueba de ANOVA de una vía con la prueba de Tukey.

Tabla 2. Caracterización de mezclas iniciales.

Parámetros	Tratamientos						Límites máximos permisibles según las NOM	
	T1 (mg/Kg)	T2 (mg/Kg)	T3 (mg/Kg)	T4 (mg/Kg)	T5 (mg/Kg)	T6 (mg/Kg)	Uso agrícola, residencial, comercial (mg/Kg)	Uso industrial (mg/Kg)
As	1520±138.8 <sup>b</sup>	1708±211 <sup>ab</sup>	1497.7±63.9 <sup>b</sup>	1620.2±99 <sup>b</sup>	2.73±2.03 <sup>c</sup>	2080.5±129.4 <sup>a</sup>	22	260
Pb	2488.28±10.02 <sup>b</sup>	2858.08±432 <sup>b</sup>	2602.39±34.4 <sup>b</sup>	2576.32±276 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	3594.16±255 <sup>a</sup>	400	800
Cd	77.57±9.09 <sup>b</sup>	86.77±10.82 <sup>ab</sup>	76.79±4.18 <sup>b</sup>	82.19±4.28 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>	103.70±6.87 <sup>a</sup>	37	450
Cu	116.91±2.96 <sup>bc</sup>	154.22±17.4 <sup>ab</sup>	148.13±1.66 <sup>ab</sup>	144.61±8.57 <sup>abc</sup>	109.30±4.25 <sup>c</sup>	166.11±18.1 <sup>a</sup>	ND	ND
%MO	0.272±0.029 <sup>b</sup>	0.278±0.016 <sup>b</sup>	0.549±0.003 <sup>b</sup>	0.443±0.303 <sup>b</sup>	3.341±0.879 <sup>a</sup>	0.283±0.018 <sup>c</sup>	ND	ND
%NP	1.25±0.03	1.24±0.02	1.28±0.003	1.50±0.30	4.29±3.04	0.84±0.02	ND	ND

MO= materia orgánica; NP=nitrógeno proteico. One-Way ANOVA, prueba de Tukey (P<0.05). Todos los parámetros se presentan como el valor de media y desviación estándar (DE). NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (SEMARNAT, 2004)

Las concentraciones de As y Pb en los jales y en las mezclas, se encuentran por arriba de los límites permisibles por la NOM-147-SEMARNAT/SSA-204, tanto para suelo de uso agrícola como para suelo de uso industrial mientras que los niveles de Cd se encuentran por arriba de los límites permisibles para suelo agrícola pero por debajo para uso industrial (SEMARNAT, 2004). Cabe señalar que el Cu en suelo no se encuentra normado por las Normas Oficiales Mexicanas. Las concentraciones de MP en el T5, de 100% composta, se encuentran dentro de lo permitido por la NOM-147.

## CONCLUSIÓN

Las concentraciones de los metales pesados en los jales son más altas que los límites permisibles por las Normas Oficiales Mexicanas para suelo agrícola, lo que impide el crecimiento de especies vegetales por fitotoxicidad. La composta presenta niveles de metales pesados dentro de los límites permisibles para suelo de uso agrícola, por lo cual el uso de esta composta no interfiere con el experimento. Existen diferencias significativas en las características fisicoquímicas de la composta, el jal y las mezclas, lo que indica que, al agregar composta al jal, aun a bajos porcentajes, mejora la calidad del suelo y debería ser posible el establecimiento de las especies vegetales seleccionadas y de actividad microbiana. Dadas estas características es esperado que las especies vegetales sean capaces de crecer y desarrollarse en los tratamientos seleccionados.

## LITERATURA CITADA

- Ali, H., E. Khan, and M. A. Sajad. 2013. Phytoremediation of heavy metals-Concepts and applications. *Chemosphere*. 91:869–881. doi:10.1016/j.chemosphere.2013.01.075. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
- Gil-Loaiza, J., J. P. Field, S. A. White, J. Csavina, O. Felix, E. A. Betterton, A. E. Sáez, and R. M. Maier. 2018. Phytoremediation Reduces Dust Emissions from Metal(loid)-Contaminated Mine Tailings. *Environ. Sci. Technol.* 52:5851–5858. doi:10.1021/acs.est.7b05730.
- Gil-Loaiza, J., S. A. White, R. A. Root, F. A. Solís-Dominguez, C. M. Hammond, J. Chorover, and R. M. Maier. 2016. Phytostabilization of mine tailings using compost-assisted direct planting: Translating greenhouse results to the field. *Sci. Total Environ.* 565:451–461. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.04.168. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.168>
- FAO. 2018. <http://www.fao.org/news/story/es/item/1127218/icode/>. consultado Septiembre, 2019.
- INECC, 2007. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/372/fuentes.html>. consultado Septiembre 2019
- Lee, S. H., W. Ji, W. S. Lee, N. Koo, I. H. Koh, M. S. Kim, and J. S. Park. 2014. Influence of amendments and aided phytostabilization on metal availability and mobility in Pb/Zn mine tailings. *J. Environ. Manage.* 139:15–21. doi:10.1016/j.jenvman.2014.02.019. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.02.019>

- Mahar, A., P. Wang, A. Ali, M. K. Awasthi, A. H. Lahori, Q. Wang, R. Li, and Z. Zhang. 2016. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 126:111–121. doi:10.1016/j.ecoenv.2015.12.023. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.12.023>
- Mendez, M. O., and R. M. Maier. 2008. Phytostabilization of mine tailings in arid and semiarid environments - An emerging remediation technology. *Environ. Health Perspect.* 116:278–283. doi:10.1289/ehp.10608.
- Ortega-Larrocea, M. del P., B. Xoconostle-Cázares, I. E. Maldonado-Mendoza, R. Carrillo-González, J. Hernández-Hernández, M. D. Garduño, M. López-Meyer, L. Gómez-Flores, and M. del C. A. González-Chávez. 2010. Plant and fungal biodiversity from metal mine wastes under remediation at Zimapán, Hidalgo, Mexico. *Environ. Pollut.* 158:1922–1931. doi:10.1016/j.envpol.2009.10.034.
- Pierzynski, G. M., D. W. Sweeney, L. E. Erickson, M. Lambert, and B. A. D. Hetrick. 2002. Phytostabilization of Metal Mine Tailings Using Tall Fescue. *Pract. Period. Hazardous, Toxic, Radioact. Waste Manag.* 6:212–217. doi:10.1061/(asce)1090-025x(2002)6:4(212).
- SEMARNAT. 2004. NORMA Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/. Mexico. Available from: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/402/cuencas.html>
- Solís-Domínguez, F. A., S. A. White, T. B. Hutter, M. K. Amistadi, R. A. Root, J. Chorover, and R. M. Maier. 2012. Response of key soil parameters during compost-assisted phytostabilization in extremely acidic tailings: Effect of plant species. *Environ. Sci. Technol.* 46:1019–1027. doi:10.1021/es202846n.
- Wan, X., M. Lei, and T. Chen. 2016. Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil. *Sci. Total Environ.* 563–564:796–802. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.12.080. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.080>
- Wong, M. H. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. *Chemosphere.* 50:775–780. doi:10.1016/S0045-6535(02)00232-1.
- Y., M., D. N., and W. M. 2003. Toxicity of Pb/Zn mine tailings to the earthworm *Pheretima* and the effects of burrowing on metal availability. *Biol. Fertil. Soils.* 36:79–86. doi:10.1007/s00374-002-0506-0.



## INTRODUCCIÓN

Para mantener una buena producción de forraje, es necesario conservar las mejores poblaciones de pastos nativos. El pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) es un pasto nativo perenne, que forma parte de la dieta del ganado y fauna silvestre del estado de Chihuahua. Su altura varía en un rango de 40 a 60 cm, con tallos ascendentes, hojas concentradas en la planta y vainas comprimidas y aquilladas. Esta especie presenta una inflorescencia de 5 a 8 cm de longitud y un diámetro de 5 a 8 mm, con espiguillas grisáceas, una gluma de 2 mm y un ápice prolongado (Hernández *et al.*, 2014). No obstante, por las diferencias ambientales que presentan las zonas del estado de Chihuahua, las poblaciones de esta especie presentan diferencias fenotípicas. La caracterización morfológica y nutricional ayudan a identificar individuos o ecotipos sobresalientes que pueden ser seleccionados y recomendados para su uso en programas de rehabilitación de pastizales (Morales *et al.*, 2015; Mediana-Guillen *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar la diversidad morfológica y nutricional de 30 poblaciones de pasto lobero procedentes del estado de Chihuahua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2016 se recolectó semilla de 30 poblaciones de pasto lobero en municipios del estado de Chihuahua (Figura 1). Cada población fue seleccionada a una distancia mínima de 50 km entre población, tomando en cuenta condiciones fisiográficas y ambientales. En cada sitio de muestreo se recolectaron aproximadamente 200 gr de semilla de varias plantas, la cual correspondió al germoplasma de una población. Para la siembra se utilizaron macetas de poliuretano negro y cada maceta se llenó con suelo de textura franco arenosa. De cada población se sembraron alrededor de 25 semillas por maceta, a las cuales se suministró humedad a capacidad de campo para asegurar su germinación y emergencia. Solo se dejó una planta por maceta con cinco repeticiones por población. Las plantas fueron desarrolladas en invernadero durante un periodo de tres meses y después trasplantadas en campo y conservadas *ex situ* en una parcela ubicada en el poblado El Vallecillo (28° 24.98' N, 106° 13.71' O) del municipio de Chihuahua.



Figura 1. Distribución de los sitios de recolecta de 30 poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México.

El área cuenta con topografía plana, temperatura media de 18 °C, precipitación promedio de 415 mm anuales y altitud de 1760 msnm (INEGI, 2015). Las 30 poblaciones fueron trasplantadas bajo

un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones. La caracterización se realizó al segundo año de establecimiento durante la etapa de madurez. Las variables evaluadas fueron: altura de follaje (AF), altura de planta (AP), densidad de tallos (DT), largo de hoja (LH), diámetro de macollo (DM), rendimiento de forraje (RF), proporción hoja-tallo (PHT), Fibra detergente ácida (FDA), fibra detergente neutra (FDN), proteína cruda (PC), lignina detergente ácida (LDA), fibra cruda (FC), materia seca (MS), hemicelulosa (HEMI) y celulosa (CEL). Una vez obtenidos FDA, FDN y LDA, la HEM y CEL se determinaron por diferencia:  $HEM = FDN - FDA$ ,  $CEL = FDA - LDA$ . Los datos de las variables morfológicas y nutricionales se analizaron a través de un análisis de componentes principales (ACP), mediante la matriz de correlación. La asociación de las variables originales con los componentes principales se obtuvo mediante análisis de correlación. Posteriormente, se realizó un análisis Clúster (ACL) por el método de ligamiento Ward. El número de grupos se determinó con base en los pseudo estadísticos estadísticos F y T2, basados en el coeficiente cuadrado de Pearson ( $R^2$ ) para estimar similitud entre grupos. Posteriormente, se realizó un análisis multivariado de varianza (MANOVA) con Contrastes Ortogonales para inferir diferencias multivariadas entre grupos. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En poblaciones de pasto lobero la máxima AP fue de 64.2 cm, superior a los 60 cm reportados por Hernández *et al.* (2014) en la misma especie. Otras variables evaluadas en este estudio fueron LDA, CEL y HEM, las cuales obtuvieron valores medios de 7.53, 30.62 y 39.28, respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Hernández *et al.* (2014), los cuales obtuvieron resultados similares en estas variables en el estado de Hidalgo. Por otro lado, las poblaciones de pasto lobero en el estado de Chihuahua presentaron un rango en LH de 4.85 a 12.73 cm, DT de 20 a 72 y PC de 5.47 a 10.22 %, valores muy similares a otras especies nativas del norte de México (Morales *et al.*, 2015; Melgoza *et al.*, 2016; Morales *et al.*, 2009). Otra variable importante en poblaciones de pasto lobero que determina el rendimiento de forraje es la AF, la cual promedio los 18.55 cm, valores muy similares (19.8 cm) a lo reportado en poblaciones de *Bouteloua gracilis* en el estado de Chihuahua. El análisis de componentes principales mostró que los primeros tres componentes principales explicaron el 72.7 % de la variabilidad total. Estos resultados son similares a los obtenidos en *Digitaria californica* (79 %) y *Leptochloa dubia* (73.3 %; Morales *et al.*, 2012; Morales *et al.*, 2013). El CP1 integró variables relacionadas con el valor nutricional como: FDA, FDN, PC, LDA, FC, HEM y CEL, mientras que, el CP2, agrupó variables relacionadas con el potencial de producción de forraje como altura de forraje, densidad de tallos, diámetro de macollo, rendimiento de forraje y proporción hoja-tallo. En el análisis cluster, los pseudo estadísticos F y T2 sugieren la formación de cinco grupos con base en el coeficiente de determinación de Pearson ( $R^2 = 0.86$ ; Figura 2). El G1 integró cuatro poblaciones procedentes de Riva Palacios, Balleza y Guachochi. En el G2 se incluyeron ocho poblaciones originarias de Belisario Domínguez, Chihuahua, Madera y Guerrero. El G3 fue el más grande, ya que agrupó a nueve poblaciones, procedentes de Gran Morelos, Cuauhtémoc, Namiquipa, Riva Palacios, Gómez Farías, San Francisco del Oro y Bocoyna. El G4 reunió a seis poblaciones procedentes de Santa Isabel, Chihuahua, Matachí, Temósachi, Ignacio Zaragoza y Balleza. Por último, el G5, integró a tres poblaciones procedentes de Guachochi y Bocoyna. De acuerdo a estos resultados, los ecotipos del G1 se pueden considerar como materiales aptos para doble propósito, producción de forraje y semilla.

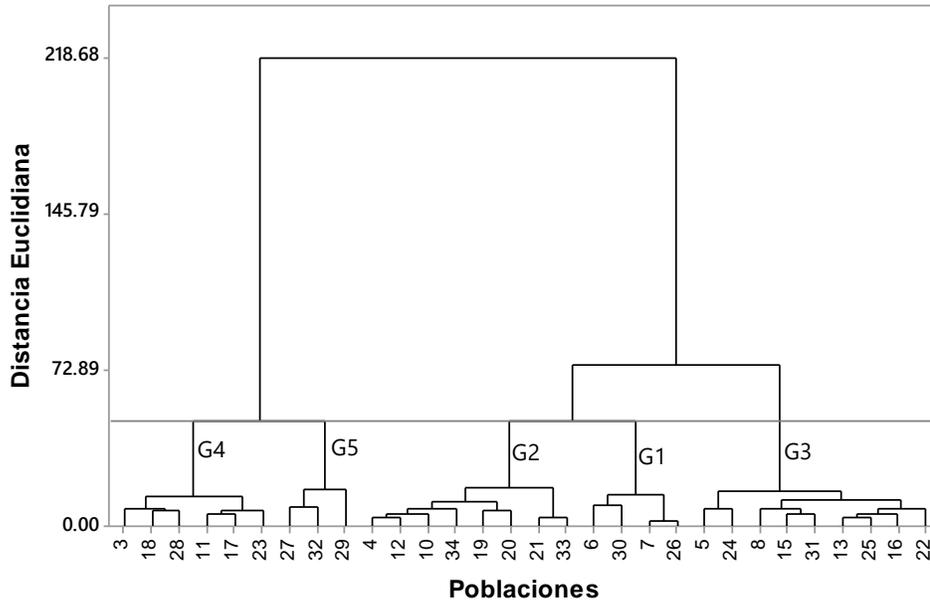


Figura 2. Dendrograma del análisis de 16 variables morfológicas y nutricionales para 30 poblaciones de pasto lobero [*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus], con base en el método de ligamiento de Ward.

El análisis inferencial MANOVA reafirmó lo anterior mediante el estadístico Lambda de Wilks que mostró diferencia estadística multivariada ( $p < 0.0001$ ) entre grupos. El incluir contrastes ortogonales por grupo, en cada variable, permitió determinar cuáles variables tuvieron el efecto necesario para diferencial al G1 de los demás grupos. Por ejemplo, las variables como proteína cruda y hemicelulosa en todos los grupos fueron estadísticamente iguales ( $p > 0.05$ ). Por otro lado, en variables como altura de forraje, densidad de tallos, rendimiento de forraje y proporción hojatallo, el G1 fue diferente al G2, G3, G4 y G5 ( $p < 0.05$ ). En altura de planta y largo de hoja el G1 fue diferente de G5 ( $p < 0.05$ ); sin embargo, dentro de estas variables el G1 fue igual al G2, G3 y G4 ( $p > 0.05$ ). Para diámetro de macollo el G1 fue diferente del G4 y G5 ( $p < 0.05$ ), pero los G2 y G3 no presentaron diferencia con el G1 ( $p > 0.05$ ). Para el caso de la lignina detergente ácida el G1 solo fue diferente ( $p < 0.05$ ) del G2; sin embargo, el G2 fue diferente ( $p < 0.05$ ) del G4 y G5. Además, el G3 presentó diferencias ( $p < 0.05$ ) con el G4. Finalmente, el G2 y G3 fueron diferentes ( $p < 0.05$ ) al G1 en fibra cruda y celulosa. Este comportamiento indica que influyen efectos genéticos y ambientales de los sitios de recolecta tales como precipitación, temperatura, altitud, entre otras variables.

### CONCLUSIÓN

Se determinó su composición nutricional y se encontró que, por el contenido de proteína cruda y lignina, el pasto lobero puede ser clasificado de buen valor forrajero, sin embargo, se recomienda determinar su digestibilidad.

Se identificaron las poblaciones 6, 7, 26 y 30 procedentes de los municipios de Riva palacios, Balleza y Guachochi como los de mayor potencial productivo y calidad del forraje.

## LITERATURA CITADA

- Hernández, J. C., G. Núñez y S. Castro. (2014) Análisis nutricional y coeficiente de agostadero invernal del zacate lobero (*Lycurus phleoides*) en el Ejido de la Mesilla, Hidalgo. J. Vet. Scie. UAM-X. 1:34-40.
- INEGI, (2015) Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua. Ed. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Medina-Guillen, R., I. Cantú-Silva, E. Estrada-Castillo, H. González-Rodríguez, J. A. Delgadillo-Villalobos. (2017) Estructura y diversidad del matorral desértico roseto filo rehabilitado con rodillo aireador, Coahuila, México. Polibotánica. 44:95-107, <http://dx.doi.org/10.18387/polibotanica.44.7>.
- Melgoza, C. A., C. R. Morales, S. T. Santos, M. Royo, M. Quintana y T. Lebgue. (2016) Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los Agostaderos de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. Editorial UACH. 3:1-207.
- Morales N. C., L. Madrid, A. Melgoza, M. Martínez, S. Arévalo, Q. Rascón y P. Jurado. (2009) Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.], en Chihuahua, México. Téc. Pecu. Méx. 47: 245-256.
- Morales, C. R., C. Avendaño, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. (2015) Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano (*Setaria macrostachya* Kunth) en Chihuahua, México. Revista Internacional de Botánica Experimental. 84:190-200.
- Morales, N. C. R., A. C. Melgoza, P. J. Guerra, M. S. Martínez y C. A. Avendaño. (2012) Caracterización fenotípica y molecular de poblaciones de zacate punta blanca (*Digitaria californica* (Benth.) Henr.). Rev. Mexi. Cienc. Agr. 3:171-184.
- Morales, N. C. R., O. Rivero-Hernández, C. A. Melgoza, G. P. Jurado y M. Martínez. (2013) Caracterización morfológica y molecular de *Leptochloa dubia* (Poaceae) en Chihuahua, México. Polibotánica. 36:79-94.
- SAS, Institute Inc. (2006) Statistical Analysis System 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.





## INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional Sierra de Órganos (PNSO) abarca una superficie de 1,124.6 ha de propiedad ejidal. Es una zona ecoturística importante, debido a la belleza escénica que producen varias elevaciones escarpadas y formaciones rocosas generadas por diversos factores climáticos y geológicos. También destaca por la alta biodiversidad presente en el ecosistema.

Por muchos años, el uso de los terrenos del Parque fue pecuario, comúnmente la carga animal era mayor a la producción forrajera. El ganado pastoreaba continuamente el área, de tal forma que la vegetación no disponía de tiempo suficiente para recuperarse después de ser consumida, ocasionando un permanente sobrepastoreo y deterioro de la vegetación y del suelo. El pastoreo de ganado altera procesos de los ecosistemas al reducir la cobertura de plantas herbáceas y de humus, al perturbar y compactar suelos, al reducir las tasas de infiltración de agua y al incrementar la erosión del suelo (Belsky y Blumenthal, 1997).

Las exclusiones son áreas cerradas a la interferencia de los humanos y animales domésticos con el objetivo de promover la regeneración natural de las plantas y reducir la degradación de las tierras de pastoreo anteriormente degradadas (Nedessa *et al.* 2005).

En algunos estudios se indica que la exclusión de pastoreo a largo plazo podría ejercer una influencia negativa en la renovación y productividad de las especies (Jing *et al.*, 2013). Lo anterior puede ocurrir, en parte debido al sobredescanso de las plantas. Butterfield (1996) describe que el sobredescanso es un periodo prolongado sin perturbación de los suelos y las comunidades de plantas y animales, lo cual ocasiona que se acumule material viejo de las plantas perennes, negando el crecimiento de nuevas partes vegetativas o matando plantas, asimismo, favorece la formación de costra en la superficie del suelo, evitando el crecimiento de nuevas plantas.

Para evaluar el efecto de la exclusión del pastoreo, la forma de las plantas es uno de los atributos utilizados en los pastizales. La forma de las plantas a menudo manifiesta una historia de manejo y, por lo tanto, sugiere mejoras. La forma se refiere al tipo de crecimiento o distorsiones de la planta bajo la influencia del pastoreo o del descanso.

Las áreas naturales protegidas son las herramientas más efectivas para conservar los ecosistemas, permitir la adaptación de la biodiversidad y enfrentar los efectos del cambio climático (CONANP, 2017). En las Áreas Naturales Protegidas (ANP) de México el programa de manejo es el instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración del área natural protegida (reglamento). En el PNSO, las acciones que se han aplicado para conservar los recursos naturales han sido escasas, una de ellas es la exclusión del pastoreo. En este contexto, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la exclusión del pastoreo sobre la forma de las plantas en el pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, en el periodo 2008-2014.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Parque Nacional Sierra de Órganos que se ubica al noroeste del municipio de Sombrerete, Zacatecas (Figura 1). El clima es templado, C(w<sub>0</sub>) (w) a (e), con lluvias en verano. La fisiografía se caracteriza por una sierra baja de roca volcánica con escarpes, crestas y topografía de montaña. Además, existen pequeños valles con topografía plano-ondulada y pendientes bajas. Los suelos que posee son el Fluvisol, Xerosol y Litosol eútrico (UACH, 2002).

Los tipos de vegetación en el PNSO por orden de abundancia son: Bosque de Pino-Encino-Pastizal natural, Chaparral-Bosque de *Juniperus*, Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera y Matorral Crasi-Rosulifolio. Existe una especie (*Mammillaria moelleriana*) endémica y sujeta a protección especial. Con relación a la fauna, adentro del PNSO y en su zona de influencia se han identificado once especies de fauna con categoría de riesgo de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana Nom-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). El uso actual del suelo en el Parque es forestal y ecoturístico.

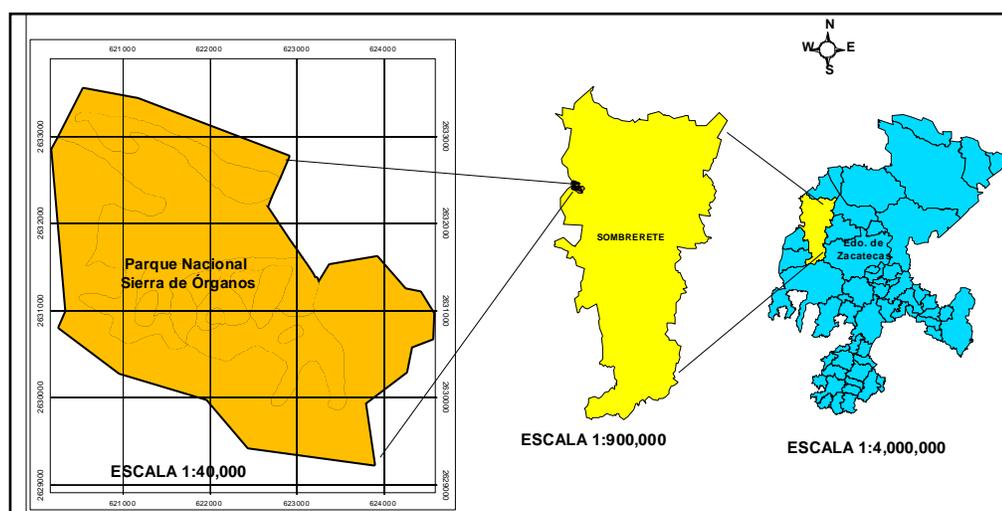


Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México.

En las áreas de pastizal del PNSO se establecieron estratégicamente cuatro transectos de monitoreo, en cada uno de ellos se obtuvo información de 100 puntos seleccionados al azar. Se realizaron cuatro monitoreos, el primero en 2008, cuando inició la exclusión, después en 2010, 2012 y 2014, en los resultados se indican cero, dos, cuatro y seis años de exclusión del pastoreo, respectivamente. La información se obtuvo en otoño, utilizando la metodología “Early Warning Biological Monitoring -Rangelands and Grasslands” (ASCHM, 1999).

Las variables que se evaluaron fueron la forma de la planta; registrando plantas normales, plantas sobredescansadas y plantas decadentes. La información se obtuvo únicamente de las especies vegetales perennes presentes en el pastizal. Las plantas normales son plantas vigorosas, con presencia de tallos, hojas y producción de semillas y no se observa crecimiento viejo. Las plantas sobredescansadas son aquellas que han sido sobredescansadas por varias temporadas, los zacates muestran hojas y tallos oxidados de dos o más años de edad, los cuales impiden el crecimiento y los huecos en el centro de la planta contendrán remanentes de ese material no pastoreado. Las

plantas decadentes no tienen evidencia de sobrepastoreo o sobredescanso, pero las plantas se están muriendo.

Se realizó un ANOVA con el procedimiento del modelo lineal general (GLM) para explorar las diferencias entre las variables estudiadas y los años de exclusión del pastoreo. Cuando existieron diferencias entre esas variables y los años de exclusión se utilizó la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) (Steel, 1980).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la forma de las plantas normales, sobredescansadas y decadentes del pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, para el periodo de exclusión del pastoreo de seis años (2008-2014) se presentan en la Figura 2A, 2B y 2C, respectivamente.

Al factor tiempo de exclusión del pastoreo se asociaron diferencias significativas ( $p < 0.000$ ) para las plantas normal. En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura media de las plantas perennes que presentaron forma normal descendió 52.91 puntos porcentuales, al pasar de 99.45% a 46.54% (Figura 2A). El cambio decreciente de cobertura de las plantas normal sugiere falta de utilización de la planta.

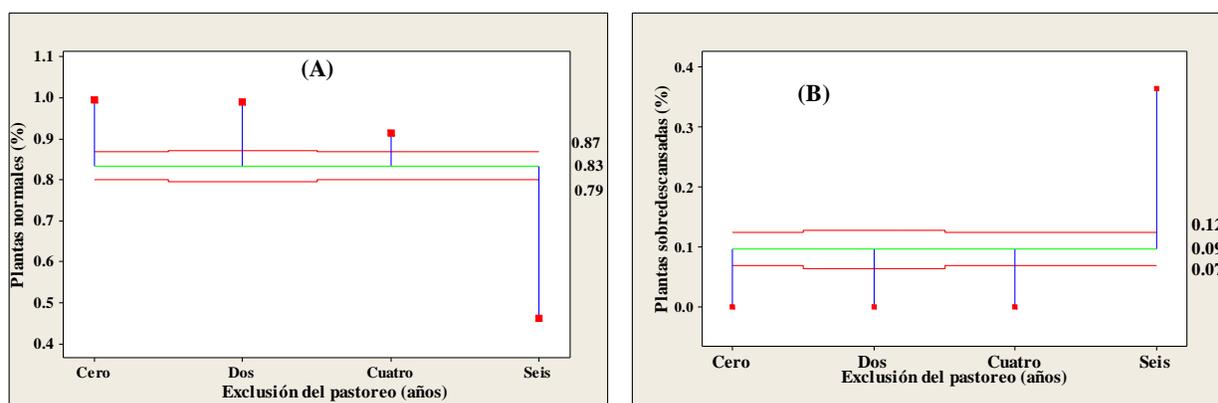


Figura 2. Forma de las plantas en el pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México: A: cobertura de plantas normales (%) y B: cobertura de plantas sobredescansadas (%).

Al factor tiempo de exclusión del pastoreo se asociaron diferencias significativas ( $p < 0.000$ ) para las plantas sobredescansadas. En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura media de las plantas sobredescansadas se incrementó 36.34 puntos porcentuales, al pasar de 0.00% a 36.34% (Figura 2B). El aumento de la cobertura de las plantas sobredescansadas es un atributo importante para describir el tiempo de descanso del pastizal.

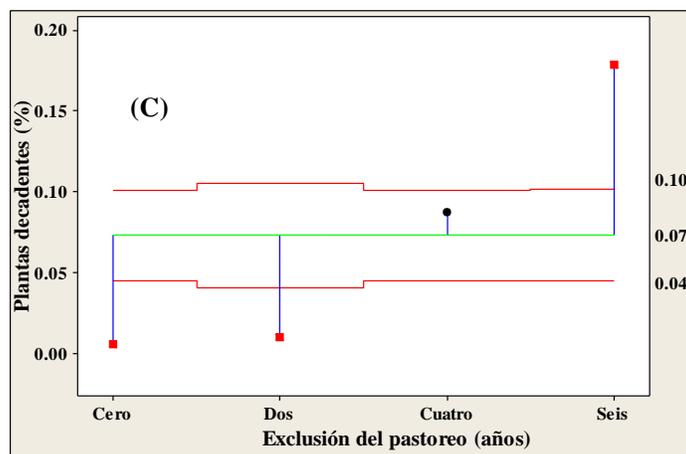


Figura 2C. Forma de las plantas en el pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México: C: cobertura de plantas decadentes (%).

Al factor tiempo de exclusión del pastoreo se asociaron diferencias significativas ( $p < 0.000$ ) para las plantas decadentes. En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura media de las plantas decadente se incrementó 17.96 puntos porcentuales, al pasar de 0.05% a 18.01% (Figura 2C).

En el periodo de exclusión del pastoreo, la cobertura de las plantas normal disminuyó, sin embargo, en los primeros dos años de exclusión, las diferencias fueron estadísticamente no significativas, únicamente en el cuarto y sexto año las diferencias estadísticamente fueron significativas. En cambio, la cobertura de las plantas decadentes y sobredescansadas mostraron un comportamiento opuesto al de las plantas normales. En las plantas decadentes, el incremento que registro su cobertura entre el año cero, dos y cuatro de exclusión, estadísticamente fue significativo y entre el año cuatro y seis no fue significativo (Figura 2C). La cobertura de las plantas sobredescansadas aumentó únicamente en el último periodo de exclusión del pastoreo evaluado (Figura 2B).

### CONCLUSIONES

La exclusión del pastoreo en el Parque Nacional Sierra de Órganos modificó la forma de las plantas del pastizal, al disminuir la cobertura de las plantas normales e incrementar la de las plantas decadentes y sobredescansadas.

### AGRADECIMIENTO

Al Centro de Investigación en Recursos Naturales y Medio Ambiente del la UACH que financió parcialmente el presente trabajo, mediante el proyecto con número de registro 19114-C-73.



## LITERATURA CITADA

- Allan Savory Center for Holistic Management (ASCHM). 1999. Early Warning Biological Monitoring-Rangelands and Grasslands- Albuquerque, New Mexico. E.U.
- Belsky, A. J., & Blumenthal, D. M. 1997. Effects of Livestock Grazing on Stand Dynamics and Soils in Upland Forests of the Interior West: Efectos del Pastoreo sobre la Dinámica de Árboles y Suelos en Bosques en el Altiplano del Occidente Interior. *Conservation Biology*, 11(2), 315-327.
- Butterfield J. 1996. Definiciones útiles. En: Quarterly. Edición especial. Administración holística de los recursos.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2017. Las Áreas Naturales Protegidas: Respuestas Naturales frente al Cambio Climático. <https://www.gob.mx/conanp/documentos/las-areas-naturales-protegidas-respuestas-naturales-frente-al-cambio-climatico?state=published>. Consultado 14 de septiembre de 2019.
- Jing, Z., Cheng, J., & Chen, A. 2013. Assessment of vegetative ecological characteristics and the succession process during three decades of grazing exclusion in a continental steppe grassland. *Ecological Engineering*, 57, 162-169.
- Nedessa B, Ali J, Nyborg I .2005. Exploring ecological and socio-economic issues for the improvement of area enclosure management. *A case study from Ethiopia. DCG Report 38*. DCG, Addis Ababa, Ethiopia
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies de flora y fauna silvestres de México, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, jueves 30 de diciembre de 2010.
- Steel RGD, Torrie JH. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co; 1980.
- Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 2002. Centro Regional Universitario Centro Norte (CRUCEN). *Estudio técnico para elaboración del Programa de Manejo del Parque Nacional Sierra de Órganos*.



## INTRODUCCIÓN

Las condiciones climáticas actuales y actividades antrópicas, han ocasionado que los ecosistemas se vean alterados con especies exóticas. Los pastizales del norte de México se encuentran en condición que va de regular a pobre. La invasión de pastos africanos en el estado de Chihuahua es un problema que está ocasionando pérdida de diversidad de especies nativas de importancia económica y ecológica. Por otro lado, los pastos invasores generan un desequilibrio en la cadena trófica, que implica microorganismos, fauna silvestre y ganadería extensiva. El pasto rosado (*Melinis repens*) es una gramínea originaria de África. Algunos autores mencionan que esta especie fue introducida a Estados Unidos de América por el estado de Florida, al rededor del año 1900 como planta ornamental. Por la capacidad de invasión que presenta, se ha dispersado en gran parte del continente. A la fecha, este pasto tiene presencia en todos los estados de la república mexicana, por lo que su presencia en el estado de Chihuahua no es excepción (Melgoza *et al.*, 2014; Corrales *et al.*, 2017). A pesar del potencial de invasión que presenta el pasto rosado, poco se ha estudiado a cerca de su biología. Corrales *et al.* (2017) realizaron un estudio de caracterización morfológica y nutricional en este pasto en el estado de Chihuahua y no encontraron variabilidad. No obstante, se desconocen las razones por las cuales esta especie presenta su potencial de establecimiento. Dentro de la estructura histológica de la parte laminar (limbo) de la hoja de las gramíneas se encuentran las estomas. Estos se componen de dos células oclusivas que juegan un papel fundamental en desarrollo y establecimiento de la planta. Los estomas son los encargados de la captura de carbono de liberar oxígeno, así como de la evapotranspiración. El tamaño y densidad de estomas son factores de importancia en la utilización del agua y en la dinámica fotosintética. Para aportar más información sobre esta especie, se consideró importante caracterizar la histología de la hoja, ya que es donde se presenta la mayor actividad fotosintética y de esta depende en gran medida el desarrollo de las plantas. El objetivo del presente estudio fue caracterizar la distribución y densidad de células epidérmicas y de estomas en limbos del pasto rosado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero ubicado en la Facultad de Zootecnia y Ecología (FZyE) de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Para la caracterización del limbo se consideraron 144 campos ópticos. 72 campos fueron de haz y 72 de envés. El muestreo se realizó en 24 hojas de 8 plantas de pasto rosado con 3 hojas del follaje central por planta. Las variables medidas fueron, densidad estomática (DE), área estomática (AE), densidad de tricomas (DTR) y densidad de otras células epidérmicas (DOCE). Las muestras se tomaron a inicio de floración de plantas. La impresión de los estomas se realizó en portaobjetos, aplicando sobre estos una película de cianoacrilato de 0.5 cm × 2 cm aproximadamente. Posteriormente, se colocó la parte central de la hoja tanto del haz, como del envés, presionando aproximadamente 20 segundos para permitir secado y dejar impresa la epidermis de la hoja. Una vez montadas las muestras, fueron observadas a campo claro en un microscopio Zeiss modelo Axio Imager 2 a 400x. La unidad maestra se realizó en un campo óptico, que consistió en una fotografía microscópica con área de 95,000  $\mu\text{M}^2$  (0.095  $\text{mm}^2$ ). Las mediciones y conteos se realizaron con el uso del software Zen Pro de Carl Zeiss.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlación presentó una asociación lineal descendente entre densidad de estomas ( $P < 0.05$ ), es decir, a medida que el número de tricomas aumenta en un área específica de limbo, el número de estomas disminuye, o viceversa. El mismo comportamiento se presentó con la asociación de las variables de área estomática con densidad estomas ( $P < 0.05$ ), entre mayor número de estomas se presente un área, los estomas reducen su tamaño. Con respecto a la correlación lineal descendente ( $P < 0.05$ ) que presenta la densidad de células epidérmicas con el área estomática (tamaño de estomas), también indica que el pasto rosado disminuye el tamaño de estomas, si la densidad de otras células epidérmicas aumenta. Este comportamiento indica que hay una competencia por espacio y/o dimensiones entre tamaño y densidad de estomas y la cantidad de otras células epidérmicas que se presentan en hojas de pasto rosado. Contrario a las tres correlaciones descendentes antes mencionadas, la densidad de tricomas con el área estomática se encuentran asociadas positivamente ( $P < 0.05$ ). Esto puede deberse a que los tricomas favorecen el crecimiento y desarrollo de los estomas. Esto indica que en el pasto rosado los tricomas además de otras funciones que pudieran presentar como estructuras pilosas epidérmicas, sirven de protección a los estomas y esto pudiera favorecer su crecimiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de correlación entre células epidérmicas, tricomas y estomas en limbo de pasto rosado (*Melinis repens*)

	DE	DTR	DOCE	AE
DE	1			
DTR	<b>-0.26215</b> <b>P &lt; 0.05</b>	1		
DOCE	0.10936 P > 0.05	<b>0.6414</b> <b>P &lt; 0.05</b>	1	
AE	<b>-0.43245</b> <b>P &lt; 0.05</b>	0.07491 P > 0.05	<b>-0.36918</b> <b>P &lt; 0.05</b>	1

DE = Densidad estomática, DTR = Densidad de Tricomas, DOCE = Densidad de Otras células epiteliales, AE = Área estomática (tamaño de estoma)

Con respecto a las diferencias que presenta el pasto rosado entre el haz (parte adaxial) y el envés (parte abaxial). El análisis muestra que solo en densidad de estomas el haz fue superior al envés ( $P < 0.05$ ), es decir, presenta mayor número de estomas en la parte adaxial, característica que difiere a resultados de trabajos estomáticos que se han realizado recientemente a pastos de zonas áridas. Por ejemplo, en banderita (*Bouteloua curtipendula*), buffel (*Pennisetum ciliare*), punta blanca (*Digitaria californica*) y otra especie del género *Bouteloa* no registrada (*Bouteloa sp*), se encontró que estas presentaron el mayor número de estomas la parte abaxial (Álvarez-Holguín *et al.*, 2018; Terrazas-Carrasco *et al.*, 2018). Referente a las variables de tricomas y el resto de las células epidérmicas detectadas en microscopio, la parte adaxial fue la que presentó la mayor densidad ( $P < 0.05$ ). En área estomática que representa el tamaño promedio del estoma, no se presentó diferencia estadística ( $P > 0.05$ ; Cuadro 2).

Cuadro 2. Densidad, tamaño y distribución de células epidérmicas en limbo de pasto rosado (*Melinis repens*)

Estructura de limbo	LADO	Medias $\pm$ Error estándar
Densidad de estomas	Haz	14 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>
	Envés	12 $\pm$ 0.31 <sup>a</sup>
Densidad de tricomas	Haz	9 $\pm$ 0.54 <sup>b</sup>
	Envés	22 $\pm$ 0.54 <sup>a</sup>
Otras células epidérmicas	Haz	107 $\pm$ 1.97 <sup>b</sup>
	Envés	129 $\pm$ 1.97 <sup>a</sup>
Área estomática ( $\mu\text{M}^2$ )	Haz	452 $\pm$ 6.41 <sup>a</sup>
	Envés	469 $\pm$ 6.41 <sup>a</sup>

Literales diferentes (agrupamiento de Tukey), significan diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El pasto rosado se clasificó como gramínea anfiestomática, ya que presentó estomas en ambos lados de limbo. El haz presentó la mayor densidad de estomas. El haz y el envés difieren en la distribución de tricomas y otras células epidérmicas, al presentar la mayor densidad de estas en la parte abaxial. Con respecto al tamaño de estomas, no hay diferencias entre los lados del limbo.

El presente estudio aporta conocimiento de la estructura epidérmica de la hoja de pasto rosado, información útil para futuros trabajos de investigación en esta especie. Se recomienda dar seguimiento a este estudio para relacionar los resultados con la capacidad de invasión y el comportamiento de distribución del pasto rosado y/u otras investigaciones.

### LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., C. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, C. Avedaño-Arrazate, H. Rubio-Arias y F. Villarreal-Guerrero. 2018. Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en *Bouteloua curtipendula*. *Agron. Mesoam.* 29: 251-261.
- Carrasco-Terrazas, L. A., L. M. Urquidi-Lucero, R. Gutiérrez-Lozano. 2018. Caracterización estomática de limbo en *Pennisetum ciliare*, *Digitaria californica* y *Bouteloua* sp). Tesis de Licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México
- Corrales, L. R. 2017. Mutagénesis con radiación gamma para mejoramiento genético del pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka]. Tesis de Doctorado. Facultad de Zootecnia y ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chihuahua, México.
- Corrales, L. R., C. R. Morales, F. Villarreal, E. Santellano, A. Melgoza, A. Álvarez y C. H. Avedaño. 2017. Caracterización morfológica y nutricional de pasto rosado [*Melinis repens* (willd.) zizka] en el estado de Chihuahua. *Agroproductividad.* 10:103-109.
- Díaz, R. A., E. Flores, A. De Luna, J. J. Luna, J. T. Frías y V. Olalde. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 3:33-47.
- Lawson, T., y M. R. Blatt. 2014. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiol.* 164:1556-1570.
- Melgoza, C. A., M. I. Valladares, R. Mata y C. Pinedo. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revisión. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 5:429-442.
- Rivera, P., Villaseñor, J. L., y Terrazas, T. 2013. El aparato estomático de Asteraceae y su relación con el aumento de CO<sup>2</sup> atmosférico en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México. *Revista mexicana de biodiversidad.* 84(2), 499-508.



was  $1 \times 10^8$  conidia  $\text{mL}^{-1}$ . An average of 240 eggs or larvae for each treatment were placed within the Petri dish ( $n = 20$ ). Mortality was evaluated every 24 hours through 12 days for eggs and 16 days for larvae. The treatments were designed randomly; the data were evaluated by Kruskal-Wallis test. Mortality was higher for both  $T_2$  than  $T_3$ , strain protection result in highest mortality, especially in strain 130. We conclude that; the mortality of eggs and larvae of *Rhipiceplalus microplus* was higher in treatment using strain 129 protected or unprotected.

**Keywords:** *Rhipiceplalus microplus*, *Metarhizium anisopliae*, entomopathogen fungus, micro-particles.

## INTRODUCCIÓN

La infestación por garrapatas en reservorios como el agostadero y el animal es cada vez mayor. A su vez, el control de este ectoparásito se ha realizado con productos químicos; para los cuales, el ectoparásito ha desarrollado resistencia (Díaz *et al.*, 2006; Rodríguez-Vivas *et al.*, 2014). Además, son productos tóxicos para animales, humanos y ambiente (las especificaciones de cada producto dicen lo contrario), esto sin contar las pérdidas económicas englobadas en el padecimiento y control de esta parasitosis. El control del ectoparásito se enfoca principalmente al ataque del mismo directamente en el animal infestado sin integrar a este manejo el control de los estadios que requieren de su permanencia en el agostadero. Además de productos químicos utilizados en la lucha contra la garrapata también se encuentran productos biológicos a base de hongos (Martínez *et al.*, 2016; Gálvez *et al.*, 2017), bacterias, parásitos (Polanco-Echeverry y Ríos-Osorio, 2016) e incluso virus. Con el desarrollo de estos, se pretende reducir la contaminación ambiental y la toxicidad tanto en animales como en el humano, además de, obtener un mejor control de la garrapata. Se han desarrollado técnicas para la elaboración de productos de diversa índole, entre estas se encuentran la nanotecnología y la microtecnología; con las cuales, se obtienen productos con características diferentes a las del compuesto original (Coppo, 2009) y puede resultar mayor actividad a menor dosis, aplicación dirigida y dosificación efectiva. Esto puede ser de gran promesa en la elaboración de productos biológicos para contrarrestar la infestación de garrapatas al ganado y al agostadero. Por tanto, el objetivo general de esta investigación fue el comparar productos biológicos desarrollados con micro-partículas del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* para el control *in vitro* de huevecillos y larvas de *R. microplus*.

## HIPÓTESIS

La aplicación de micro-partículas biológicas de *M. anisopliae* aumentan la mortalidad en huevecillos y larvas de garrapatas *R. microplus* en comparación al hongo sin micro-partículas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Comparar la mortalidad de huevecillos y larvas de *R. microplus* producida por dos cepas del hongo entomopatógeno *M. anisopliae*. Comparar sí micro-partículas de *M. anisopliae* produce mayor

mortalidad que el hongo sin micro-partículas. Determinar cuál de las cepas en micro-partículas presenta mayor mortalidad tanto en huevecillos como en larvas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Colegio de Posgraduados, *Campus* Montecillo, en el laboratorio de Patología de insectos y en el módulo de Nanotecnología y Reproducción animal. Se utilizaron huevecillos y larvas de garrapatas *Rhipicephalus microplus*, a los cuales se administró uno de los siguientes tratamientos: testigo (T<sub>1</sub>), hongo entomopatógeno *M. anisopliae*; cepa 129 no protegida T<sub>2</sub>, cepa 130 no protegida T<sub>3</sub>, cepa 129 protegida (T<sub>4</sub>) y cepa 130 protegida (T<sub>5</sub>) a concentración de 1x10<sup>8</sup> conidios mL<sup>-1</sup> en todos los casos. Para cada tratamiento se utilizó un promedio de 240 huevecillos o larvas, según el caso. Tanto los huevecillos como las larvas se colocaron en caja Petri (20 huevecillos o larvas por caja Petri). La protección de los conidios de cada cepa de *M. anisopliae* se realizó en micro-partículas a base de lecitina. La inoculación a huevecillos o larvas se realizó por aspersión en torre de Potter. El registro de mortalidad se llevó a cabo cada 24 horas durante 12 días para huevecillos y 16 días para larvas. Los tratamientos fueron designados completamente al azar y debido a que los datos no presentaron normalidad se analizaron con Análisis de Varianza de Kruskal-Wallis.

## RESULTADOS

La mortalidad acumulada producida en los huevecillos de *Rhipicephalus microplus* por los tratamientos fue diferente con respecto al testigo y entre cepas ( $P \leq 0.0001$ ); sin embargo, se rebasó con poco el 25%. Entre las cepas evaluadas, la que causo mayor tasa de mortalidad total fue la 129. La protección en micro-partículas de las cepas, en ambos casos elevó la mortalidad producida por las mismas, no obstante, en la cepa 130 la elevación fue marcada (de 9 a 24%; Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias y porcentaje de mortalidad total presentada para huevecillos de garrapata *Rhipicephalus microplus* tratados con dos cepas de hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, protegidas con micro-partículas y no protegidas.

Tratamiento	Tipo de cepa a concentración 1X10 <sup>8</sup>		# promedio de Muertos	% de mortalidad total
T <sub>1</sub>	Testigo		0 e	0
T <sub>2</sub>	Cepa 129	no protegida	4.8 b	24.2
T <sub>3</sub>	Cepa 130	no protegida	1.8 c	9
T <sub>4</sub>	Cepa 129	protegida	5.1 a	25.5
T <sub>5</sub>	Cepa 130	protegida	4.0 d	24

Literales entre columnas muestran diferencia entre tratamientos ( $P \leq 0.0001$ ).

En larvas de *R. microplus* la mortalidad acumulada producida por los tratamientos también fue diferente ( $P \leq 0.0001$ ); no obstante, el valor mayor en porcentaje fue de 26.6%, valor que puede considerarse como bajo. La mortalidad fue similar para cepas protegidas y para la cepa 129 sin

proteger, porcentaje menor se presentó para la cepa 130. Por otro lado, larvas del tratamiento testigo no presentaron mortalidad (cuadro 2).

Cuadro 2. Medias y porcentaje de mortalidad total presentada por larvas de garrapata *Rhicephalus microplus* tratados con dos cepas de hongos entomopatógenos *Metarhizium anisopliae*, protegidas con micro-partículas y no protegidas.

Tratamiento	Tipo de cepa a concentración 1X10 <sup>8</sup>		# promedio de Muertos	% de mortalidad total
T <sub>1</sub>	Testigo		0 c	0
T <sub>2</sub>	Cepa 129	no protegida	5.03a	25.7
T <sub>3</sub>	Cepa 130	no protegida	3.39b	16.5
T <sub>4</sub>	Cepa 129	protegida	5.54 a	26.6
T <sub>5</sub>	Cepa 130	protegida	4.68 a	22.1

Literales entre columnas muestran diferencia entre tratamientos ( $P \leq 0.0001$ ).

## DISCUSIÓN

La prueba realizada en esta investigación para determinar mortalidad de huevecillos y larvas de garrapata del genero *R. microplus* producida por hongos de *M. anisopliae* no superó más de 25.7 %, lo que contrasta con lo reportada por López *et al.* (2009) quienes indicaron mortalidad de 86%; sin embargo, la concentración de *M. anisopliae* que se utilizaron estos autores fue superior ( $5 \times 10^{12}$  conidias mL<sup>-1</sup>). Por otro lado, dosis de  $1 \times 10^8$  conidias mL<sup>-1</sup> de *M. anisopliae* produjeron 47.71 % de patogenicidad en garrapatas adultas (Gálvez *et al.*, 2017). El comportamiento de tratamientos con *Metarhizium* aplicados a garrapatas parece depender del tipo de prueba (*in situ* o *in vitro*), estadio de desarrollo de la garrapata, dosis y el tipo de cepa de empleada; parte de este efecto puede observarse en los estudios y resultados aquí comentados y en el realizado por Martínez-Tinajero *et al.* (2016), quienes determinaron la efectividad sobre garrapatas de seis cepas de *Metarhizium*, mientras que Guedes-Frazon, (2000) lo probaron en 12 cepas. Existe la posibilidad que la mortalidad baja encontrada en el presente estudio se deba a cualquiera de estos factores.

## CONCLUSIONES

El porcentaje de mortalidad de huevecillos y larvas de *R. microplus* fue mayor con conidios de *M. anisopliae* cepa 129. Los conidios del hongo entomopatógeno *M. anisopliae* protegidos con micro-partículas produce mayor mortalidad de huevecillos y larvas de *R. microplus* que el hongo sin micro-partículas.

Los conidios de *M. anisopliae* cepa 129 protegido en micro-partículas presentaron mayor mortalidad tanto en huevecillos como en larvas de *R. microplus*. Si bien la mortalidad de larvas y huevecillos de *R. microplus* fue mayor en conidios protegidos con micro-partículas esta aún es baja cuando se compara con resultados de mortalidad obtenida en estudios *in situ* y garrapatas adultas.

No obstante, este es un estudio encaminado a buscar opciones, amigables con el ambiente (aplicación y dosificación dirigidas), para contrarrestar la infestación por garrapatas.

### LITERATURA CITADA

- Coppo, JA. 2009. Nanotecnología, medicina veterinaria y producción agropecuaria Rev. Vet. 20:61-71.
- Díaz, MAA, Rodríguez-Vivas RI, Fragoso-Sánchez H y Rosario-Cruz R. 2006. Resistencia de la garrapata *Boophilus microplus* a los ixodicidas. Archivos Medicina Veterinaria 38(2):105-113.
- Gálvez, AB, Segura RP, y Gómez-Vázquez A. 2017. Control biológico de *Rhicephalus (Boophilus) microplus* con hongos entomopatógenos. Revista de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias 6(12): 1-30.
- Guede-Frezon, AP. 2000. *In vitro* assesment of *Metarhizium anisopliae* isolates to control the cattle tick *Boophilus microplus*. Veterinary Parasitology 94(1-2):117-25.
- López, E, López G y Orduz S. 2009. Control de la garrapata *Boophilus microplus* con *Metarhizium anisopliae*, estudios de laboratorio y campo. Revista Colombiana de Entomología 35 (1): 42-46.
- Martínez-Tinajero, JJ, Izaguirre-Flores F, Aguirre-Medina JF, Flores F, Aguirre-Medina JF, Ley de Coss A, Osorio-López MW y Jáuregui-Jiménez R. 2016. Control biológico de la garrapata (*Boophilus* spp.) con diferentes cepas de *Metarhizium anisopliae* (Metchnikoff) Sorokin en bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). Consultado: septiembre, 2019.
- Polanco-Echeverry, DN y Ríos-Osorio LA. 2016. Aspectos biológicos y ecológicos de las garrapatas duras. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Mosquera (Colombia) 17(1): 81-95.
- Rodríguez-Vivas, RI, Rosado-Aguilar JA, Ojeda-Chi MM, Pérez-Cogollo LC, Trinidad-Martínez I y Bolio-González ME. 2014. Control integrado de garrapatas en la ganadería bovina. Agroecosistemas y Recursos Agropecuarios 1(3):295-308.



## INTRODUCCIÓN

En México, el bioma pastizal ocupa alrededor del 23 % de la extensión territorial (INEGI, 2005). Sin embargo, aproximadamente el 95 % de estos pastizales presentan algún grado de deterioro, causado principalmente por el sobrepastoreo (SEMARNAT, 2015). Ante esta situación, la resiembra de pastos es una de las alternativas más recomendadas para recuperar a corto plazo estos ecosistemas. En esta práctica, lo ideal es utilizar especies nativas para recuperar la funcionalidad de los ecosistemas. Sin embargo, estas especies tienen problemas de establecimiento. En zonas áridas y semiáridas el desecamiento de la superficie del suelo se presenta con rapidez después de un evento de lluvia. Este fenómeno genera que, en condiciones de campo, la humedad comúnmente sea insuficiente para que se dé el proceso de establecimiento (germinación, emergencia y desarrollo de plántula) adecuadamente (Springer *et al.*, 2011). No obstante, estudios previos han demostrado que dentro especies utilizadas en rehabilitación existen ecotipos con diferente capacidad de absorber agua, germinar y emerger en condiciones de sequía (Springer *et al.*, 2012; Sheikh-Mohamadi *et al.*, 2018). Lo anterior sugiere que existe la posibilidad de seleccionar genotipos de especies nativas del norte de México con alta capacidad de emergencia y desarrollo, los cuales posean una alta probabilidad de establecerse en programas de rehabilitación.

Los pastos navajita (*Bouteloua gracilis*) y banderita (*B. curtipendula*) están considerados dentro de las especies nativas de mayor importancia para la ganadería en el norte de México. Investigaciones previas han encontrado que existe amplia diversidad genética dentro de estas especies (Morales-Nieto *et al.*, 2016; Morales-Nieto *et al.*, 2019). Además, se han realizado trabajos tendientes a seleccionar materiales con atributo forrajeros (Morales-Nieto *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2009). No obstante, en México, no se han realizado estudios tendientes a seleccionar genotipos de alta capacidad de emergencia y desarrollo. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la capacidad de emergencia y desarrollo plántulas de genotipos sobresalientes de pasto navajita y banderita.

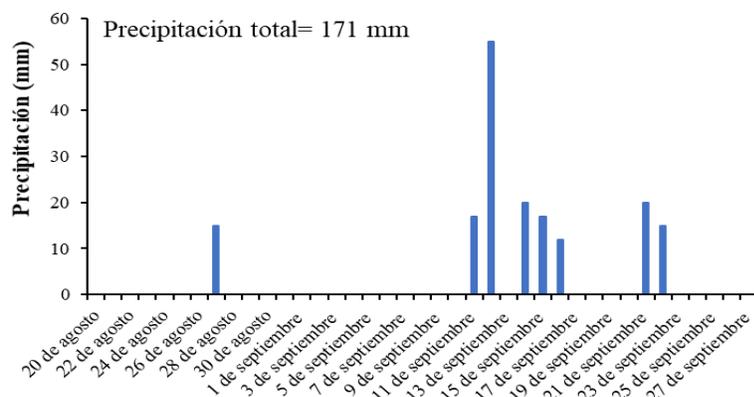
## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Campana, localizado en las coordenadas 29.267562, -106.370846. La topografía del sitio es plana con suelos de origen aluvial, textura franco arenoso y pH de 6.5. El clima es seco templado con veranos cálidos BWk, temperatura media anual de 15 a 18 °C y precipitación promedio de 355 mm anuales. La elevación del sitio es de 1550 m.s.n.m. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar, colocados perpendicularmente a la pendiente. Se evaluaron cinco genotipos de pasto banderita: B-31, B-508, B-592, B-689, B 1-5, provenientes de Parral Chih., Casas Grandes Chih., Aldama Chih., Namiquipa Chih. y Rio Grande, Zac. Además, se incluyeron a las variedades Diana y Vaughn, como testigo. Estas variedades son originarias Sombrerete Zac. y Socorro, Nuevo México, E. U. A. De igual manera, se evaluaron los genotipos de pasto navajita N-38, N-146, N-695, N-17C, N-9.5, originarios de Parral Chih., Bachíniva, Chih., Chihuahua, Chih. y Zacatecas, respectivamente. Así mismo, se incluyó, como testigo, a las variedades Cecilia y Hachita, originarias de Rio Grande Zacatecas y Hachita, Nuevo México, E. U. A, respectivamente. Los genotipos evaluados de pasto banderita y navajita previamente evaluados y seleccionados como sobresalientes en investigaciones previas, por sus atributos forrajeros (Morales *et al.*, 2008; Morales *et al.*, 2009). La siembra se realizó al voleo y la preparación del terreno se realizó con una pasada de arado y rastreo cruzado. La unidad experimental fue una parcela de 3 × 4 m, seis repeticiones por genotipo. La siembra se realizó el 20 de agosto de 2019. La densidad de siembra se ajustó a 5 kg de semilla pura viable para banderita y 2.5 Kg para navajita. El porcentaje de semilla pura viable se calculó

mediante la fórmula  $SPV = [(\% \text{ Germinación}) (\% \text{ de pureza})] / 100$ . Dónde: SPV= semilla pura viable, % Germinación= Porcentaje de semilla germinadas, % de pureza= Porcentaje de semilla sin basura. Para estimar el porcentaje de germinación se utilizaron cuatro muestras de 50 semillas por genotipo, las cuales fueron seleccionadas al azar. Esta prueba se llevó a cabo en cajas Petri de plástico provistas de algodón y papel filtro. El porcentaje de pureza se estimó separando la semilla y la basura de cinco muestras de 5 g de semilla en greña, por genotipo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Germinación, pureza, semilla pura viable y semilla ajustada para la siembra de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua gracilis*) y navajita (*B. gracilis*)

Genotipo	Germinación (%)	Pureza (%)	SPV	Semilla en greña necesaria para 12 m <sup>2</sup> (g)
Banderita				
B-31	18.0	97.9	17.6	34.1
B-508	12.7	97.2	12.3	48.8
B-592	23.3	98.2	22.9	26.2
B-689	18.0	94.9	17.1	35.1
B 1-5	16.7	94.3	15.7	38.2
Diana	12.7	94.4	12.0	50.2
Vaughn	6.0	94.6	5.7	105.7
Navajita				
N-38	25.3	98.1	24.9	12.1
N-146	24.0	97.9	23.5	12.8
N-695	24.7	98.3	24.2	12.4
N-17C	36.0	96.1	34.6	8.7
N-9.5	8.7	97.1	8.4	35.6
Cecilia	14.0	96.2	13.5	22.3
Hachita	44.0	96.8	42.6	7.0



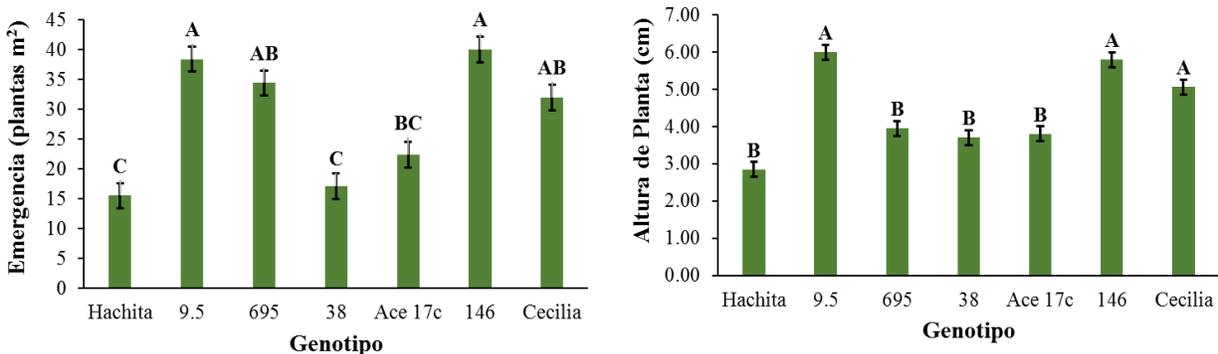
Gráfica 1. Precipitación diaria durante el periodo de evaluación.

contabilizó el número de plantas emergidas en 18 submuestras y se evaluó la altura de 32 plantas por genotipo. La evaluación se llevo a cabo el 23 de septiembre, 35 días después de la siembra. En el sitio del experimento se instaló un pluviómetro a campo abierto y se monitoreo después de cada evento de lluvia (Gráfica 1).

Las variables evaluadas fueron emergencia (plantas m<sup>-2</sup>) y altura de planta (cm). Para evaluar la emergencia, se evaluaron tres submuestras de 0.25 m<sup>2</sup>, seleccionadas al azar, en cada parcela. En cada cuadrante de 0.25 m<sup>2</sup> se contabilizó el total de plantas emergidas. Además, en cada cuadrante se evaluó la altura de dos plantas, seleccionadas al azar. La altura de planta se midió desde el suelo hasta la parte más alta de la planta. En total se

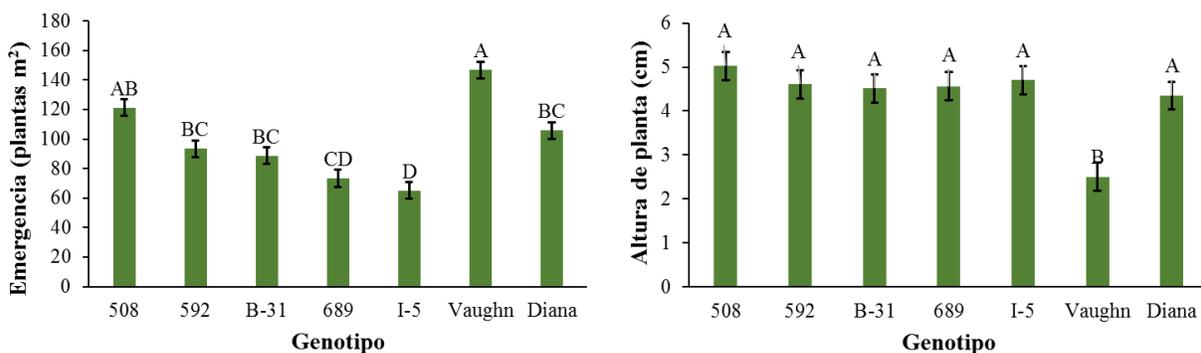
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas ( $p= 0.002$ ) en la capacidad de emergencia de los genotipos de pasto navajita. Los genotipos con mayor capacidad de emergencia fueron N-9.5, N-695, N-146 y Cecilia. Los genotipos N-38 y Hachita fueron los que presentaron menor ( $p<0.05$ ) emergencia de plantas (Gráfica 2). Así mismo, se presentaron diferencias ( $p<0.05$ ) en la altura de planta de los genotipos. Los genotipos con mayor ( $p<0.05$ ) altura de planta fueron N-9.5, N-146 y Cecilia (Gráfica 2). Estos resultados sugieren que los genotipos N-9.5, N-146 y Cecilia tienen mayor oportunidad de establecimiento que el resto de los genotipos. Es importante mencionar que la variedad Hachita es una de las más utilizadas en programas de rehabilitación. No obstante, fue de las variedades con menor capacidad de emergencia y altura de planta, por lo que pudiera no estar adaptada a las condiciones del estado de Chihuahua.



Gráfica 2. Emergencia y altura de planta de genotipos de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), evaluados 35 días después de la siembra.

Respecto al pasto banderita, se encontraron diferencias ( $p<0.05$ ) en la emergencia de los genotipos evaluados. Los genotipos Vaughn y 508 fueron los que presentaron mayor ( $p<0.05$ ) emergencia (Gráfica 3).



Gráfica 3. Emergencia y altura de planta de genotipos de pasto navajita (*Bouteloua curtipendula*), evaluados 35 días después de la siembra.

Los resultados anteriores concuerdan con Alvarez *et al.* (2017), quienes evaluaron la germinación de genotipos de pasto banderita bajo diferentes potenciales osmóticos y encontraron la variedad Vaughn tiene una alta capacidad de germinación bajo condiciones de estrés hídrico. Por otro lado, el único genotipo que presentó diferencias ( $p<0.05$ ) en altura de planta fue Vaughn, el cual mostró

la menor altura de planta. Este resultado es congruente con lo reportado por Alvarez *et al.* (2017b). Estos investigadores analizaron el crecimiento de diferentes genotipos de pasto banderita y encontraron que B-689 y B-592 produjeron mayor cantidad de biomasa aérea que la variedad Vaughn. Así mismo, estos investigadores encontraron que B-689 y B-592 tienen mayor cantidad de clorofila que Vaughn y poseen una mayor tasa de asimilación neta. Además, Álvarez *et al.* (2018) encontraron que los genotipos B-689 y B-592 menor densidad y mayor área estomática que Vaughn. Lo anterior puede ser la causa del mayor crecimiento de estos genotipos, ya que existe evidencia de que pastos con dichas características estomáticas poseen mayor uso eficiente del agua (Xu y Zhou, 2008).

## CONCLUSIONES

La emergencia y desarrollo de planta de los genotipos de pasto banderita y navajita evaluados varios significativamente, lo cual sugiere que existe potencial para seleccionar genotipos que puedan tener mayor capacidad de establecimiento. No obstante, es necesario que se evalúe la capacidad de supervivencia que tienen estos genotipos a través del tiempo.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, A. Melgoza-Castillo, R. Corrales-Lerma y G. Méndez-Zamora. 2017. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua Curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* 4:161-168.
- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, C. H. Avendaño-Arrazate, H. O. Rubio-Arias y F. Villarreal-Guerrero. 2018. Caracterización estomática, concentración de clorofila y su relación con producción de biomasa en *Bouteloua curtipendula*. *Agronomía Mesoamericana* 29:251-261.
- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, T. J. S. Sierra y G. F. Villarreal. 2017. Análisis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.], bajo condiciones de invernadero. *TECNOCENCIA* 11:25-32.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2005. Carta de uso del suelo y vegetación. Serie iii. México.
- Morales Nieto, C. R., C. Avendaño Arrazate, A. Melgoza Castillo, G. K. Vega, C. A. Quero Carrillo y S. M. Martínez. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 7:455-469.
- Morales, N. C. R., C. A. Quero, C. A. Melgoza, S. M. Martínez y G. P. Jurado. 2009. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Técnica Pecuaria en México* 47:231-244.
- Morales, N. C. R., L. M. Pérez, C. A. Melgoza, S. M. Martínez, S. A. Gallegos, Q. R. Cruz y G. P. Jurado. 2009. Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.], en Chihuahua, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 47:245-256.
- Morales-Nieto, C. R., A. Álvarez-Holguín, F. Villarreal-Guerrero, R. Corrales-Lerma, A. Pinedo-Álvarez and M. Martínez-Salvador. 2019. Phenotypic and genetic diversity of blue grama (*Bouteloua gracilis*) populations from Northern Mexico. *Arid Land Research and Management* 1-16.
- SEMARNAT (Secretaría de medio ambiente y recursos naturales). 2015. Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales. México.
- Sheikh-Mohamadi, M. H., N. Etemadi, A. Nikbakht, M. Farajpour, M. Arab y M. M. Majidi. 2018. Wheatgrass germination and seedling growth under osmotic stress. *Agronomy Journal* 110:572-585.
- Springer, T. L. 2012. Recurrent selection for increased seed germination in sand bluestem (*Andropogon hallii*). *Plant breeding* 131:198-202.
- Springer, T. L., R. L. Wynia and G. L. Rea. 2012. Field emergence and plant density of sand bluestem lines selected for increased seed germination. *Crop Science* 52:2826-2829.
- Xu, Z. and G. Zhou, G. 2008. Responses of leaf stomatal density to water status and its relationship with photosynthesis in a grass. *Journal of experimental botany* 59:3317-3325.



carried out during the month of October 2018, a simple random sampling of five species of pastures taken at random was performed. Bromatological characterization FDN and % of PC was performed by fiber analysis using AOAC techniques and Van Soest detergent fiber analysis. A comparison of means between the variables of each pasture was made. The results showed that in the month of October the percentage of FDN is 76.25, 73.29, 74.73, 64.84 and 75.30 for each of the sampled pastures and the PC 5.56, 7.33, 3.14, 7.16, 4.75 respectively for each of the different pastures.

**Keywords:** Characterization bromatological, grasses, food, nutrition.

## INTRODUCCIÓN

En México, la ganadería extensiva es una de las principales actividades económicas y ocupa una superficie de 112 millones 743 mil hectáreas (57.3 % del territorio nacional). De esta superficie el 68.5 % son áreas de pastoreo en ecosistemas naturales, las cuales dan albergue a 29.4 millones de cabezas de ganado bovino, 7.3 millones de ovinos y 4.1 millones de caprinos, distribuidos en 909 mil, 53 mil y 261 mil unidades de producción, respectivamente (INEGI, 2009). En la ganadería extensiva y semi-extensiva de México uno de los retos más importantes es lograr una actividad sostenible, es decir, que permita a los productores obtener ingresos para tener una vida digna, sin deteriorar al ambiente y con la posibilidad de seguir manteniendo a generaciones futuras (FAO, 2008). La ganadería en el estado de Zacatecas se caracteriza una de las principales actividades económicas del sector primario, la cual se desarrolla bajo un sistema de producción extensivo (Serrato-Sánchez *et al.*, 1999). Los pastizales de los agostaderos constituyen la principal fuente de forraje natural que alimenta al ganado. De la superficie total del Estado, 26.93 % es de uso agrícola, 15.67 % es pastizal, 12.96 % bosque, 2.12 % selva, 38.79 % matorral y 3.53 % tiene otros usos (INEGI, 2004). Después del matorral xerófito, el pastizal es el tipo de vegetación con mayor porcentaje de superficie estatal (19 %) y se encuentra principalmente distribuido en el altiplano del Estado, donde la especie ganadera más importante es la bovina (UNAM, 1993).

Uno de los principales problemas que actualmente enfrenta la ganadería extensiva o bajo libre pastoreo en el estado de Zacatecas, lo representa el grave proceso de deterioro de los pastizales en el agostadero, producto de situaciones complejas como son: a) largos períodos de sequía sin la disminución apropiada de carga animal, b) insuficiente infraestructura ganadera que impide la correcta distribución del pastoreo dentro de los potreros (cercos, divisiones, bordos y abrevaderos, etc.), y c) sobrecarga animal de cualquier tipo de ganado (burros, mulas y caballos además de las vacas), que se manifiesta con un deterioro exacerbado, particularmente en las tierras de pastoreo de los ejidos (cerca del 70% del área ganadera estatal). (Herrera y Pamanes, 2010)

El deterioro en la mayoría de las comunidades vegetales, ha ocasionado una baja en la productividad de los animales que en ella subsisten, por lo que se hace necesario una mejor utilización de los recursos naturales, usando la clase de animal apropiada para los diferentes sitios ecológicos presentes, logrando así la conservación y/o mejoramiento del agostadero (Giner *et al.*, 2011).

Los pastos nativos Banderita (*Bouteloua curtipendula*) y Navajita (*Bouteloua gracilis*) son originarios de México y existe gran diversidad. Esa diversidad está dada por los efectos que ejerce la Sierra Madre Oriental y Occidental y el eje Neovolcánico, que hacen que México cuente con una gran diversidad de climas a cada altitud sobre el nivel del mar y tipo de suelo. Por tanto, cada 100 km podremos encontrar un genotipo diferente que produzca mayor cantidad de forraje, mayor

proporción de hojas, mayor cantidad de semillas, mayor digestibilidad, mayor cantidad de proteína, etc. Para cada sitio en específico habrá una variedad sobresaliente que se adapte y produzca la mayor cantidad de forraje para el ganado.

Los pastos Banderita y Navajita los podemos encontrar desde Canadá hasta México. En nuestro país, se ha documentado presencia de Banderita en Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, México, Oaxaca, San Luis Potosí, Sonora, Zacatecas, Querétaro y Guerrero. Navajita se ha registrado en Baja California Norte, Chihuahua, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Estado de México, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas. (Velázquez *et al.*, 2015).

La situación en que se encuentra la ganadería nacional hace prioritario identificar las debilidades de los sistemas de producción y buscar alternativas que incrementen la productividad, a través de nuevas tecnologías sistemas de manejo, que permitan abatir los costos de producción e incrementar los ingresos por unidad de superficie, intensificando el uso de la tierra con mejor manejo integral y ración (Aguilar, 1992). Por consecuente el objetivo de este trabajo fue realizar la caracterización bromatológica del pasto *Bouteloa gracilis*, con el fin de observar las características de dicho pasto durante tres estaciones del año.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el mes de octubre de 2018 se realizó un muestreo aleatorio simple de cinco especies de pastos tomadas al azar, el levantamiento de las muestras se llevó a cabo en El Ejido de Villas de Valparaíso, Zacatecas, México. Donde se recolectaron diversas muestras de los pastos: navajita (*Bouteloua radicata*), banderilla (*Bouteloua curtipendula*) tres barbas lanosa (*Aristida scribneriana*), zacate bahía (*Paspalum notatum*), y zacate rosado (*Melinis repens*). Se realizó la caracterización bromatológica FND y % de PC mediante el análisis de fibras usando técnicas del AOAC y análisis de fibras detergentes de Van Soest.

Caracterización bromatológica. Las muestras se deshidrataron a 60° C durante 48 h y se molieron en un molino con una criba de 1 mm a las muestras se les determinó la cantidad de las Fibras Neutro Detergentes (FND) fueron analizadas mediante el equipo Ankom 200 (Ankom technology). La proteína cruda (PC) fue obtenida mediante la determinación del nitrógeno (N) total por análisis de combustión (Leco FP-428, Leco corporation, St. Joseph, MI) y multiplicado por el factor de corrección 6.25.

Se realizó un análisis de los datos de medias repetidas (Analysis of Repeated Measures Data), PC y FND, empleando el programa estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Caracterización bromatológica de pastos en el ejido de villas de valparaíso, zacatecas, méxico.

Valores con diferente superíndice dentro de cada variable difiere  $P < 0.01$  Usando como prueba de poder Tukey.

LSM							
PASTOS							
Variable.	Navajita. ( <i>Bouteloua radicata</i> .)	Banderilla. ( <i>Bouteloua curtispindula</i> .)	Tres barbas lanosa. ( <i>Aristida scribneriana</i> .)	Zacate bahía. ( <i>Paspalum notatum</i> .)	Zacate rosado. ( <i>Melinis repens</i> .)	EEM	P
PC (%)	5.5624 <sup>a</sup>	7.3345 <sup>a</sup>	3.1444 <sup>b</sup>	7.1629 <sup>a</sup>	4.7542 <sup>a</sup>	0.5850	<0.01
FDN (%)	78.1933	73.2933	74.7300	64.8400	75.3050	1.6516	>0.01

En el cuadro 1, se muestran los resultados del análisis bromatológico de FND y PC de los diferentes pastos muestreados, navajita (*Bouteloua radicata*), banderilla (*Bouteloua curtispindula*) tres barbas lanosa (*Aristida scribneriana*), zacate bahía (*Paspalum notatum*), y zacate rosado (*Melinis repens*). Donde se puede observar cantidades de Proteína cruda (PC) 5.56, 7.33, 3.14, 7.16, 4.75 respectivamente para cada uno de los diferentes pastos, pudiendo observar que el pasto Banderilla, obtuvo la mayor cantidad de proteína y el pasto Tres barbas lanosa obtuvo la menor cantidad con 3.14%. Los requerimientos nutricionales de PC para el mantenimiento de los microorganismos ruminales, se han calculado que por lo menos sea del 7% ya que permite mantener tasas de consumo de materia seca sin disminución, mientras que los niveles de proteína de 6% o inferiores disminuyen el consumo voluntario de forraje drásticamente (Van Soest, 2001). Se presenta la composición bromatológica de los pastos utilizados en FND los datos más altos fueron para *Bouteloua radicata* (78.1933%) y *Melinis repens* (75.3050%). Se ha reportado que el contenido de FND limita la digestión ruminal de los nutrientes contenidos en pastos y forrajes. (Van Soest, 2018)

## CONCLUSIONES

Con el presente trabajo se concluyó que la caracterización bromatológica de FND y % de PC, puede ser una herramienta confiable para observar los niveles nutricionales de los diferentes pastos presentes en el agostadero de El Ejido Villas de Valparaíso, Zacatecas, México, lo cual nos ayuda con mayor precisión a tomar acciones de suplementación.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar, M., 1992. Alternativas para la agricultura en el campo mexicano: ¿Tradición versus modernidad? Tec. Cienc. Agrop. 1(2):105-113.
- AOAC., 1996 Oficial Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off Anal Chem, Arlington, VA.
- Fao, F. A. O. S. T. A. T., 2008. Food and agriculture organisation of the United Nations. Retrieved on, 15.
- Galyean, M. L., 1997. Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research, Texas Tech University, Lubbock.
- Giner, A. R., Fierro L. C., and Negrete L. F., 2011. Analisis de la problemática de la sequia 2011-2012 y sus efectos en la ganadería y agricultura temporal. CONAZA-SAGARPA: 12.

- 
- Herrera, A. Y., y Pamanes, D. S. (2010). Guía de pastos de Zacatecas. *CONABIO. IPN-CIIDIR. Zacatecas, Zac.*
- Serrato, R., Valencia C. M., and Río F., 1999. Interrelaciones entre variables del suelo y de las gramíneas en el pastizal semiárido del norte de Durango. *Terra Latinoamericana 17: 27-34.*
- UNAM. 1993. Universidad Nacional Autónoma de México. Cartas del inventario forestal escala 1:250,000.
- Van Soest, P. J. (2018). *Nutritional ecology of the ruminant.* Cornell university press.
- Velázquez, M. M., Hernández, G. F. J., Cervantes, B. J. F., & Gámez, V. H. G. (2015). Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas áridas de México. San Luis Potosí, SLP México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. CIR-Noreste.



## INTRODUCCIÓN

La gran diversidad de gramíneas nativas de México es un reflejo del desarrollo mundial de esta familia; Es por esto por lo que existe tal variedad de características morfológicas y fisiológicas en los pastos mexicanos (COTECOCA, 1987).

La producción forrajera en pastizales con pastoreo los zacates es la principal fuente de alimentación y económica, (Suarez, 2012). El nivel de la productividad animal depende de la cantidad y la calidad nutritiva de la vegetación disponible para los animales en pastoreo (Newman *et al.*, 2009). Por ello, el valor nutritivo del forraje se refiere a la concentración de la energía disponible (nutrientes digestibles totales) y a la concentración de proteína cruda.

El valor nutritivo de los forrajes está determinado por la presencia de altos porcentajes de sustancias nutritivas, como proteínas, vitaminas, minerales y carbohidratos en el suelo, que a su vez las utiliza para sus adaptaciones biológicas y que permiten su fácil y rápida reproducción vegetativa.

La información relativa en base al aporte nutricional de algunas especies de gramíneas para la nutrición del ganado es escasa, por tal razón el objetivo de este estudio fue evaluar el perfil nutricional de las especies *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua uniflora* y *Aristida curvifolia*, presentes en potreros con mayor y poca frecuencia en pastoreo en el Rancho Ganadero Experimental “Los Ángeles”.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El presente estudio se realizó en los potreros 6,7 y 8, de las 20 existentes en el Rancho Ganadero Experimental “Los Ángeles”, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizado a 48 km al sur de Saltillo, Coahuila, las coordenadas geográficas latitud norte 25° 04' longitud oeste 100° 58' a 101° 03', (García, 1983).

En el área prevalece el clima (BSokw), de los más secos de este tipo, con un cociente precipitación-temperatura mayor, el clima es templado con veranos cálidos, temperatura media anual entre 12 y 18 °C, la del mes más frío entre -3 °C y la del mes más caliente mayor a 18 °C. Cuenta con una precipitación pluvial anual promedio de 350mm, y 16 °C. de temperatura medio anual. La topografía varía desde los 2100 m en los valles, hasta los 2400 m de latitud en la parte alta de la sierra, García (1983).

Los potreros en estudio fueron: potrero 6 con uso frecuente todo el año y los potreros 7 y 8 con uso parcial durante 1 mes al año durante el invierno. La vegetación dominante en estas áreas son pastizal mediano abierto, Matorral Rosetófilo e Izotal.

**Procedimiento de muestreo y determinaciones.** Las especies seleccionadas fueron determinadas por ser entre las que más consumidas y abundantes, ellas son: *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua uniflora* y *Aristida curvifolia*. Se colectaron 8 muestras de producción de forraje por cada especie mediante el corte directo, los cortes se llevaron en Julio del 2018, las muestras fueron sometidas a deshidratación en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 60°C durante 48 hr, luego fueron molidas en un molino wiley con criba de un mm y se almacenaron en empaques herméticos hasta su análisis.

Las muestras de forrajes se analizaron de acuerdo al manual de técnicas utilizadas por la AOAC (1986) que son las técnicas utilizadas como estándar a nivel internacional, donde determino

cenizas, proteína cruda, fibra cruda, extracto etéreo, extracto libre de nitrógeno y total de nutrientes digestibles.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis bromatológico determinado para las tres especies de zacates en los tipos de vegetación del Rancho Los Ángeles, Los potreros 7 y 8 se encuentran en pastoreo con menor frecuencia y el potrero 6 se encuentra en pastoreo con frecuencia continua.

Al realizar su análisis estadístico mediante la prueba de separación de medias del método de Tukey, se observa que los datos de las variables (características bromatológicas) presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) las especies de gramíneas en estudio para: Cenizas (CE), Proteína Cruda (PC), Fibra Cruda (FC), Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) y Nutrientes Digestibles Totales (TDN) (Cuadro 1).

Cuadro 1 Resultados del análisis bromatológico por especies.

Especie	Ce	PC	EE	FC	ELN	TDN	E/100g
<i>B. gracilis</i>	7.88 a	4.51 a	1.88 a	50.18 b	24.50 b	50.66 b	132.99 a
<i>B. uniflora</i>	10.32 a	2.68 b	2.60 a	49.01 b	24.61 b	50.45 b	136.01 a
<i>A. curvifolia</i>	3.90 b	2.02 c	2.10 a	52.66 a	30.06 a	54.65 a	147.24 a

Nota: el estudio del análisis bromatológico de las siguientes especies *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua uniflora* y *Aristida curvifolia* consto en la evaluación de Cenizas (Ce), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN), total de nutrientes digestibles (TDN) y Energía Kcal por cada 100 g.

Los potreros con mayor frecuencia al pastoreo, donde se encuentra presente *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua uniflora*, se encontró los mayores porcentajes de proteína y cenizas. De acuerdo a los altos valores de proteína y nutrimental en general y de acuerdo con Williamson *et al.* (1989) quienes señalan que *Bouteloua gracilis* incrementa su abundancia relativa en las áreas con pastoreo frecuente y se adapta a condiciones extremas del ambiente. Además, tiene alta palatabilidad y gustosidad por el ganado y altos en proteína cruda y aun cuando la planta esta secos (4.51) retiene hasta el 50% de nutrientes. *Bouteloua uniflora* presenta características semejantes al zacate *Bouteloua curtipendula*, aunque su producción y tamaño son menores; es una especie muy deseable para todo tipo de ganado y la fauna silvestre. En los potreros con menor frecuencia al pastoreo se encuentra la *Aristida curvifolia* donde se obtuvo el mayor porcentaje de fibra cruda, extracto libre de nitrógeno y total de nutrientes digestibles, ya que en el área de recolección se encontraba con mucho material vegetativo muerto, esta especie es poca apetecible por el ganado debido a los mucrones de sus limbos ya que se torna muy áspera.

## CONCLUSIÓN

El potrero que se encuentra con mayor frecuencia al pastoreo presento porcentajes altos de proteína y los potreros con menor frecuencia al pastoreo presentaron porcentajes altos de energía y fibra cruda, esto debido al tipo de especie estudiada. La especie *Bouteloua gracilis* es un forraje que puede aprovechar el ganado por su alto nivel de proteína, ya que este nutriente es esencial para el ganado para la formación de musculo entre otras funciones. Por otra parte, la especie *Aristida curvifolia* presentó altos contenidos de fibra cruda lo que indica que es menor su digestibilidad, pero obtuvo altos contenidos de ELN y TDN, por lo cual es un forraje que aporta un nivel alto de energía que es utilizada para el mantenimiento del animal. En cuanto a la especie *Bouteloua uniflora* también es importante para la alimentación del ganado ya que es semejante a la *Bouteloua gracilis* por su aporte nutricional.



## LITERATURA CITADA

- Association of Official Analytical Chemist Official Methods of Analytical Chemist (AOAC). 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off Anal Chem, Arlington, VA.
- COTECOCA. (Comisión Técnica para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero). 1987. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Las gramíneas de México. México D.F. 144-150p.
- García, D.1983. Levantamiento Topográfico del rancho Los Ángeles. AGUAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Newman, Y. C., Lambert B., and Muir J. P. 2009. Defining Forage Quality. Department of Agriculture, Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL
- Suárez, E. B. 2012. Digestibilidad in vitro de la materia seca y materia orgánica de 15 genotipos de triticale forrajero (X Triticasecali Wittmack) cosechados en la localidad “Campo Sagrado”, Torreón, Coahuila, durante el ciclo 2009-2010. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 1p.
- Vásquez, A. R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el rancho demostrativo Los Ángeles. Tesis Licenciatura. ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 93p.
- Williamson, G.C.,JK. Detling, J.L. Dodd and M.I. Dyer.1989. Experimental evaluation of the grazing optimization hypothesis. J. Range Manag. 42(2):1419-152.



costras biológicas y estas investigaciones presentan polémicas sobre el tipo de efecto que ejerce sobre la capacidad de infiltración de agua en los pastizales (Warren, 2001).

Las costras biológicas son asociaciones de algas, bacterias, cianobacterias, cianolíquenes, hongos y líquenes (Johansen, 1997; Cameron y Blank, 1996; Evans y Johansen, 1999), las cuales se localizan en la parte superficial o a pocos milímetros de profundidad en el suelo, su acción principal es modular los flujos de materia y energía en función de las características climáticas del ecosistema y de las dinámicas de perturbación entre la atmosfera y el suelo, (Belnap *et al.*, 2003), los cuales determinan la composición de las especies, así como la estructura y la morfología superficial de las costras biológicas.

Belnap (2001b) considera que la costra biológica mejora la infiltración, disminuye la erosión y ayuda al establecimiento de las plántulas en comunidades desérticas. Quiñones-Vera *et al* (2009) mencionan que en los ecosistemas áridos y semiáridos, las cianobacterias fotosintéticas y los líquenes que conforman a la costra biológica juega un papel importante en la estabilización del suelo. Estos organismos ayudan a formar la estructura del suelo, ciclar nutrientes e incrementar la infiltración, reduciendo así los escurrimientos superficiales, las pérdidas de suelo y nutrientes y permitiendo a las plantas resistir mejor los disturbios y recuperarse de los mismos. Por lo anterior, es de suma importancia el estudio de la infiltración de agua en suelos con pastizales y matorrales por efecto de las costras biológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el campo experimental Apantita de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, el cual cuenta con una superficie de 371 ha. Este predio se localiza en el municipio de San Pedro del Gallo al noreste del estado de Durango en las coordenadas 25° 42' latitud norte y 104° 18' longitud oeste, en una altitud aproximada de 1700 msnm (Castellanos *et al.*, 2012).

El sitio presenta un clima seco estepario, que se caracteriza por ser desértico y con lluvias escasas. La temperatura media anual es de 17.5°C, la máxima de 42.5°C y la mínima de 7°C; la evaporación media anual es de 2,548mm y una precipitación media anual de 274mm (INEGI 2015). El sitio de estudio es típico de un matorral subinerme. La vegetación está dominada por *Flourensia cernua* y *Larrea tridentata*.

El trabajo de campo se llevó a cabo en el periodo Marzo-Agosto de 2017. Las muestras de suelo se tomaron a una profundidad de 5, 15 y 30 cm en suelo con costra biológica y de 15 y 30 cm sin costra biológica en los dos sitios de estudio (el sitio 1 corresponde a un matorral, con una densidad de más de 5000 plantas/ha, dominada por *Larrea tridentata* y *Acacia neovernicosa*, el sitio 2 con una vegetación arbustiva de menos de 1000 plantas/ha y dominada por *Larrea tridentata* y *Prosopis* spp.). La textura del suelo se determinó mediante el método de Hidrómetro de Bouyoucos. Se eligió un punto aleatorio cada sitio de estudio y de ahí se seleccionó el punto más cercano totalmente cubierto con costra biológica y el punto más cercano sin costra biológica. Se utilizaron cuatro infiltrómetros de doble anillo Turt-Tec International con diámetros de 11cm el anillo exterior y 6.5cm el anillo interior y una lámina de 10cm. Las lecturas del nivel de agua se realizaron en los siguientes tiempos: 1, 2, 3, 4 y 5 min.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el sitio 1 el modelo de infiltración en el área sin costra, así como en el área con costra es un polinomio cuadrático. Los coeficientes son diferentes y en el área sin costra biológica se encontró menos variación de la infiltración ( $R^2 = 0.88$ ) y el modelo del área con costra biológica de este sitio presentó un modelo con una  $R^2 = 0.729$  (Figuras 1 y 2).

En el sitio 1 esta diferencia en el modelo de infiltración, sobre todo en la variación más alta en el área con costra, es probable que sea debido al efecto de la presencia de la costra biológica, ya que la textura del suelo fue igual en el área sin costra que en el área con costra, donde a la profundidad de 0-15 cm fue encontrada textura franco-arenosa y a la profundidad 15-30 cm franco-arcillo-arenosa.

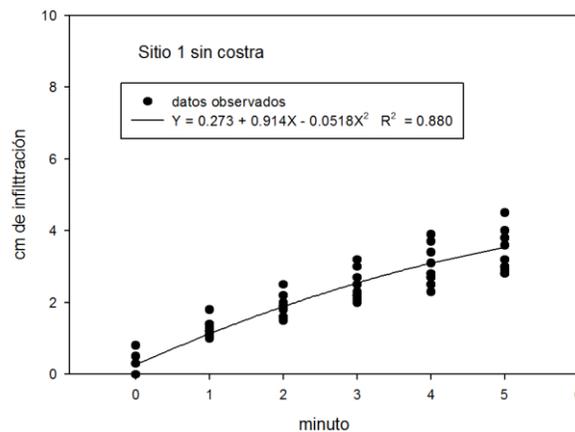


Figura 1. Infiltración de agua en el sitio dominado por *Larrea tridentata* y *Acacia neovernicosa* en áreas sin costra biológica.

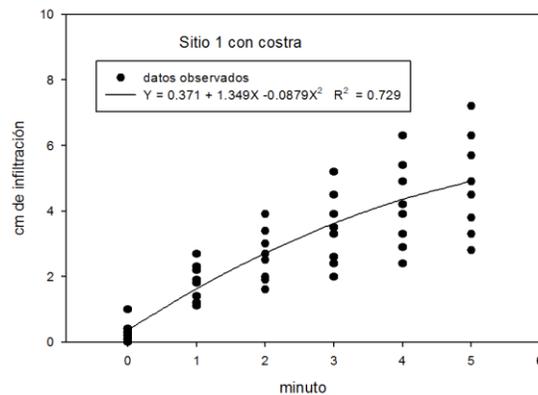


Figura 2. Infiltración de agua en el sitio dominado por *Larrea tridentata* y *Acacia neovernicosa* en áreas con costra biológica.

Referente al Sitio 2, se encontró menos diferencia en variación, pero los modelos son diferentes. El modelo de regresión de infiltración en el área sin costra presentó un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.731$  y el área con costra un  $R^2 = 0.689$  (figuras 3 y 4). La textura del suelo tampoco fue un factor que influyó en los resultados ya que en ambas áreas, sin y con costra, la textura del suelo fue similar, siendo franco-arenosa de 0-15 y de 15-30 cm de profundidad.

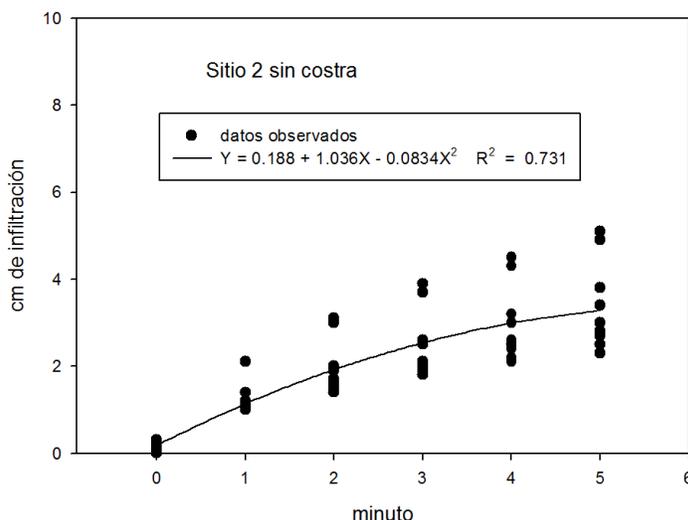


Figura 3. Infiltración de agua en el sitio dominado por *Larrea tridentata* y *Prosopis* spp. en áreas sin costra biológica.

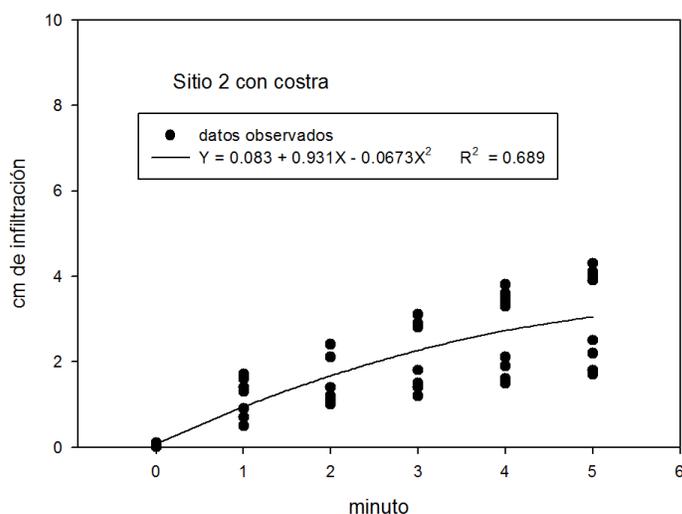


Figura 4. Infiltración de agua en el sitio dominado por *Larrea tridentata* y *Prosopis* spp. en áreas con costra biológica. Algunos trabajos han estudiado la importancia de la costra biológica en la generación de flujos de escorrentía de gran utilidad para la vegetación, además de intervenir en los procesos de infiltración de agua en el suelo. Los procesos hidrológicos que se llevan a cabo en el suelo dependen principalmente del tipo de suelo, de su textura y estructura, así como el grado de desarrollo y tipo de organismos que conforman la costra biológica (Warren 2001).



## CONCLUSIONES

En el sitio dominado por *Larrea tridentata* y *Acacia neovernicosa*, la presencia de la costra biológica causó que se presentara mayor variación en la infiltración del agua en los primeros cinco minutos. En el Sitio 2 no se encontró efecto de la costra biológica en la infiltración del agua.

## LITERATURA CITADA

- Belnap, J. 2001a. Biological soil crusts and wind erosion. pp. 339-347. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Belnap, J. 2001b. Comparative structure of physical and biological crusts. pp. 177-191. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Belnap, J., C.V. Hawkes and M.K. Firestone. 2003. Boundaries in miniature: two examples from soil. *BioScience*. 53(8):739-756.
- Cameron, R.E. and G.B. Blank. 1996. Desert algae: soil crusts and diaphanous substrata as algal hábitats. Jet Propulsion Laboratory Technical Report 32-971.
- Castellanos, E.P., A. Romo E., J.S. Serrato C. y J.J. Quiñones V. 2012. Siembra de *Bouteloua gracilis* en tres sitios de pastizal de Durango. *Rev. Agrofaz*. Vol. 12 No. 1. pp. 39-44.
- Evans, R.D. and J.R. Johansen. 1999. Microbiotic crusts and ecosystem processes. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 18(2):183-225.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México). Anuario estadístico y geográfico de Durango 2015 / Instituto Nacional de Estadística y Geografía.-- México: INEGI, c2015.
- Johansen, J. R. 1997. Introduction to microbiotic crusts. Natural resources conservation service. United States Department of Agriculture.
- Quiñones, J. J., Vera., E. Castellanos P., C. M. Valencia C., J. J. Martínez R., T. Sánchez O. y C. A. Montes G. 2009. Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *Rev. Terra Latinoamericana*. Vol. 27 No. 4. pp. 287-293.
- Warren, S. D. 2001. Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. pp. 349-360. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Warren, S. D. and D. J. Eldridge. 2001. Biological soil crusts and livestock in arid ecosystems: Are they compatible? pp. 401-415. *In*: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.

## RENDIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA EN ECOTIPOS DE *Tripsacum dactyloides*

### FORAGE PRODUCTION AND QUALITY AMONG *Tripsacum dactyloides* ECOTYPES

Alejandra Pérez-Hernández<sup>1</sup>, Adrián R Quero-Carrillo<sup>1</sup>, José AS Escalante-Estrada<sup>1</sup>, Santiago Garduño-Velázquez<sup>2</sup>, Leonor Miranda-Jiménez<sup>1</sup>, José F Villanueva-Ávalos<sup>3</sup>, María M Crosby-Galvan<sup>1</sup>, Gabino García-Santos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. <sup>2</sup> Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México. <sup>3</sup> CE “El Verdineño” INIFAP-Santiago Ixcuintla, Nayarit.  
Autor de correspondencia queroadrian@colpos.mx

#### RESUMEN

*Tripsacum dactyloides* L., es una gramínea, perenne, tropical, nativa de México. El objetivo fue conocer el rendimiento de materia seca (MS) y calidad de 16 ecotipos de *T. dactyloides*. Bolsas-maceta de 50 × 50 cm se llenaron con sustrato en proporción: 2:1:1 tezontle, estiércol y suelo local. Se prepararon 128 macetas con conteniendo una planta. La evaluación inició dos meses después del trasplante; para ello, se proporcionó corte de uniformización a 25 cm del suelo y se dejaron crecer las plantas hasta que el dosel vegetal alcanzó 85 cm; posteriormente, se podaron 64 macetas tanto a 25 cm como 64, a 35 cm, de forraje remanente, los datos reportados corresponden al segundo año de evaluación. Las muestras de forraje cosechado se separaron por componente morfológico, se llevaron a estufa a 50 °C y se almacenó la MS de un año de evaluación, esta se molió con criba de 2 mm, se llevó al laboratorio para pruebas de calidad y se procedió según manuales. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El ecotipo P58 mostró el mayor rendimiento de MS, presentó para hoja 307 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y tallo 93 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; sin embargo, la mayor calidad en proteína se observó para el ecotipo P52 con 11.3%. El rendimiento y calidad de forraje muestran diversidad en los materiales evaluados. Por lo que se puede seleccionar el atributo de conveniencia estandarizando a altura de corte y forraje remanente.

**Palabras clave:** *Tripsacum*, calidad, rendimiento, forraje, tallos, ecotipos, nativos.

#### SUMMARY

*Tripsacum dactyloides* L., is a perennial grass, tropical, native to Mexico. The objective was to define dry matter (MS) yield and quality for 16 ecotypes of *T. dactyloides*, 50 × 50 cm plastic pot-bags were used, filled with substrate in proportion: 2: 1: 1 volcanic pebbles, manure and local soil, respectively; 128 pots were filled and individual plants transplanted on each. The evaluation started two months after transplanting. For this, a standardization cutting was performed to 25 cm height from the soil and the plants were allowed to grow until the plant canopy reached 85 cm; subsequently both 64 pots were cut to 25 cm, and 64 to 35 cm of remaining forage (stubble), analyzed data corresponds to the second year of evaluation. Samples of harvested fodder were separated to morphological component, taken to the oven at 50 °C and stored for a year and grounded using a 2 mm sieve, taken to the laboratory for quality testing and proceeded according manual. The experimental design was completely randomized with four repetitions. The highest performance P58 ecotype presented in leaf 307 g plant<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup> and stem 93 g plant<sup>-1</sup>year<sup>-1</sup>; however, the highest quality in protein was observed for P52 ecotype with 11.3%. Both forage production and quality showed wide diversity among evaluated materials. It is possible to select best performing plant material considering forage height and stubble height.

**Keywords:** *Tripsacum*, quality, yield, fodder, stems, ecotypes, natives.

## INTRODUCCIÓN

*Tripsacum* es un género de 16 especies, nativo de regiones tropicales de América, va desde el noreste de Estados Unidos hasta Paraguay (Gould y Shaw, 1992); sin embargo, por su diversidad, México se considera como su centro de origen. Las plantas de *T. dactyloides* son de porte alto, forman grandes macollos, perennes, cañas fuertes y gruesas en la base, por lo general con limbos planos y anchos. En Estados Unidos esta especie se maneja en pastoreo que inicia cuando la planta alcanza 45-60 cm de altura, con un periodo de descanso de tres meses, por año, asegurando la producción de semilla; sin embargo, sus plantas son de porte pequeño o inferior a un metro y un balance adecuado entre calidad y cantidad de forraje se obtiene cuando el pasto es cosechado a una altura de 15-20 cm durante la época de crecimiento (Guillen, 2001). Evaluar la calidad es importante, porque a mayor digestibilidad de fibra, mayor será su calidad (Church *et al.*, 2002). *Tripsacum dactyloides* es una gramínea tropical y generalmente la proteína cruda es de 7% (Hernández *et al.*, 2005). Los rumiantes necesitan mínimo 12 % en su dieta para que la flora bacteriana del rumen trabaje eficientemente y se promueva adecuada eficiencia alimenticia, que se traduce en alta producción de carne o leche (Sandoval, 2007). A pesar de ser centro de origen no se han elaborado trabajos en esta especie, en México. Por lo tanto, el objetivo fue conocer el comportamiento de recursos genéticos de *T. dactyloides* al someterlo a cortes continuos a dos alturas de forraje remanente 25 y 35 cm, y evaluar el rendimiento y calidad del forraje, bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México. El material genético consistió en dieciséis ecotipos nativos del Estado de México tropical: P1, P4, P13, P15, P21, P24, P36, P40, P52, P58, P60, P81, P84, P89, P90 y P95. Las plantas experimentales se generaron clonalmente, mediante división vegetativa, de un macollo original. Las plantas tuvieron un periodo de establecimiento de dos meses. Plantas individuales se sembraron en maceta plástica de 50 × 50 cm, con sustrato en proporción: 2:1:1 tezontle, estiércol y tierra respectivamente. Se establecieron 128 macetas bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento y dos alturas de forraje remanente (25 y 35 cm). Antes de iniciar la evaluación, se homogenizó mediante corte a 35 cm del suelo y se dejó crecer hasta que el dosel vegetal alcanzó 85 cm; posteriormente, se establecieron dos alturas de forraje remanente, cortando 64 macetas (a 25 cm) y 64 (a 35 cm) de altura al suelo (rastrojito remanente). Posteriormente, cada vez que llegaban a 85 cm de altura, se procedía al corte por tratamiento. Los datos presentados son del segundo año de evaluación. En cada corte, el forraje se separó por componente morfológico: hoja, tallo, inflorescencia y material muerto; después, se llevaron a estufa, durante tres días a 50 °C, se registró peso seco, se juntó la muestra de un año de evaluación y se molió el forraje con criba de 2 mm y, en laboratorio, se procedió según los manuales para determinar calidad. A las variables en estudio se les aplicó un análisis de varianza, con un diseño factorial de 16 (ecotipos) \*2 (forraje remanente), las que mostraron diferencias significativas, comparación de medias (Tukey,  $\alpha = 0.05$ ), con paquete para análisis estadístico InfoStat (Di *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a su morfología, *T. dactyloides* es una especie que presenta mayor acumulación de hoja en relación a los demás componentes morfológicos (Cuadro 1;  $p < 0.001$ ). El rendimiento de hoja fue superior en el ecotipo P58 con 307 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, la menor acumulación fue del ecotipo P89 con

80 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; en cuanto a MS de tallos, el ecotipo P58 presentó mayor rendimiento (93 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>), sin embargo, algunos ecotipos nunca elongaron estos, por lo tanto, no presentaron tallos: P36, P40, P60, P89 y P95. La inflorescencia es importante debido a que de ahí se parte para tener semilla; sin embargo, algunos ecotipos no lograron acumular suficiente calor para producirla: P4, P36, P40, P58, P60, P89 y P95, el de mayor producción fue P1 con 12.6 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>; en material muerto, sobresalió P4 con 76 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Henry (2003), evaluó la variedad Pete a dos frecuencias de corte 30 y 45 días, el promedio de tres años con 45 días fue 14 144 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que con 30 días reportó solo 11 108 kg ha<sup>-1</sup>; por tanto, es mejor trabajar con 45 días para lograr mayor acumulación de forraje. En los resultados mostrados se observaron diferencias significativas (p<0.001) para MS de hoja, en tratamientos y ecotipos, definitivamente dejando 35 cm de forraje remanente obtenemos mayor acumulación de hoja con 227.6 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, que si cortamos a 25 cm con 188 g planta<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. Un corte conservador resultó en mayor rendimiento de MS.

Cuadro 1. Acumulación de materia seca en 16 ecotipos de *Tripsacum dactyloides*

Ecotipos	Hoja	Tallo	Inflorescencia	mm
	Materia seca (g planta <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )			
P58	306.8 a	93 a	0 e	63.4 abc
P21	248.1 b	33.4 de	5.4 bc	33 fgh
P81	248 b	60.1 bc	5.6 b	77.6 a
P36	224.5 bc	6.1 hi	0.2 e	44 cdefg
P40	223.1 bc	2.6 i	0 e	50.5 bcdef
P13	218.1 bc	20.9 efgh	0.95 de	17 h
P15	215 bc	27.7 ef	2.8 cde	28.7 gh
P60	213.8 bc	0 i	0 e	58.3 abcde
P90	211.5 bc	45.1 cd	5.5 bc	58.3 abcde
P4	206.4 bcd	25.5 ef	0.5 de	76 a
P1	192.3 cd	23.4 efg	12.6 a	41.3 defg
P24	191 cd	16.3 fghi	3.2 bcd	41.4 defg
P52	191 cd	21.4 efgh	0.53 de	71.7 ab
P95	190.1 cd	7.9 ghi	0.90 de	60 abcd
P84	167.3 d	63.2 b	2 de	50 cdefg
P89	80.4 e	0 i	0 e	38 efgh
Ecotipos	***	***	***	***
Tratamientos	***	ns	Ns	***
35 cm	227.6 a	27 a	2.4 a	56.7 a
25 cm	188.3 b	29 a	2.7 a	44.4 b

Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), CV: Coeficiente de variación, Significancia: \*\*\* = p≤0.001, ns: no significativo, mm: materia muerta, Tratamiento de forraje remanente a 25 y 35 cm.

Determinar la calidad del forraje es importante, debido que es la fuente alimenticia del ganado, en este trabajo existen diferencias altamente significativas (P<0.001) en los elementos evaluados: materia seca (MS), proteína (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutro (FDN) a excepción de fibra detergente ácido (FDA); sin embargo, no existe diferencia entre tratamiento de altura de forraje remanente (Cuadro 1).

Cuadro 2. Calidad de forraje en 16 ecotipos de *Tripsacum dactiloides*

Ecotipos	M.S	P.C	E.E	FDN	FDA
Porcentaje (%)					
P24	95.6 a	8.8 bcd	1.7 bc	71.7 abcd	39.8 a
P84	94.2 ab	7.5 d	1.5 c	70.7 cde	37.3
P90	94.1 ab	9.8 abc	1.5 c	72.9 ab	36.9
P89	94 abc	7 d	1.5 c	73.2 a	37.6
P21	93.6 bc	9.5 abcd	1.6 c	70.6 de	33
P36	93.3 bc	9 bcd	1.9 abc	71.4 abcde	36.4
P40	93.2 bcd	10.5 abc	1.9 abc	72 abcde	35.8
P15	93.2 bcd	9 bcd	2.1 abc	72 abcd	36.5
P13	93.1 bcd	9.8 abc	3 abc	69.5 ef	37.2
P95	92.9 bcd	8.5 cd	1.9 abc	68.2 f	33.4
P58	92.8 bcd	8.8 bcd	2.4 abc	70.9 cde	35.5
P1	92.7 bcd	10.8 ab	1.8 bc	71.9 abcd	34.7
P52	92.6 bcd	11.3 a	2.1 abc	72.7 abc	35.5
P60	92.5 bcd	9.5 abcd	2.5 abc	71.1 bcde	35.8
P4	92.2 cd	9.8 abc	1.8 bc	72 abcd	34.6
P81	91.4 d	8.5 cd	2.8 ab	67.7 f	32
Media	93.2	9.3	2	71.1	35.7
Ecotipo	***	**	***	***	ns
Tratamiento	*	ns	ns	***	*
25 cm	93.4 a	9.3 a	2.1 a	0.7 a	36.6 a
35 cm	93 b	9.4 a	2.9 a	0.7 b	34.8 a

MS: materia seca, PC: Proteína cruda, EE: Extracto etéreo, FDN: Fibra detergente neutro, FDA: Fibra detergente ácida. Medias con distinta literal entre columna son diferentes estadísticamente Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), CV: Coeficiente de variación, Significancia: \* =  $p \leq 0.05$ , \*\* =  $p \leq 0.01$ , \*\*\* =  $p \leq 0.001$ , ns: no significativo.

El promedio de MS fue 93%, PC 9.3%; sin embargo, los ecotipos: P40 (10.5%), P1 (10.8%) y P52 (11.3%) fueron sobresalientes ( $p < 0.05$ ) y el mínimo contenido de PC (7%) se observó para el ecotipo P89. El promedio de extracto etéreo fue 2%; sin embargo, el máximo de 3% fue del ecotipo P13 y mínimo 1.5% esto lo presentaron sólo cuatro ecotipos. Fibra detergente neutra el promedio fue 71%, sin embargo, el ecotipo P89 presentó 73% y el mínimo fue de 67% que corresponde al ecotipo P81. En cuanto a la fibra detergente ácido la media fue 35.7%, máxima 39% (P24), mínima 32% (P81). Al respecto Henry (2003), evaluó calidad de forraje en variedad Pete a dos frecuencias de corte 30 y 45 días en tres años y concluye que es mejor dar frecuencias de 30 días porque la proteína se mantiene en promedio 10.5%, FDA 37%, FDN 67% y, al dar frecuencia de corte cada 45 días, la proteína bajó a 9.5% en promedio de tres años. Es importante destacar que en estos ecotipos evaluados no hay diferencias estadísticas en PC entre tratamientos de forraje remanente; sin embargo, esto sí varió considerando al ecotipo.

### CONCLUSIÓN

El ecotipo P58 presentó mayor rendimiento de materia seca, sin embargo, presentó baja calidad proteica, y el ecotipo P52 que presentó mayor calidad proteica, fue de bajo rendimiento forrajero.





foraging trails was 17.8 to 34.7 m. Based on this information the sustainable management for the conservation of the escamolera ant in arid grasslands was discussed.

**Keywords:** Escamoles, management sustantabile forraging distance, arid range.

## INTRODUCCIÓN

Los pastizales áridos del norte de México constituyen una diversidad de bienes y servicios a la sociedad. El principal uso de estos ecosistemas es través de la ganadería extensiva. No obstante, su uso irracional a conllevado a la degradación de estos, lo cual ha traído como consecuencia una menor productividad. Por otra parte, dentro de una diversidad de uso y aprovechamiento de los recursos que nos proveen los pastizales como ecosistema son la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) insecto comestible. La recolección de estos insectos por los pobladores rurales constituye una práctica ancestral en estos ambientes. Esta hormiga escamolera genera ingresos y empleo a las comunidades rurales. La recolección y aprovechamiento de esta especie de insecto puede construir una estrategia de uso en los pastizales áridos lo cual repercutiría en la economía del productor ganadero o rural. La demanda de los escameles a nivel regional y nacional ha provocado una presión de carga humana sobre estos recursos aunado al desconocimiento de la cosecha tradicional, lo cual impacta sobre la población de hormigas y nidos. Se les atribuye una influencia ecológica muy importante en la mayoría de los hábitats (López y Ramon, 2010; Holldobler y Wilson, 2008), ya que participan en procesos físicos, químicos y bióticos del suelo (Lobry y Conacher, 1990; Rojas 2001; López y Ramon, 2010). Las cuales son encontradas en nidos subterráneos y rocosos a una profundidad de 60 a 130 cm, en los nidos encontramos unas 100,000 hormigas, de los cuales, en el oeste del municipio de pinos, Zacatecas se estimó un promedio de 6.67 nidos/ha, (Esparza *et al.* 2008), ya que en sitios muy perturbados solo hay 1.19 nidos/ha (Lara *et al.*). Los cambios frecuentes en el uso del suelo y las sequias recurrentes han provocado la pérdida y fragmentación del hábitat de esta especie; de igual manera no hay un buen manejo y además falta de normatividad (Tarango, 2012). En los ecosistemas semiáridos del centro de México el aprovechamiento de esta hormiga se ha excedido; esto y la destrucción de sus nidos ha causado disminución de las poblaciones (Ramos-Elorduy *et al.*, 2006; Tarango, 2012; Dinwiddie *et al.*, 2013).

Los nidos típicamente son construidos subterráneos (Hoey *et al.*, 2013), debajo de rocas o troncos muertos o al pie de plantas. El nido tiene una entrada de 2.3 a 5.2 cm de diámetro, rodeada con cascara de troncos muertos, hojarasca, tallos de pastos secos, cadáveres de obreras, suelo y arena que se extrajo del mismo. Un nido bien manejado puede aprovecharse durante 40 años, pero lo más comunes de cuatro a 12 años (Ramos-Elorduy y Léviex 1992). La recolecta anual de escamoles de un nido es de 3.0 a 3.6 kg (Ramos-Elorduy y Léviex 1992). Entre las relaciones con esta especie de hormiga escamolera con algunas plantas destacan en la que se mantiene con magueyes (*Agave* spp.), pues las hormigas suelen construir sus nidos debajo de ellos e infestarlos de los insectos de los cuales se alimentan (Lara 1913; Rafael. Valdez *et al* 2017 y Cruz-Labana *et al.*, 2014). Estas hormigas también necesitan de zonas de descanso y sombras, las cuales se encuentran sobre sus trayectos y al pie de *Dalea bicolor*, *Opuntias* spp. y para la trofobiosis la hormiga se vincula con el maguey (*Agave* spp.), existen otras plantas, como zacates algunos son utilizados con menos frecuencia como lugares de sombra o alimento, respectivamente. El objetivo de este estudio fueron caracterizar el hábitat de la hormiga escamolera así como la producción de escamoles de especie en pastizales áridos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los meses de marzo y abril del 2017 a marzo y abril del 2018, se tomó un año para obtener resultados esperados de cada nido, este estudio está localizado en la región sureste del estado de Zacatecas, en el Ejido Cuauhtémoc Sombrerete Zacatecas. La localidad se encuentra a una altura de 2150 metros sobre el nivel del mar con 877 habitantes (INEGI, 2015). El Ejido presenta climas: templado semiseco (BS<sub>0</sub>kw) y templado subhúmedo (Cw<sub>1</sub>), con una temperatura generalmente que varía de -0 °C a 27 °C (García, 2004). La precipitación va desde 300 y 560 mm anuales, siendo esta mayor en junio-agosto. La vegetación que se encuentra es matorral alto espinoso y pastizal mediano abierto (Rzedowski, 1978). Se encuentra un suelo de tipo arenoso y franco arcilloso de lo cual este suelo es utilizado como agricultura de tipo temporal y riego.

La densidad de nidos se estudió utilizando el conteo directo de nidos en una hectárea; se consideraron como repeticiones. Después en el nido se registró la especie vegetal que la hormiga uso para anidar, y se cuantificaron los senderos de forrajeo por nido. Para determinar los componentes del hábitat que mejor explicaron la presencia de la hormiga, se usó la línea de intercepto, utilizando 10 líneas de 10 metros de longitud. Las variables cuantificadas fueron grupos funcionales, suelo desnudo, grava, piedra y mantillo. Cada día se hicieron recorridos en campo de 7:00 a 12:00 para muestrear los senderos (camino) de forrajeo. Se cuantificaron las distancias de los senderos de forrajeo, así como el número de caminos (uno, dos, tres y cuatro) por nido. La información fue analizada considerando las medias de los valores obtenidos, así como la aplicación de un modelo de regresión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Relación planta-Hormiga.** Con respecto a esta relación se muestra que la hormiga escamolera utiliza a las rocas en un 35 % como un sitio de preferencia de anidación. Por otra parte, el maguey es utilizado con un 30 %. Mientras que el nopal y el huizache es utilizado con un 25 y 10 % respectivamente. Esto concuerda con autores como, Wheeler 1905, Gregg 1963, Miller 2007, Cruz 2013, Lara 2013. Mientras que otros autores mencionan que los han encontrado en *Agave lechuguilla*, *Ferocactus pilosus*, Lara *et al.*, 2013. Y al pie de las plantas de *Yucca* spp. siendo utilizada en un 70 %. Gregg, 1963; Wheeler, 1905.

**Densidad de nidos por hectárea.** Todos los nidos de esta hormiga son subterráneos y estos fueron encontrados en diferentes lugares; en condiciones favorables existen 5.0 nidos/ha en promedio. Se coincide con otros autores y estamos en el mismo margen de nidos por hectárea ya que para el municipio de pinos, Zacatecas se estimó un promedio de 6.67 nidos/ha (Esparza *et al.*, 2008) Lara *et al.* 2013, menciona que en condición favorable del agostadero hay 6.0 nidos/ha.

**Producción de escamoles.** La producción de escamoles es una actividad social y cultural ya que hace de ello platillos típicos de la región, se logró estimar una producción para el año 2017 de 942 gramos en promedio en condiciones naturales del hábitat y para el 2018 obtenemos un promedio de 731 gramos, de escamoles colectados dando un manejo sustentable, conservación y preservación al hábitat y a cada uno de los nidos. Otros autores mencionan que la colecta anual de escamoles de un nido es de 3000 a 3600 g (Ramos-Elorduy y Léviex 1992), un nido bien manejado puede ser aprovechado de cuatro a 12 años. Por otra parte, la producción de escamoles está en relación con el volumen de la trabécula, se estima un rango de volumen los cuales son: 121.98 cm<sup>3</sup> - 920.58 cm<sup>3</sup>.



de la hormiga escamolera de lo cual potencialmente se estima una producción de 94,200 kg. por otra parte, se propone que exista una rotación de los nidos a aprovechar.

### CONCLUSIONES

Las características de los pastizales de Sombrerete Zacatecas, hacen que la hormiga escamolera establezca hasta 5 nidos ha<sup>1</sup>. Existe una producción promedio de 0.942 y 0.731 kg nido<sup>1</sup> para los años en estudio. Se considera que la hormiga escamolera tiene preferencia de anidamiento para maguey (30%) y el sustrato roca en un 35%, en nopal y huizache ocurre una preferencia de 25 y 10 % respectivamente. Por otra parte, cuando el nido está en el sustrato maguey existe una mayor producción de escamoles. La hormiga escamolera llega a recorrer hasta 34.7 metros en sus senderos de forrajeo.

### LITERATURA CITADA

- Cruz L., J. D. 2013. Variables de hábitat de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) en el municipio de Charcas, San Luis Potosí, México. Tesis de maestría. Colegio de posgraduados Montecillo, México. 46 pp.
- Del Toro, I., Pacheco, J. A. & Mackay, W. P. 2009. Revision of the ant genus *Liometopum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology*, 53: 296 – 369.
- Dinwiddie M., L., R. W. Jones., P. Roitman-Genoud, L. A. Tarango A., y G.X. Malda B. 2013. Estudio etnoentomológico de la hormiga escamolera (*Liometopum apiculatum*) en dos localidades en el estado de Querétaro. *Agroproductividad* 6: 27 – 34.
- Esparza, F. G., Macías R., F. J., Martínez S., M., Jiménez G., M. A & Méndez G., S. J. 2008. Insectos en el ejido Tolosa, Pinos, Zacatecas, México. *Agrociencias*, 42: 243 – 252.
- Gregg, R. E. 1963. The ants of Colorado, with reference to their ecology, taxonomy, and geographic distribution. University of Colorado. Denver, Colorado. USA. 792 p.
- Holldobler, B. & Wilson, E. O. 2008. The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies. Norton. New York. 522 pp.
- Hoey, C. 2012. Food preference, survivorship, and intraspecific interactions of velvety tree ants. Master thesis. University of California, Riverside, CA. USA. 136p.
- López R., G. O. & Ramon, F. 2010. El mundo feliz de las hormigas. *Tip*, 13: 35 – 48.
- Lobry de B., L. A. & Conacher, A. J. 1990. The role of termites and ants in soil modification: a review. *Australian Journal of soil Research*, 28: 55 – 93.
- Lara J., P., Castillo L., P., de M. Tristán P., F., Rendon H., J. A. & Aguirre R., J. R. (en arbitraje). Effect of the condition on ant species in three different range sites in the municipality of Charcas, San Luis Potosi, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*.
- Lara J., P. 2013. Etnobiología de escamoles (*Liometopum apiculatum*) en el altiplano potosino. Tesis de maestría. Programa Multidisciplinario de Posgrado en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, SLP, Mex. 103p.
- Miller, T. E. X. 2007. Does having multiple partners weaken the benefits of facultative mutualism? A test with cacti and cactus-tending ants. *Oikos*, 116: 500-512.
- Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino M., y M. Conconi. 2006. Ausencia de una regulación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomol. Mex.* 45 (3): 291 – 318.
- Tarango A., L. A. 2012. Los escamoles y su producción en el Altiplano Potosino-Zacatecano. *RESPYN* 4: 139 – 144.
- Wheeler, W. M. 1905. The North American ants of the genus *Liometopum*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 21: 321 – 333.





## INTRODUCCIÓN

El gusano soldado (*Pseudaletia (Mythimna) unipuncta* (Haw.)) es una plaga polífaga que puede cuando las condiciones son favorables para su desarrollo puede causar efectos devastadores en pastizales y áreas agrícolas, llegando a defoliar completamente la planta y dejando sólo la nervadura central. Las gramíneas más afectadas son el maíz, el sorgo y los pastizales pero también puede llegar a afectar cultivos de frijol, chile y trigo. El comportamiento que tiene como plaga se caracteriza por ser periódico, con ocurrencia cada 4 años y se relaciona con los tiempos de sequía que se presentan en forma cíclica. Este insecto plaga ataca todas las etapas fenológicas del cultivo y se puede alimentar de frutos, hojas y tallos. Se dice que este insecto se puede presentar en cualquier año en todo el país, aunque la región del altiplano se ha visto más afectado (Romo y Alcalá, 1991, Guppy, 1961).

El gusano soldado es de hábitos nocturnos y gregarios, como sitios preferidos de ovoposición se encuentran predios con maleza o pastizales. Las larvas durante el día se esconden en plantas, maleza, hojarascas o grietas en el suelo. En días nublados se pueden ver activos. En los primeros estadios se alimentan por el envés de las hojas y son difíciles de detectar, el daño es fácil de detectar en los últimos instares larvales (quinto y sexto), en estos instares llega a consumir hasta el 80% de lo que consume durante toda su vida larvaria y su control es más difícil (Romo y Alcalá, 1991). La principal forma de control es el químico, éste se debe de efectuar durante los tres primeros instares larvales que el momento más oportuno, después del instar tres la larva se vuelve muy resistente a los químicos y se deben usar productos más agresivos. Debido a sus hábitos nocturnos se debe aplicar durante la tarde – noche. En algunas partes, como Portugal, este insecto puede presentar hasta 5 generaciones al año que con frecuencia sobrepasan el nivel económico de daño (Oliveira y Tavares, 1991).

Aunque el control químico es el más usado, también existen alternativas como el control biológico. A la fecha, el control biológico de los lepidópteros, como gusano soldado, ha sido ampliamente estudiado, prestando mayor atención a el uso de *Bacillus thurigiensis* y a las avispas del género *Trichogramma*, sin embargo, existen una gran cantidad de enemigos naturales como los coleópteros predadores pertenecen de familia Carabidae, los cuales han recibido poca atención (Cabello, 2008). Los carabidae son importantes predadores que regulan la abundancia de insectos, por lo que contribuyen a la estabilidad del ecosistema, lamentablemente, el uso de insecticidas ha reducido las poblaciones de estos predadores en forma substancial (Guppy, 1961; Romo y Alcalá, 1991).

Es necesario conocer la efectividad de métodos de control químico para gusano soldado tanto en áreas agrícolas como en sistemas pastoriles (menos perturbados que las zonas agrícolas) así como los posibles efectos que pueda tener el uso de químicos en la entomofauna con la finalidad de conocer las ventajas y desventajas que pueda tener el uso de determinados químicos y su viabilidad económica y ecológica. El objetivo de la investigación fue conocer la efectividad del cebo alimenticio y los daños secundarios que pudiera causar en otras especies tanto en áreas agrícolas como en sistemas menos alterados similares a los pastizales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el año 2013 se presentó una infestación de gusano soldado y se elaboró un cebo alimenticio para el control de la plaga. Los ingredientes utilizados para la preparación del cebo fueron: salvado de trigo (20 kg), aceite comestible (8 litros) y metomilo (1 Kg). Para preparar el cebo se mezcló el salvado con el insecticida y al tener una mezcla homogénea se agregó el aceite. El cebo se preparó

el 14 de agosto. Se realizó la aplicación del cebo alimenticio en dos experimentos ubicados en las instalaciones del INIFAP, Campo Experimental Zacatecas (Calera de Víctor Rosales, Zacatecas). El primer experimento fue en una siembra de riego de canola en terrenos agrícolas donde se colocó el cebo en forma de franja en un metro lineal con ocho repeticiones, se realizaron estas aplicaciones en tres ocasiones, en sitios diferentes del experimento en cada ocasión: 15 de agosto, 16 de agosto y 19 de agosto. Se recolectaron las muestras e identificaron las especies encontradas durante 12, 10 y 7 días, respectivamente. El otro experimento, donde se colocó el cebo, fue en un sistema de curvas a nivel dividido en franjas donde después de seis surcos se establecieron arbustos forrajeros y dentro de los surcos estaba establecido maíz de temporal. Esta área en particular se considera como menos perturbada, ya que son pocas las labores culturales que se realizan y la intromisión humana en el sitio. Ahí se colocaron tres sitios de muestreo delimitados por cuadros metálicos de un m<sup>2</sup>, el cebo se colocó el 16 de agosto. En este segundo experimento, se recolectaron e identificaron las especies de insectos que se encontraron 15 centímetros dentro y fuera de donde se había colocado el cebo alimenticio. Estas recolecciones y conteos se realizaron por un periodo de diez días. Las aplicaciones se realizaron en la tarde noche debido a los hábitos nocturnos de esta plaga (Guppy, 1961).

Diariamente se separaban, identificaban y contabilizaban las especies recolectadas. Las especies recuperadas en los muestreos realizados se dividieron en tres categorías: larvas de gusano soldado (*P. unipuncta*), larvas de *Calosoma* sp (familia Carabidae), y otros. En la tercera categoría de *otros* se encontraron una diversidad de insectos como palomillas, chapulines, grillos, larvas de otras especies, mariposas, entre otros. Se elaboraron gráficas de comportamiento (tendencia) a través del tiempo que duraron los muestreos. Finalmente, mediante análisis básico se determinó la presencia de las diferentes especies durante el tiempo de muestreo, así como la cantidad y frecuencia de las mismas en los dos sistemas: la siembra de canola y el maíz de temporal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área agrícola, donde se ubicó el experimento de canola, la máxima colecta en un día de larvas de gusano soldado fue de 57 individuos, en cuanto a *Calosoma* sp. fue 25 larvas y 12 individuos de otras especies de insectos. En el maíz, en el sistema menos perturbado de curvas a nivel, el máximo número de insectos encontrados en un día fue de 282, 146 y 24 de larvas de gusano soldado, de *Calosoma* sp. y de otros insectos, respectivamente. En ambos sistemas hubo días en donde no se recuperó ningún insecto. Tanto en el experimento de canola como en el de maíz, el número de individuos en las tres categorías fue disminuyendo a través del tiempo. Como muestra se puede observar la figura 1 con los datos de la franja de canola donde se colocó el cebo alimenticio el 15 de agosto, se puede observar que durante los 12 días de muestreo el número de especies recuperadas dentro de las tres categorías disminuye considerablemente, tendiendo a cero. Este comportamiento se observó en los dos sistemas muestreados, sistema agrícola (canola) y curvas de nivel (maíz) en todas las repeticiones realizadas.

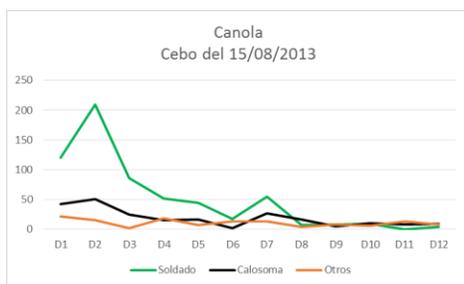


Figura 1. Tendencia de los insectos recolectados en tres categorías (soldado, calosoma, otros) en el sistema agrícola (canola) en las franjas donde se colocó el cebo el 15 de agosto del 2013.

El cebo alimenticio afectó no sólo al insecto que se buscaba eliminar, sino también a depredadores de la familia Carabidae. Se sabe que un gran número de especies de los carabidae son cazadores de otros insectos, generalmente, a nivel del suelo, llevando a depredar lepidópteros y otros artrópodos de suelos (Carrasco, 2002). Por lo que no fue sorprendente encontrar relacionadas las larvas de *Calosoma* sp., con la abundancia de gusano soldado. El bajo número de insectos encontrados de la categoría tres nos indica que posiblemente estos murieron por contacto con el cebo alimenticio y no por consumirlo como lo hicieron las larvas. El metomilo es un químico altamente tóxico, que es mortal al ingerirlo y puede llegar a ser mortal si se inhala o absorbe, actúa por contacto sistémico, lo que explicaría la eficacia para controlar soldado así como los daños colaterales con los predadores y otras especies de insectos (Iannacone y Alvariano, 2008).

Por otro lado, en el experimento de canola, en terrenos agrícolas, la tendencia fue capturar mayor número de larvas de gusano soldado que de las otras dos categorías. Caso contrario a lo ocurrido en el experimento de maíz en curvas a nivel, donde hubo un mayor número de larvas de *Calosoma* sp. recuperadas que de gusano soldado. Esto se puede apreciar en la gráfica dos.

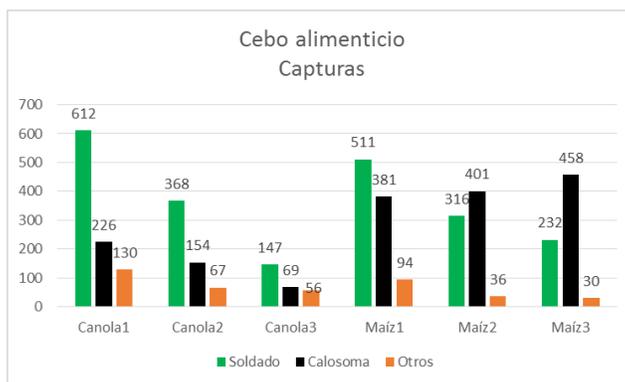


Figura 2. Insectos recuperados en las tres categorías (soldado, calosoma, otros insectos) en los muestreos realizados en dos sistemas: agrícola tradicional (canola) y curvas a nivel (maíz).

De esta figura es importante señalar el alto número de muertes de predadores del gusano soldado. La importancia de *Calosoma* spp., como predador de larvas de lepidópteros es ampliamente conocida (Pegoraro y Foerster, 1988). Por lo que el daño causado a este predador por el insecticida es alarmante, Oliveira y Tavares (1991) señalan que hay estudios donde este predador puede consumir hasta más de 50 larvas por día, sin embargo, no mencionan qué instar de larvas de soldado, la especie de *Calosoma* que se trata o las condiciones en las que se dieron estos resultados. Reflexionando este punto, es pensar que al estar afectando una larva de *Calosoma* estamos

reduciendo la eficacia del control natural, tomando en cuenta el total de predadores capturados en Canola1 (Ver gráfica 2) que es de 226 individuos, significaría que estos serían capaces de alimentarse de un número varias veces mayor de gusano soldado que los muertos por el cebo alimenticio en la muestra de Canola1. No obstante, por el momento no se puede llegar a una conclusión final ya que se necesita mayor información sobre los resultados de Oliveira y Tavares (1991).

Resultados de estudios que han comparado sistemas de manejo de siembras muestran que las poblaciones de predadores (Carabidae) son mayores y más eficaces en el control de diversas plagas, en sitios menos perturbados como el de cero o mínima labranza, que en aquellos en los que se emplean sistemas de producción convencional. Por lo tanto, en sistemas agrícolas convencionales existe una reducción de los predadores (Carrasco, 2002). Estos resultados coinciden con lo encontrado en esta investigación donde en el experimento de canola (sistema agrícola convencional) hubo una menor cantidad de predadores de *Calosoma* registrados comparado con el experimento de maíz (curvas a nivel), donde se encontraban mayores sitios de albergue para los insectos y se realizaban escasas labores agrícolas.

Finalmente, es importante mencionar, que el uso de insecticidas se debe usar como último recurso para el control de plagas, ya que estos provocan efectos adversos no solo en la especie que se desea eliminar sino en toda la entomofauna que conforma el ambiente de esta plaga (Cabello, 2008; Laiton *et al.*, 2018). Si se decide utilizar químicos como medio de control se debe de conocer el momento oportuno para su aplicación, de otra manera resulta una pérdida de tiempo y dinero, aumento en la resistencia de la plaga a ese químico y daño innecesario a la entomofauna. Tal es el caso del gusano soldado donde el momento de aplicación oportuna de químicos como clorpirifus debe ser antes de pasar al cuarto instar, ya que de otra manera el químico no afecta a la larva y se deben usar métodos más potentes y dañinos como el cebo alimenticio.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que es necesario limitar el uso de cebo alimenticio en áreas poco perturbadas como los pastizales ya que los efectos secundarios son mayores que cuando se aplican en áreas agrícolas convencionales. Además, el uso de químicos en el control de plagas no sólo afecta al organismo que deseamos controlar sino a la entomofauna que se encuentra alrededor, por lo que se debe conocer el momento indicado para su aplicación para evitar el uso de químicos más peligroso, como el metomilo en el cebo alimenticio y de esta manera conservar la salud de las áreas agrícolas y los pastizales.

## LITERATURA CITADA

- Cabello T. 2008. Control biológico de noctuidos y otros lepidópteros. Control biológico de plagas agrícolas. Jacas J.A. y Urbaneja A. (Ed). Valencia, España.
- Carrasco S. J. A. 2002. Biología de *Calosoma vagans* (Dejean) (Coleoptera:Carabidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Austral de Chile. Facultad de ciencias agrarias. Escuela de Agronomía. 131p.
- Guppy J. C. 1961. Life History and Behaviour of the Armyworm, *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) (Lepidoptera: Noctuidae), in Eastern Ontario. The Canadian entomologist. pp. 1141-1153
- Iannacone J. y L. Alvaríño. 2010. Efecto ecotoxicológico del metomilo en *Corydoras* Lacepede, 1803 (Siluriformes:Callichthyidae) y su caracterización leucocitaria. Ecología aplicada. 7(1,2). Pp 55-61.
- Laiton J. L. A., L. M. Constantino y P. Benavides. 2018. Capacidad depredadora de *Cathartus quadricollis* y *Ahasverus advena* (Coleoptera: Silvanidae) sobre *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. Revista Colombiana de Entomología 44 (2): 200-205

- 
- Oliveira L. y J. Tavares. 1991. Controlo integrado da “Lagarta das pastagens” *Mythimna unipuncta* (Haworth). II Jornadas Agronómicas Acorianas. Ponta Delgada. Portugal.
- Pegorato R.A. y L. A. Foerster. 1988. Abundancia e distribuicao de larvas e adultos de *Calosoma granulatum* Perty, 1830 (Coleoptera:Carabidae) dentre cultivares de soja em diferentes épocas de sementeira. *Anais da Sociedade Entomologica de Brasil*. 17(2). 237-248 p.
- Romo, R.J.L. y G.S.J. Alcala. 1991. Proyecto de campaña emergente contra gusano soldado *Pseudaletia unipuncta* (Haworth). Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Ingeniero Agrónomo. 47p.



weather. These are the first demographic estimates of these two sparrows during the winter season in Texas. The data of this site will contribute to better understand the winter ecology of these and other grassland bird species. This information will help managers and researcher to make decisions to sustain thriving grassland bird populations in the region.

**Keywords:** *Ammodramus savannarum*, grassland birds, *Centronyx bairdii*, microclimate, overwinter survival, vegetative cover

## INTRODUCCION

El pastizal es uno de los ecosistemas más amenazados del mundo (Brennan y Kuvlesky, 2005). Se estima que se ha perdido el 79% de los pastizales en América del Norte, debido a alteración y deterioración de hábitat (White *et al.*, 2000; Johnson y Igl, 2001). La pérdida de hábitat afecta negativamente a las especies que dependen de este ecosistema. Por ejemplo, las aves de pastizal han perdido 70-95% de sus poblaciones desde 1966 (Sauer *et al.*, 2017). El 90% de las aves de pastizal que anidan en las Grandes Llanuras de EE.UU. invernan en los pastizales del Desierto Chihuahuense y la pérdida de hábitat invernal es un factor principal que contribuye a su declive (Morrison *et al.*, 2013, Macias-Duarte y Panjabi 2013). Aves especialistas de pastizal, como *Anthus spragueii*, *Centronyx bairdii*, *Ammodramus savannarum* y *Calcarius ornatus*, son particularmente vulnerables a alteraciones en el hábitat. Sin embargo, no se conoce bien la ecología invernal de estas especies y falta conocimiento de los factores principales que limitan las poblaciones. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la supervivencia invernal de dos especies especialistas de pastizal, *C. bairdii* y *A. savannarum*, y evaluar cuales son los factores principales que influyen sobre la supervivencia invernal, considerando la vegetación, la temperatura y el microclima como factores principales.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho “Mimms” del Dixon Water Foundation, ubicado en Marfa, Texas. Durante tres inviernos, 2016-17, 2017-18 y 2018-19, capturamos individuos de *C. bairdii* y *A. savannarum* con redes de niebla. Las aves fueron anilladas y se tomaron mediciones morfométricas como peso, largo de ala, cola y tarso y cantidad de grasa. Después se colocó un radiotransmisor en la espalda de las aves con un arnés en figura de “8” en las piernas. Las aves fueron localizadas una vez al día desde la mitad de diciembre a principios de marzo durante los tres inviernos, entre 07:30 y 17:00 h. Se tomó un punto con el GPS en la ubicación del ave y se registró su estatus (viva, muerta, en buena condición, etc.). Si un ave era encontrada muerta, se intentó identificar la causa. En mínimo 20 puntos de aves se monitoreó la vegetación; en un círculo con un radio de 5 m se estimaron cobertura de pasto, suelo desnudo, arbustos, hierba, *Salsola* y otra cobertura, altura promedio de pasto, hierba y arbustos y cobertura de los tres géneros dominantes de pasto. Durante el mes de febrero del 2018 y 2019 se colocaron sensores de temperatura (iButton® DS1921) a la altura de las aves para medir microclima en 30 puntos de aves y 30 puntos aleatorios. La temperatura fue registrada cada 10 min con una exactitud de 0.5 °C. La probabilidad de supervivencia por año fue determinada con un modelo lineal generalizado con exposición logística como función de enlace (Schaffer, 2004). Para evaluar cuales factores (vegetación, temperatura) influyeron sobre la supervivencia se compararon diferentes modelos utilizando el método de teoría de información y el criterio de información de Akaike (AICc; Burnham y Anderson, 2002). Para comparar microclima entre puntos de aves y puntos aleatorios se utilizó una prueba Kolmogorov-Smirnov con las distribuciones agrupadas por tipo de punto. Las

temperaturas mínima, media y máxima fueron comparados entre tipos de vegetación con un modelo lineal mixto. Todos los análisis fueron realizados en R 3.5.3 (R Development Core Team, 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSION

La estimación de la probabilidad de supervivencia invernal de *C. bairdii* fue 100%, 77% y 80% en 2016-17, 2017-18 y 2018-19, respectivamente. Para *A. savannarum* la probabilidad de supervivencia invernal estimada fue 79%, 47% y 75% en los tres inviernos, respectivamente. En otros sitios de estudio en el norte de México también encontraron alta variabilidad en la probabilidad de supervivencia entre años y sitios, con un rango de 2 a 100% (Strasser *et al.*, 2018). Para las dos especies, los mejores modelos ( $\Delta AICc < 2$ ) incluyeron las variables temperatura mínima, cobertura de pasto, altura de pasto. Además, algunos mejores modelos para *C. bairdii* incluyeron altura de arbustos y para *A. savannarum* *Salsola* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Coeficientes e intervalo de confianza (90%) promediados de los mejores modelos ( $\Delta AICc < 2$ ) para explicar la probabilidad de supervivencia invernal de *C. bairdii* y *A. savannarum* durante tres inviernos en los pastizales de Marfa, Texas.

Variable	<i>C. bairdii</i>			<i>A. savannarum</i>		
	$\beta$	IC (90%)		$\beta$	IC (90%)	
Temperatura mínima	0.79	0.07	1.51	0.38	-0.06	0.82
Cobertura de pasto	0.61	-0.15	1.38	-0.18	-0.57	0.20
Altura de pasto	-0.40	-0.96	0.17	-0.36	-0.71	-0.01
Altura de arbustos	-0.66	-0.22	0.21			
<i>Salsola</i>				-0.16	-0.37	0.06

Los intervalos de confianza promediados sobre los mejores modelos no incluyeron cero para temperatura mínima. Esta variable parece la más influyente, con una relación positiva con la probabilidad de supervivencia (Cuadro 1). Este resultado está de acuerdo con el hecho de que el segundo año fue el año más frío y con mayor mortalidad de las dos especies. Macías-Duarte *et al.* (2017) también encontraron que la supervivencia invernal de las dos especies fue afectada por la temperatura mínima. Además, encontraron que altura de arbustos influye negativamente sobre la supervivencia de *C. bairdii* en Janos, Chihuahua. En el presente estudio altura de arbustos fue una variable en los mejores modelos para *C. bairdii*, pero su intervalo de confianza promediado incluye cero. El rancho “Mimms” tiene pocos arbustos, por lo que probablemente no se encontró una relación más fuerte entre altura de arbustos y supervivencia invernal. Los resultados de microclima indican que no existe una diferencia significativa entre las temperaturas en puntos de aves y puntos aleatorios ( $P = 0.498$ ). Sin embargo, el tipo de vegetación influye sobre la temperatura mínima y máxima, de tal manera que la temperatura mínima es menor en pasto corto en comparación con pasto alto o suelo desnudo ( $P < 0.001$ ). Esto indica que el pasto corto probablemente no ofrece suficiente protección contra el frío cuando las condiciones de clima son más severas, como en el segundo invierno de este estudio.

## CONCLUSIONES

La probabilidad de supervivencia invernal de *C. bairdii* y *A. savannarum* fue variable entre especies y años, con un rango de 47 a 100%. Estas son las primeras estimaciones demográficas para las dos especies en su hábitat invernal en Texas. La temperatura mínima fue el factor más influyente sobre la probabilidad de supervivencia. Además, la temperatura mínima fue menor en pasto corto en comparación con otros tipos de vegetación, lo que sugiere que las de este tipo de

vegetación no ofrece suficiente protección contra el frío cuando las condiciones climáticas son más severas.

### LITERATURA CITADA

- Burnham, K. P. y D. R. Anderson. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2<sup>nd</sup> edition. New York, NY, USA: Springer-Verlag, 488 p.
- Brennan, L. A. y W. P. Kuvlesky. 2005. North American grassland birds: An unfolding conservation crisis? *J. Wildl. Manag.* 69:1-13.
- Johson, D. H. y L. D. Igl. 2001. Area requirements of grassland birds: A regional perspective. *Auk* 118:23-34.
- Macías-Duarte, A. y A. O. Panjabi. 2013. Home rangeland habitat use of wintering Vesper sparrows in grasslands of the Chihuahuan Desert in Mexico. *Wilson J. Ornithol.* 125:755-762
- Macías-Duarte, A., A. O. Panjabi, E. H. Strasser, G. J. Levandoski, I. Ruvalcaba-Ortega, P. F. Doherty y C. I. Ortega-Rosas. 2017. Winter survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland condition in the Chihuahuan Desert. *J. Field Ornithol.* 88:374–386.
- Morrison, C. A., R. A. Robinson, J. A. Clark, K. Risely, J. A. Gill y R. Duncan. 2013. Recent population declines in Afro-Palaeartic migratory birds: the influence of breeding and non-breeding seasons. *Diversity & Distributions* 19:1051-1058.
- R Development Core Team. 2018. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sauer, J. R., D. K. Niven, J. E. Hines, D. J. Ziolkowski, Jr., K. L. Pardieck, J. E. Fallon y W. A. Link. 2017. The North American Breeding Bird Survey, results and analysis 1966-2015. Version 2.07.2017 USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD, EUA.
- Shaffer, T. L. 2004. A unified approach to analyzing nest success. *Auk* 12:526-540.
- Strasser, E. H., M. D. Correll, T. L. George y A. O. Panjabi. 2018. Identifying limiting factors for wintering grassland birds in the Chihuahuan Desert. 2018 annual report. Bird Conservancy of the Rockies, Brighton, Colorado, USA.
- White, R., S. Murray y M. Rohweder. 2000. Pilot analysis of global ecosystems: Grassland Ecosystems. World Resources Institute, Washington D.C., USA.

MANEJO INTEGRAL DE LA CUENCA LAGUNA DE BUSTILLOS ETAPA I:  
RESTAURACIÓN-REFORESTACIÓN DE CABECERAS Y REMEDIACIÓN DE LA  
CONTAMINACIÓN DEL HUMEDAL DE LA LAGUNA DE BUSTILLOS (HLB)

INTEGRATED MANAGEMENT OF BUSTILLOS LAGOON BASIN PHASE 1:  
REFORESTATION-RESTORATION OF HEADWATERS AND REMEDIATION OF  
BUSTILLOS LAGOON WETLAND POLLUTION

Víctor Manuel Reyes-Gómez<sup>1</sup>, Hugo Alberto Fuentes-Hernández<sup>1</sup>, Jesús Manuel Ochoa-Rivero<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, A.C. Chihuahua, Red Ambiente y Sustentabilidad- Chihuahua. [victor.reyes@inecol.mx](mailto:victor.reyes@inecol.mx); [hugo.fuentes@inecol.mx](mailto:hugo.fuentes@inecol.mx). <sup>2</sup>Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua. [ochoa.jesus@inifap.gob.mx](mailto:ochoa.jesus@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

La problemática de degradación de ecosistemas acuáticos en el altiplano mexicano se ha presentado desde hace varias décadas, tal como sucede en la Laguna de Bustillos en Chihuahua México. Se utilizaron dispositivos de remediación de tipo humedales flotantes y fijos en puntos estratégicos donde existen flujos de aguas entrantes a la laguna. Se han construido presas filtrantes en uno de los cauces que contribuyen al azolve por sedimentos a la laguna, se ha reforestado una zona de 50 ha aledaña a la Laguna de Bustillos, complementada con la construcción de bordos de contornos y la exclusión contra la ganadería. Una labor social y de comunicación ha permitido difundir la forma participativa y transdisciplinaria como modelo integral de abordar estas problemáticas ambientales y ecológicas. El punto de partida sobre la calidad del agua en la laguna, nos indica que se trata de un agua MARGINAL, ACEPTABLE o POBRE con fuertes señales de degradación para nuevas propuestas de aprovechamiento como fuente abastecedora de usos humano (agrícola, pesquero, industrial y ecoturístico/recreación). Es necesario avanzar en la restauración de los flujos naturales de aguas entrantes a la laguna y sentar acciones de remediación de la erosión de suelo, cambio de sus vocaciones y programas de educación ambiental para fortalecer el manejo sustentable de la cuenca.

**Palabras clave:** Sustentabilidad, Humedales, Contaminación, Remediación, Reforestación.

### ABSTRACT

The problem of degradation of aquatic ecosystems in the Mexican High Plateau has presented for several decades, is happening in the Bustillos Lagoon in Chihuahua, Mexico. Were used remediation devices of the floating and constructed wetlands at strategic points where there are incoming water flows to the lagoon. Filtering dams have built in one of the channels that contribute to sediment accumulated to the lagoon, and, were begun the reforestation of a 50 ha in an area adjacent to the Bustillos Lagoon, complemented by the construction of contour borders. A social and communication work has allowed disseminating the participatory and transdisciplinary way as an integral model of addressing these ecological and environmental problems. The water quality in the lagoon indicated that it was a MARGINAL, POOR and FAIR with strong signs of degradation for new proposals for supply and human activities (agricultural, fishing, industrial, and ecotourism/recreation). It is important to impulse restoration of the natural flows of incoming waters to the lagoon and to lay down actions for less soil erosion, land use changes, and impulse environmental education programs to engagements the sustainable and integrated management of the Bustillos Lagoon Basin.

**Keywords:** Sustainability, Wetlands, Pollution, Remediation, Reforestation.



## INTRODUCCIÓN

La problemática del HLB, ha mostrado que existen múltiples desafíos a mediano y largo plazo para lograr restablecer las funciones ecosistémicas y alcanzar el manejo sustentable de ese ecosistema, como las de aprovisionamiento, regulación y aspectos socio-culturales. El presente estudio, representa una aportación contribuirá a la meta general planteada a escala estatal relacionada al plan de manejo sustentable de los recursos naturales y la estrategia de biodiversidad en Chihuahua (CONABIO-GECH, 2014). Como resultado de una revisión de antecedentes sobre trabajos en la zona, visitas directas al HLB y sus alrededores, así como algunas entrevistas a gestores de los recursos naturales (CONAGUA, JMAS, y CONAFOR, entre otros). Se logró establecer que el HLB enfrenta amenazas que lo colocan como muy vulnerable ante hechos como el elevado ingreso de aguas residuales urbanas, la contaminación por agroquímicos y los desechos sólidos. Se tiene conocimiento de la desecación para incrementar áreas para actividades agrícolas y pecuarias (sobrepastoreo-áreas contiguas al HLB), la deforestación de zonas de cabecera y la sobreexplotación de mantos freáticos (Rubio-Arias *et al.*, 2005; Ochoa-Rivero *et al.*, 2017). Por tanto, se requiere una estrategia multi-transdisciplinaria para la restauración, la reforestación de suelos degradados y la remediación de la contaminación de aguas superficiales entrantes al HLB que mantenga el manejo sustentable del agua y demás recursos naturales en este humedal de la zona del norte árido de México. En este contexto la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA), el Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) plantearon la meta de restablecer algunas de las funciones ecosistemas del HLB, comenzando con una restauración de algunos sitios dañados (cabeceras de cuenca del sistema y zonas de pie de monte periféricas al HLB) y remediación de la calidad de agua superficial entrante en algunos afluentes del sistema a través de dispositivos pilotos tipo humedales flotantes, fijos y construidos y/o artificiales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**El Humedal Laguna de Bustillos (HLB).** El HLB, representa el vaso de captación de agua de escorrentía proveniente del sistema hidrográfico endorreico denominado Cuenca Laguna de Bustillos. De forma radial, la red de afluentes vierten sus aguas en los principales alimentadores de la laguna: el Arroyo La Quemada, el Arroyo de Bustillos y el Arroyo San Antonio. Este ecosistema, está dimensionado con un largo de 8 km y un ancho de 2 km (CONAGUA, 2015), con rangos de profundidad de 0.5 a 3.3 m (Proyecto A.333, FGRA-INECOL).

**Selección de sitios de restauración, protección y retención de suelo.** Se realizó un diagnóstico con las herramientas de SIG's (Anaya-Garduño *et al.*, 1982), y, se encontró que existe una superficie seriamente degradada en la cuenca de Laguna de Bustillos. Asimismo, se realizaron diversas actividades de forma participativa con actores locales del HLB para la selección de áreas a reforestar e implementar obras de conservación de agua y suelo. Por tanto, las obras de infiltración de agua se instalaron en el Ejido Loma Pelona de acuerdo a los lineamientos de la CONAFOR (2013). Mientras que las acciones de reforestación se llevaron a cabo en bordos de contorno con pino piñonero (*Pinus cembroides* - 50 mil ejemplares) en un área de 50 ha en el Ejido Centro Calles.

**Línea base de la calidad de agua y sedimentos del HLB.** Se aplicó un diseño sistematizado de 23 muestras distribuidas dentro de una malla de 36 cuadrantes con superficie homogénea y con  $k=2$  como intercalador de puntos al azar. Además, se seleccionaron tres puntos de muestreo en la planta tratadora de la sección Anáhuac, del municipio de Cuauhtémoc (agua cruda, agua después de la oxidación facultativa y agua salida para descarga en la laguna). El muestreo y análisis de agua

se realizó bajo las indicaciones de la NOM-001-SEMARNAT-1996, la NOM-003-SEMARNAT-1997, y la NOM-127-SAA1-1994. La determinación de los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua se realizó en los laboratorios certificados del SGM-Chihuahua y el laboratorio LYACSA.

**Selección de sitios para remediación de la contaminación de aguas entrantes al HLB.** Se optó por la instalación y adaptación de los siguientes dispositivos de humedales flotantes (HF) (Olguín & Sánchez-Galván, 2017) y fijos en sustrato (HF-S), así como humedales construidos de tipo biofiltro (Sáenz-Uribe, 2019): **1)** Un dispositivo mixto de humedales flotantes y fijos para mejorar y adaptar el tren de tratamiento de aguas de descarga municipal en la planta tratadora tipo Humedal de la sección de Anáhuac (PTA), que es una comunidad de unos 10,000 habitantes. **2)** Tres dispositivos de humedales construidos: uno para mejorar el agua residual (letrina) del centro integral de educación PIRE del ejido de Favela (escuela primaria y secundaria, con alrededor de 210 alumnos y maestros) y poder reutilizar el agua en los sanitarios y riego de áreas verdes de la escuela y un proyecto de vivero forestal. Un segundo para tratar el agua residual en el Sistema Lagunar de Anáhuac, para su reutilización en huertos aledaños a la planta tratadora. Finalmente, el tercero para el tratamiento del agua de una escuela mixta (mestizos, menonitas y tarahumaras) en el corredor comercial menonita. **3)** Dos dispositivos de 10 bandas de humedales y 10 islas flotantes, en las zonas de aguas mixtas entrantes en las cercanías de una zona industrial-municipal y otra de aguas mixtas entrantes de aguas de descarga municipal y de retornos agrícolas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Dispositivo de presas filtrantes.** Se construyeron 30 presas filtrantes protegidas con malla para corral de aves en el ejido Loma Pelona. El volumen total construido fue de 360 m<sup>3</sup>. Con estos dispositivos se genera la retención de sedimentos por ende reducir la erosión hídrica, la intensión es favorecer la disminución de entrada de sedimentos al cuerpo de la laguna (menos sólidos suspendidos, contaminación e intensidad de eutrofización).

**Bordos de retención de humedad (bordos a contorno) y reforestación.** Después de un marcado de curvas a nivel, se prepararon 50,000 m lineales de suelo modalidad zanja de bordo a contorno, con un bulldozer y tractor de orugas. Los bordos presentan una altura mínima de 0.5 m y al menos 2 m de ancho. Enseguida se realizó un bordeo con el paso de un Ripper, dos pasos de bordero y otro paso de Ripper aguas arriba del bordo. Sobre los bordos y el rippeo, se realizó la reforestación con ejemplares de pino piñonero (*Pinus cembroides*), con una distribución de una planta cada 3 m.

**Dispositivo mixto HF-HFT en PTA.** Se instalaron 4 bandas de humedales flotantes tipo banda (HF-B) dentro de la laguna del humedal de la PTA. Así como un humedal fijo en sustrato (HF-S) en el frente de la salida del humedal. La planta depuradora es la especie acuática *Thypha latifolia* (totora, Junco). Este dispositivo permite un flujo continuo en una distancia de 287 m de agua proveniente de la laguna facultativa (LF) de la PTA, con un caudal de ~ 17.5 l/s. El flujo laminar de los primeros 30 cm pasa a través de la zona radicular de las bandas flotantes y atraviesa con flujo superficial y profundo a través del humedal fijo de frente, antes de ser conducida a la descarga directa la Laguna de Bustillos. Los análisis preliminares del flujo de agua, muestran variación más importante en la zona de las bandas flotantes situadas aproximadamente a los 140 m, en el centro del humedal. Los dos parámetros determinados hasta el momento indican valores de clorofila-a menores después de las bandas (Figura 2), ligeramente mayores al salir del humedal y valores superiores en la entrada del humedal. En contraste, el oxígeno disuelto mostró valores menores en la banda de HF (50-40-55 mg L<sup>-1</sup>, entrada, bandas, salida respectivamente). Esto nos indica el

efecto que ya se comienza a ver en el tratamiento (remediación) del agua proveniente de la LF de la PTH.

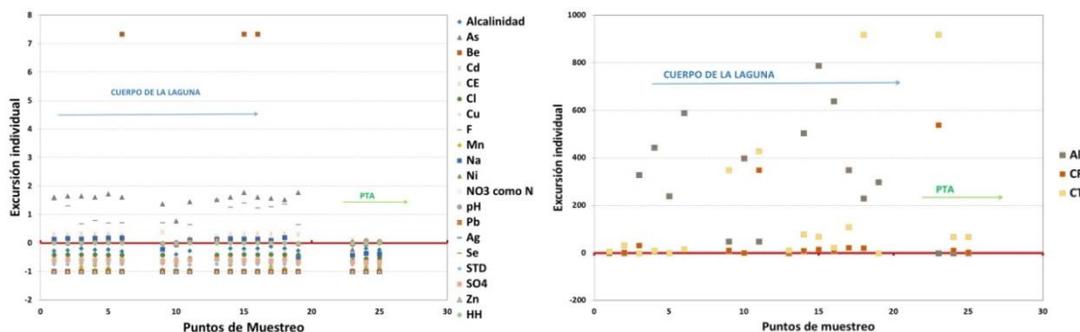


Figura 1. Valores de concentraciones por encima de los LMP (valor +) y los que no rebasan esos límites (valor -). El valor cero de la excursión separa los fallos de los normales.

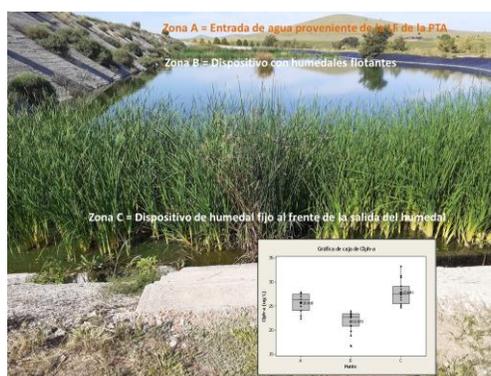


Figura 2. Dispositivo del Humedal tipo flotante y fijo en sustrato en la PTA, grafica con contenido de clorofila-a.

**Integración del grupo participativo para el manejo integral de la cuenca de Bustillos.** Durante los dos años que se llevan de desarrollo del proyecto, se ha consolidado un grupo de interesados en esta estrategia de Manejo Integrado de la Cuenca de Laguna de Bustillos (MICLB). Los representantes de los ejidos circundantes de la laguna, instituciones académicas, instituciones no gubernamentales, autoridades municipales de la sección de Anáhuac y Cuauhtémoc, Escuelas de educación básica, y media superior, Asociaciones Civiles, instancias de los tres niveles de gobierno y estudiantes de primaria, secundaria, bachillerato, licenciatura y posgrado. En seguida se nombras esas alianzas a favor del MICB a las cuales agradecemos infinitamente su entusiasmo para el desarrollo del presente estudio. Anticipadamente, ofrecemos una disculpa si involuntariamente omitimos mencionar a instituciones o individuos que nos han dado apoyo.

**FGRA, INECOL, INIFAP, Ejido Fabela, Ejido Loma Pelona, Ejido Anáhuac, Sección Cuauhtémoc, UACJ-Cuauhtémoc, UACH-Cuauhtémoc, CIMAV-Chihuahua, RISZA, PRONATURA NOROESTE, JRA-Anáhuac, JMAS-Chihuahua, CONAGUA-Chihuahua, JCAS-Chihuahua, PONDERCEL, Dirección de Ecología-Cuauhtémoc y Sección Anáhuac, Presidencia Municipal de Cuauhtémoc y Sección Anáhuac, Asociación Civil Cuauhtémoc Unido, Escuela Mixta de Cuauhtémoc (Menonitas-Mestizos y Tarahumaras), UTEP, PIRE.**

## CONCLUSIONES

Se confirma un grado de contaminación que va de ACEPTABLE en aguas entrantes, hasta MARGINADO e incluso POBRE en algunos puntos del cuerpo de agua y en agua cruda de la PTA. De los contaminantes presentes identificados en la línea base de calidad de agua, que han rebasado los límites permisibles en el cuerpo de agua del HLB, destacan los CT, CF, As, F, Be, CE, NO<sub>3</sub> principalmente. Sin embargo, se prevé que durante épocas estacionales esos rangos de concentración puedan aumentar o disminuir, lo que es señal de no poder por el momento, concluir algo definitivo. Se espera que, durante el tercer año del proyecto, a través de los talleres de consulta, de capacitación y ejercicios de integración del comité del MICLB, se alcance la meta de contar con nuevos apoyos de recursos financieros, de empoderamiento de los dispositivos de remediación de la contaminación, reforestación y protección del suelo. Se podrán determinar los efectos reales de todas las obras de mejorar la calidad de agua y algunos aspectos que nos permitirán proyectar y planear nuevas estrategias de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en la cuenca.

## LITERATURA CITADA

- Anaya-Garduño, M., García-Lagos, R. & Fernández-Lira, E. 1982. Manual de conservación del suelo y del agua. Colegio de Postgraduados. México.
- CCME. 2001. Canadian Council of Ministers of the Environment, Guide Guidelines for the Protection of Aquatic Life. CCME WATER QUALITY INDEX 1.0 User's Manual. No. 1299. ISBN 1-896997-34-1.
- CONABIO-GECH. 2014. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/ECUSBIOECH\\_2015.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/region/EEB/pdf/ECUSBIOECH_2015.pdf).
- CONAFOR. 2013. Comisión Nacional Forestal. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de Obras y Prácticas. ISBN 968-6021-19-1.
- CONAGUA. 2015. Comisión Nacional del Agua. Actualización de la Disponibilidad Media Anual de Agua en el acuífero Cuauhtémoc (0805), Estado de Chihuahua. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103566/DR\\_0805.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103566/DR_0805.pdf).
- Olguín, E.J. & Sánchez-Galván, G. 2017. Humedales flotantes: plantas y bacterias aliados en el mejoramiento de la calidad del agua. Sección "In vivo", publicada en el Diario de Xalapa.
- Rubio-Arias, H., Saucedo, R.A., Lara, C.R., Wood, K. & Jiménez, J. 2005. Water quality in the Laguna de Bustillos of Chihuahua, México. WIT Trans. Ecol. Environ. 80:155–160.
- NOM-127-SSA1-1994. Diario Oficial de La Federación. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>.
- NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de La Federación. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>.
- NOM-003-SEMARNAT-1997. Diario Oficial de La Federación. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAA-15-13.pdf>.
- Ochoa-Rivero, J.M., Reyes-Fierro, A., Peralta-Pérez, M., Zavala-Díaz de la Serna, F., Ballinas-Casarrubias, L., Salmerón, I., Héctor Rubio-Arias & Rocha-Gutiérrez, B. 2017. Levels and distribution of pollutants in the waters of an aquatic ecosystem in Northern Mexico. Int. J. Environ. Res. Public Health. 14(5):456.
- Saenz-Urbe, C.G. 2019. Humedales de tratamiento para remoción de arsénico del rechazo de un sistema de purificación de agua por ósmosis inversa. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua.





## INTRODUCCIÓN

La transformación del paisaje tiene implicaciones ecológicas (Lambin *et al.*, 2003) que son necesarias para evaluar, dado que algunas transformaciones como el desarrollo de la artificialización y la urbanización (consideramos aquí que los procesos de artificialización y urbanización están integrados en la misma clase de uso del suelo), puede afectar las áreas naturales y rurales y, en consecuencia, puede provocar una pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos.

El cambio climático también induce cambios en la biodiversidad de los ecosistemas (Hassan *et al.*, 2005; IPCC, 2014) y esos cambios serían cada vez más importantes de acuerdo con la intensidad del calentamiento climático hasta el final del siglo XXI. Este cambio climático afectara la naturaleza y estructura de los ecosistemas (composición de especies) y, al mismo tiempo, el funcionamiento de los ecosistemas.

Garbolino *et al.* (2018, 2017 y 2016) presentaron posibles impactos del cambio climático en algunas especies y estructuras de vegetación en Francia hacia 2050 y 2100. Según estas consideraciones, la conservación de la biodiversidad debe establecerse no solo en los datos observados sino también en modelos que son capaces de pronosticar los posibles cambios del nivel de biodiversidad en el territorio inducidos por el cambio climático.

El objetivo fue simular el impacto del cambio climático sobre los pastizales en el estado de Chihuahua hacia el escenario 2050.

El procedimiento para calcular la distribución ecológica potencial, consiste en encontrar las condiciones de referencia (temperaturas máximas y mínimas, precipitación, disección vertical y exposición) para el ecosistema, de acuerdo con el clima futuro. Para determinar la distribución ecológica potencial de los pastizales de acuerdo con el clima futuro, se utilizó el escenario RCP 8.5 espacializado a una resolución de 90 m para el horizonte temporal 2050. El procedimiento que utiliza CLIMPACT, para evaluar la dinámica del ecosistema en relación con el cambio climático, es modelar las condiciones óptimas de distribución potencial a partir de variables bioclimáticas y medio ambientales, las cuales se proyectan en los escenarios de cambio climático para encontrar las condiciones de referencia y de esta forma representar los cambios espaciales de distribución y finalmente observar si los cambios pueden o no dar lugar a una transformación del paisaje y, por lo tanto, si tendrán o no consecuencias para la biodiversidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque metodológico para la modelación del impacto del cambio climático sobre la biodiversidad, conlleva la generación de cuatro etapas que permiten evaluar los óptimos ecológicos que condicionan la presencia de las especies. Para lo cual, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta técnica fundamental que permite llevar a cabo los geoprocesos rasterizados.

El proceso de modelación tiene como origen la delimitación del área de estudio y la ubicación georreferenciada de la o las especies de interés en el plano territorial. Posteriormente, se seguirán las siguientes etapas:



### **Etapa 1:**

La base metodológica del análisis es la identificación de los óptimos ecológicos mediante la distribución actual de la estructura vegetativa de pastizales. Se define como óptimo ecológico a los entornos donde las especies encuentran sus condiciones ideales.

Estos óptimos serán determinados a partir de la relación de la distribución actual con diez parámetros, 7 bioclimáticos y 3 medio ambientales. La representación de las variables en el Sistema de Información Geográfica, es en formato raster y corresponden a la precipitación promedio, temperatura media, mínima y máxima de los meses enero, junio y noviembre; edafología, geología y clima. Los valores obtenidos de los parámetros antes mencionados, permitirán conocer la distribución potencial actual y futura a partir de la presencia de las condiciones esenciales la estructura vegetativa de interés.

### **Etapa 2:**

Posteriormente, la etapa de preparación de los insumos base para la modelación consiste en la obtención de los parámetros climatológicos, en un horizonte temporal futuro al año 2050. Las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP por sus siglas en inglés) según el escenario RCP 8.5 del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), se caracterizan por su forzamiento radiactivo total para el año 2050 que oscilan entre 2,6 y 8,5 w/m<sup>2</sup>, con tendencia creciente y una concentración de CO<sub>2</sub> de 936 ppm, lo que representa un aumento probable de la temperatura media del planeta de entre 1.4°C a 2.6°C hacia finales del siglo XXI.

### **Etapa 3:**

La tercera etapa consiste en la búsqueda de las condiciones óptimas ecológicas definidas con su distribución actual sobre cada uno de los rasters de las variables climáticas futuras, otorgando una calificación del 100 para aquellas que cumplen/cuentan con el rango de las condiciones óptimas para la distribución de la estructura vegetativa de pastizales.

### **Etapa 4:**

Finalmente, la determinación del porcentaje de condiciones óptimas, consiste en la suma de las variables calificadas de acuerdo a la presencia de los óptimos ecológicos para dicha estructura vegetativa. Partiendo en que el análisis tomó en cuenta 10 variables el cálculo de la sumatoria corresponderá a un valor máximo de 1,000 en los sitios en donde todas las variables coincidan es los óptimos. A partir de lo anterior se determinará el porcentaje de las condiciones óptimas encontradas, prediciendo de tal manera la probabilidad de presencia en un escenario futuro.

Esta etapa elemental permitirá proyectar en un futuro la vulnerabilidad de la estructura vegetativa ante los efectos del cambio climático a partir de tres hipótesis:

- Presión de selección
- Presión de adaptación
- Extinción local

Se considera que con menos del 80% de condiciones óptimas la estructura vegetativa o las especies, deberán realizar un esfuerzo máximo para asegurar su sobrevivencia.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente la distribución del pastizal natural en el estado tiene una ocupación de 15.20%. En el escenario 2050 de cambio climático, las condiciones óptimas para que dicha estructura se distribuya predicen que decrecerán. Lo que requerirá de estrategias efectivas de adaptación al cambio climático para conservar y expandir la extensión de los pastizales capaces de soportar la biodiversidad de la región. En otros términos, más precisos, en las áreas donde las condiciones óptimas son menores al 100%, se espera que este ecosistema y sus diversas expresiones deberán realizar un esfuerzo energético para adaptarse a los cambios ambientales, esto implica un proceso de contracción espacial, pero al mismo tiempo implicara una migración en altitud para mantener un nivel de sobrevivencia, lo que generara como consecuencia una fragmentación y un proceso de traslación geográfica.

## CONCLUSIÓN

El cambio climático actual es demasiado rápido como para permitir que todas las especies vegetales logren adaptarse a los cambios. En este trabajo, presentamos probabilidades de adaptación y umbrales de cambio en la estructura y distribución espacial del ecosistema.

## LITERATURA CITADA

- Garbolino, E.; Daniel; Hinojos Mendoza, G.; 2018. Expected Global Warming Impacts on the Spatial Distribution and Productivity for 2050 of Five Species of Trees Used in the Wood Energy Supply Chain in France. *Energies*, 11, 3372: 1-17.
- Garbolino, E.; Daniel; Hinojos Mendoza, G.; Sanseverino-Godfrin, V. 2017. Anticipating climate change effect on biomass productivity and vegetation structure of Mediterranean Forests to promote the sustainability of the wood energy supply chain. In *Proceedings of the 25th European Biomass Conference and Exhibition*, Stockholm, Sweden, 12–15 June; pp. 17–29.
- Garbolino, E.; Sanseverino-Godfrin, V.; Hinojos-Mendoza, G. 2016. Describing and predicting of the vegetation development of Corsica due to expected climate change and its impact on forest fire risk evolution. *Safety Science*, 88, 180–186.
- Hassan R., Scholes R., Ash N., 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1. Millennium Ecosystem Assessment*, Washington DC, USA.- 917p.
- IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
- Lambin EF, Turner BL; Geist HJ, Agbola SJ, Angelsen A, Bruce JW, Coomes OT, Dirzo R, Fischer G, Folke C 2003. The causes of land-use and land-cover change: moving beyond the myths, *Global Environmental Change* 11: 261–269.



## MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar los efectos EC ER y EP en el VBP lácteo bovino de Jalisco, México, entre 2005 y 2013, se utilizaron los modelos de la Economía Zootécnica señalada por Rios *et al* (6,7):

$$EC = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2005} R_{i2013} P_{i2013}} \quad \text{Ecuación 1} \quad ER = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2005} P_{i2013}} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$EP = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2005}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Los datos del número “N” de bovinos en explotación, rendimiento “R” anual por bovino (en Litros bovino<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y precios “P” de las leches de cada sistema “i” productor de leche (en MX\$ Litro<sup>-1</sup>) que alimentaron las ecuaciones 1, 2 y 3 fueron tomados de SIAP (2015). Los precios fueron deflactados a pesos constantes de 2018 con el índice de precios del Banco de México a precios productor pecuario y expresados en USD Litro<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre 2005 y 2013 el VBP (en millones de USD) lácteo aumentó 32.7%, de 569.26 a 755.68, el VBP del SC cayó 1.3% (de 117.54 a 116.01) y en SE creció 41.6% (de 451.72 a 639.67). La producción anual (en millones de litros de leche) aumentó 23%, de 1,747.35 a 2,148.86, en SC cayó 5.7% (de 311.94 a 294.12) y en SE creció 29.2% (de 1,435.41 a 1,854.74 (cuadro 2).

Si bien en ambos sistemas disminuyó el hato en términos absolutos (de 562,687 a 450,705 vacas), la caída fue más notoria en el SC, donde el hato disminuyó en 98,656 vientres (42.1%), mientras que en el SE la reducción del hato fue de solamente 13,326 bovinos (4.1%), lo que en términos relativos se reflejó en una reducción relativa del hato del SC por parte del hato del SE, ya que la composición de vacas del SE por cada vaca del SC pasó de 1.4 a 2.32 en el lapso analizado, es decir, el SC fue desplazado por el SE, no obstante la disminución del hato en términos absolutos, la producción anual creció 23%: de 1,747.35 a 2,148.74 millones de litros de leche (cuadro 2).

El desplazamiento del SC por parte del SE, se tradujo en el siguiente indicador para el EC:

$$EC = \frac{755.68}{900.61} = 0.84$$

El cual sugiere que la evolución en la proporción del hato del SC y el SE redujo 16% el VBP que pudo haberse alcanzado (USD 900.61 millones) a solo USD 755.68 millones, *ceteris paribus* la productividad y los precios.

El alza generalizada, así como para cada sistema productora señalada en el cuadro 2, que señala que en promedio ponderado la vaca lechera promedio del estado pasó de producir 3,105 a 4,768 litros leche año<sup>-1</sup>, mientras que el bovino promedio del SC aumentó 62.9% su rendimiento al elevarle desde 1,332 a 2,169 litros leche vaca<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y el SE incrementó 34.7% su productividad física (de 4,371 a 5,886 litros leche vaca<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), impactó favorablemente al VBP, ya que el indicador del ER determinado fue:

$$ER = \frac{755.68}{528.04} = 1.43$$

El indicador del ER sugiere que se elevó el VBP lácteo estatal desde USD 528.04 millones que en 2013 podrían haberse alcanzado si ese año se hubiese tenido la misma productividad física del hato

lechero existente en el año base de 2005, hasta los USD 755.68 millones realmente alcanzados, *ceteris paribus* la composición y los precios.

Los precios de la leche aumentaron generalizadamente 7.9% al ir de USD 0.326 a USD 0.352 litro<sup>-1</sup>, en el SC se tuvo mejor precio en la leche que en el SE: USD 0.394 vs USD 0.345 en 2013, y USD 0.377 vs USD 0.315 en 2005 (Cuadro 2).

El alza generalizada de los precios de la leche impactó favorablemente la economía lechera de Jalisco de acuerdo al indicador del efecto precios determinado:

$$EP = \frac{755.68}{691.83} = 1.09$$

Ya que indica que la economía bovina productora de leche incrementó la riqueza generada un 9% al elevar el VBP lácteo bovino estatal desde USD 691.83 a USD 755.68 millones realmente alcanzados, *ceteris paribus* la composición y la productividad física.

Al igual que en Jalisco, en Zacatecas (8) y Chihuahua (7) también el SC fue desplazado por el SE, pero su efecto fue diferente: en Zacatecas implicó una disminución de 37.2% al VBP, y en Chihuahua, el VBP aumentó 24.9%. Contrario a Jalisco, en Zacatecas los precios fueron decrecientes en general y Chihuahua los precios aumentaron en SC y disminuyeron en SE, originando que el VBP cayese 19.9% en Zacatecas y aumentase 15,2% en Chihuahua.

## CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1: Sistemas de producción de leche en México	
Sistema	Características
Especializado	Ganado especializado en la producción de leche; Holstein, Pardo Suizo Americano y Jersey. Tecnología altamente especializada. Se desarrolla en los estados de Durango, Coahuila, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, Chihuahua, México, San Luis Potosí, Querétaro y Baja California.
Semiespecializado	Ganado raza Holstein y Pardo Suizo, sin llegar a niveles de producción del sistema especializado. El ganado se maneja en pequeñas extensiones de terreno. El ordeño se hace manualmente. La mayoría carece de equipo propio para el enfriamiento y conservación del producto. La alimentación del ganado es de pastoreo y forrajes. Se desarrolla en Baja California, Baja California Sur, Colima, Chihuahua, Distrito Federal, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Zacatecas.
Familiar o de traspatio	Explotación de ganado en pequeñas superficies de terreno. Animales de raza Holstein, Suizo Americano y cruza de menor calidad. Nivel de tecnología bajo. Instalaciones rudimentarias, predominando ordeña manual. Alimentación basada en pastoreo. La producción es para autoconsumo y en ocasiones para venta al público. Predominan en Jalisco, Estado de México, Michoacán, Hidalgo y Sonora. En menor grado en Aguascalientes, Baja California, Coahuila, Chihuahua, Distrito Federal, Durango y Nuevo León.

Doble propósito	Desarrolla en regiones tropicales del país. Razas Cebuinas y cruza con Suizo, Holstein y Simental. El ganado produce carne o leche dependiendo de la demanda del mercado, su alimentación se basa en el pastoreo. Cuenta con instalaciones adaptadas, empleando materiales de construcción de la región. Ordeña manual. Se ubica principalmente en Chiapas, Veracruz, Guerrero, Guanajuato, Tabasco, Zacatecas, Nayarit, San Luis Potosí y Tamaulipas, aunque también se observa en otros estados.
Fuente: Elaboración propia, con base en SIAP-SAGARPA, que usa esta clasificación en México, con base en Barrera y Sánchez (2003).	

Cuadro 2: VBP (millones de USD), producción física anual (millones de litros de leche), número de bovinos en explotación, rendimiento físico por bovino (litros/vaca/año), precios reales de la leche (USD/litro) y composición del hato en el sector productor de leche bovina en el estado de Jalisco, México 2005-2013. SC= Sistema campesino, SE = Sistema empresarial

Variable	Sistema	2005	2013	Incremento (%)	TAC
VBP	SC	\$ 117.54	\$ 116.01	-1.3%	-0.1
	SE	\$ 451.72	\$ 639.67	41.6%	3.9
	Ambos	\$ 569.26	\$ 755.68	32.7%	3.2
Composición del VBP: SE/SC		\$ 3.8/\$1.0	\$ 5.5/\$1.0		
Producción	SC	311.94	294.12	-5.7%	-0.7
	SE	1,435.41	1,854.74	29.2%	2.9
	Ambos	1,747.35	2,148.86	23.0%	2.3
Composición de la producción: SE/SC		4.60	6.31		
Número de bovinos	SC	234,263	135,607	-42.1%	-5.9
	SE	328,424	315,098	-4.1%	-0.5
	Ambos	562,687	450,705	-19.9%	-2.4
Composición del hato: SE/SC		1.40	2.32		
Rendimiento por bovino	SC	1 332	2 169	62.9%	5.6
	SE	4 371	5 886	34.7%	3.4
	Promedio	3 105	4 768	53.5%	4.9
Precio real por litro de leche	SC	\$ 0.377	\$ 0.394	4.7%	0.5
	SE	\$ 0.315	\$ 0.345	9.6%	1.0
	Promedio	\$ 0.326	\$ 0.352	7.9%	0.9

Fuente: Elaboración propia, con cifras de SIAP (2015) para número de animales, producción anual y VBP nominal y el Índice Nacional de Precios Productor. VBP en millones de USD constantes de febrero de 2018. Producción en millones de litros de leche, rendimiento en Litros de leche por bovino por año y precios por litro de leche en USD,

## CONCLUSIONES

Las conclusiones particulares fueron que el VBP lácteo estatal fue creciente, el SC fue desplazado por el SE, lo que implicó un costo de oportunidad desfavorable, pues el VBP pudo haber sido en 2013 igual a USD 900.61 millones, pero ese año ascendió a solamente USD 755.68 millones, la riqueza disminuyó 16% debido al desplazamiento del SC por parte del SE. La evolución creciente de los RF del hato y los precios de las leches de SC y SE fueron los responsables del aumento en la riqueza, medida por el VBP 32.7% más elevado.

La conclusión general es que el desplazamiento del SC productor de leche por parte del SE en Jalisco, Chihuahua y Zacatecas, sugiere que el crecimiento del capitalismo en el sector lácteo, no necesariamente implica la desaparición del SC por parte del SE, el capitalismo se adapta, y en ciertas condiciones, el SC no solo no estorba su desarrollo, sino que la acumulación del capital le necesita, por lo que el capital articula al SC a su lógica de acumulación y lo subsume, restándole posibilidades de acumulación de riqueza y restringiéndole a convertirse en un simple proveedor de materia prima, la leche, para que otros sectores económicos verticalmente integrados obtengan más valor del que podrían obtener si el sistema campesino no existiese más.

### LITERATURA CITADA

- ASERCA. (2010). Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 2010. Claridades Agropecuarias. 207:34-43. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/207/ca207-34.pdf>
- Banco de México, FIRA. 1997. Elementos de análisis de las cadenas productivas. Producción de Leche. Documento técnico. México.
- Barrera, C., G. y Sánchez B., C. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria nacional e identificación de sus demandas tecnológicas: Leche. Programa Nacional Estratégico de Necesidades de investigación y de Transferencia de Tecnología. Reporte Final. Etapa Final. Guadalajara, Jalisco, México. Septiembre del 2003. Disponible en: [http://www.google.com.mx/url=http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit74.pdf&ret=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=rxxSVb75LIKyoQTct4GYDA&ved=0CBgQFjABOAO&usg=AFQjCNFgmWB-pbDEw0qnPwDLd\\_DT7XWvg](http://www.google.com.mx/url=http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit74.pdf&ret=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=rxxSVb75LIKyoQTct4GYDA&ved=0CBgQFjABOAO&usg=AFQjCNFgmWB-pbDEw0qnPwDLd_DT7XWvg) publicado en 2003. Acceso en mayo de 2015.
- CEPAL, 1986. Economía campesina y agricultura empresarial. Tipología de productores del agro mexicano. Siglo XXI editores. Tercera edición. México. Pag. 79.
- FIRA. 2014. Red de valor bovino leche en el estado de Jalisco. Disponible en <https://www.fira.gob.mx/OportunidadNeg/DetalleOportunida.jsp?Detalle=24> consultado el 05 de diciembre de 2014.
- ITESM –SEDESOL. 2005. Diagnóstico leche. Disponible en: [http://www.2006-sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1664/1/images/diagnostico\\_leche.pdf](http://www.2006-sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1664/1/images/diagnostico_leche.pdf) consultado el 02 de diciembre del 2014.
- Ríos F.J.L, Agüero V.E. Y Armendáriz E.S. 2017. Producción campesina y empresarial de leche en Chihuahua, México. Editorial Académica Española. ISBN 978-620-2-23445-0. 17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius.
- Ríos F. J.L, Navarrete M. C. y Torres M.M. 2017. Economía bovino lechera por sistemas productivos en Zacatecas, México. Editorial Académica Española. ISBN 978-659-65807-5. Bahnhofstraße 28,66111 Saarbrücken, Alemania.
- SIAP-SAGARPA. 2015. <http://raw.siap.gob.mx/raw/entrada/ingresar.php/>
- SAGAR. 1999. Situación Actual y Perspectivas de la Producción de Leche de Ganado Bovino en México, 1990-2000. México. 9-11 pp.
- SAGARPA. 2011. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 1990-2000.



## INTRODUCCIÓN

En México la producción de leche es por cuatro sistemas productores: a) Familiar (SF) b) Doble propósito (DP) c) Semi-Especializado (SSE) y d) Especializado (Se), y se ha seguido un modelo favorecedor a la producción del Sistema Empresarial “SE” (sistemas SSE y Se), en Sonora la leche es producida por el Sistema Campesino “SC” (sistemas SF y DP) y la Política Económica (PEc) ha impulsado la producción de carne, más rentable que la producción de leche, la PEc ha ido relegando a la producción láctea por su menor rentabilidad en Sonora. Es necesario evaluar el efecto de la proporción o composición entre los SE y SC, la productividad física del hato (los rendimientos por animal por año) y los precios de la leche en su impacto en el Valor Bruto de la Producción (VBP) lechero estatal. El objetivo es determinar los efectos de la variación entre 2005 y 2013 en la composición (EC) entre los sistemas empresarial (SE) y campesino (SC) productores de leche, el efecto rendimientos (ER) y el efecto precios (EP) en el VBP lácteo de Sonora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar el EC (Ecuación 1), ER (Ecuación 2) y EP (Ecuación 3) en el VBP lácteo bovino de Sonora, México, entre 2005 y 2013, se utilizaron los modelos de la Economía Zootécnica señalada por Rios, Agüero y Armendáriz (2017):

$$EC = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2005} R_{i2013} P_{i2013}} \quad \text{Ecuación 1}$$
$$ER = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2005} P_{i2013}} \quad \text{Ecuación 2}$$
$$EP = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2013}}{\sum_{i=1}^n N_{i2013} R_{i2013} P_{i2005}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Los datos del número “N” de bovinos en explotación, rendimiento “R” anual por bovino (en Litros bovino<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y precios “P” de las leches de cada sistema “i” productor de leche (en MX\$ litro<sup>-1</sup>) que alimentaron los modelos son del Sistema de Información Agropecuario y Pesquero (SIAP, 2015). Los precios fueron deflactados y expresados en USD Litro<sup>-1</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El VBP, la producción y el hato disminuyeron 9.4, 8.0 y 40.8% entre 2005 y 2013, año en que el VBP fue de 43.89 millones de USD (MUSD). El SC desplazó al SE: de 2.2 bajó a 0.9 vacas de SE por vaca de SC. El RF cayó en SC 33.3% pero se duplicó en SE, los precios de la leche cayeron 2.7% en SC y aumentaron 0.1% en SE ver cuadro 1. Lo anterior trajo los siguientes efectos: Efecto composición EC = 0.63, Efecto Rendimientos ER = 1.15 y Efecto Precios EP = 0.99, lo que sugiere que el VBP lácteo estatal disminuyó 9.4% debido al efecto conjunto del desplazamiento del SE por parte del SC así como a los precios descendentes en el SC, situación que no fue contrarrestada por la buena evolución de la productividad física del hato.

El desplazamiento del SE por parte del SC en Sonora hizo disminuir 4.57 MUSD, igual a 9.4%, el VBP lácteo estatal, fue lo contrario a lo sucedido en Chihuahua, Zacatecas y La Comarca Lagunera, regiones lecheras de México en las que el SE fue quien desplazó al SC, y su impacto fue favorable en los tres casos, pues elevó el VBP lácteo, 121% en Chihuahua (Rios, Agüero y Armendáriz, 2017), 23.7% en Zacatecas (Rios *et al* 2016, ellos no agregan por SE y SE, solo en SF, DP, SSE y

Se, que al agruparle nosotros en SC y SC se obtiene el 23.7%) y 10% en La Comarca Lagunera (Rios *et al* , 2014, de la misma manera ellos no agregan los SF, DP, SSe y SE en SC y SE).

## CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. VBP, producción física anual, número de bovinos en explotación, rendimiento físico por bovino, precios reales de la leche y composición del hato en el sector productor de leche bovina en el estado de Sonora, México 2005-2013. C= Sistema campesino, E = Sistema empresarial.

Variable	Sistema	2005	2013	Incremento (%)	TAC
VBP	C	\$ 5,80	\$ 7,54	30,1%	3,0
	E	\$ 42,66	\$ 36,35	-14,8%	-1,8
	Ambos	\$ 48,46	\$ 43,89	-9,4%	-1,1
Composición del VBP: E/C		\$ 7,4/\$1	\$ 4,8/\$1		
Producción	C	17,56	23,50	33,8%	3,3
	E	107,22	91,24	-14,9%	-1,8
	Ambos	124,78	114,74	-8,0%	-0,9
Composición de la producción: E/C		6,1L/1L	3,9L/1L		
Número de bovinos	C	21.036	21.113	0,4%	0,04
	E	46.741	18.978	-59,4%	-9,5
	Ambos	67.777	40.091	-40,8%	-5,7
Composición del hato: E/C		2,22 vacas/1vaca	0,9 vacas/1vaca		
Rendimiento por bovino	C	835	1.113	33,3%	3,2
	E	2.294	4.808	109,6%	6,6
	Promedio	1.841	2.862	55,5%	5,0
Precio real por litro de leche	C	\$ 0,330	\$ 0,321	-2,7%	-0,3
	E	\$ 0,3979	\$ 0,3984	0,1%	0,01
	Promedio	\$ 0,388	\$ 0,383	-1,5%	-0,2

Fuente: Elaboración propia, con cifras de SIAP (2015) para número de animales, producción anual y VBP nominal y el Índice Nacional de Precios Productor. VBP en millones de USD constantes de febrero de 2018, Producción en millones de litros de leche, rendimiento en L bovino año y precios por litro de leche en USD.

## CONCLUSIÓN

Como tendencia general, el capitalismo tiende a desplazar la producción campesina por parte de la gran producción industrial, no obstante, en determinadas circunstancias y regiones, como fue el caso de Sonora, el capitalismo necesita la producción campesina para sostener relativamente altos los precios de la producción y así permitir mayores tasas de ganancias en la rama en cuestión. El crecimiento del sector lácteo sonorense depende del SC, pues Sonora se especializa en producción de carne bovina rama donde el empresario invierte por su mayor rentabilidad, por lo que deben generarse matrices de Política Económica encaminadas al fomento del crecimiento del hato, mejora de precios y a elevar la baja productividad física del hato, esas Políticas Económicas (PE) deben incluir al SE, no solo al SC, asimismo la PE debe incrementar la productividad del hato y mejorar los precios de la leche.

## LITERATURA CITADA

- Barrera, C., G. y Sánchez B., C. 2003. Caracterización de la cadena agroalimentaria nacional e identificación de sus demandas tecnológicas: Leche. Programa Nacional Estratégico de Necesidades de investigación y de Transferencia de Tecnología. Reporte Final. Etapa Final. Guadalajara, Jalisco, México. Septiembre del 2003. Disponible en: [http://www.google.com.mx/url=http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit74.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=rxSVb75LIKyoQTct4GYDA&ved=0CBgQFjABOAO&usg=AFQjCNFgmWB-pbDEw0qnPwDLd\\_DT7XWvg](http://www.google.com.mx/url=http://www.cofupro.org.mx/cofupro/Publicacion/Archivos/penit74.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ei=rxSVb75LIKyoQTct4GYDA&ved=0CBgQFjABOAO&usg=AFQjCNFgmWB-pbDEw0qnPwDLd_DT7XWvg) publicado en 2003. Acceso en mayo de 2015.
- CEPAL, 1986. Economía campesina y agricultura empresarial. Tipología de productores del agro mexicano. Siglo XXI editores. Tercera edición. México. Pag. 79.
- ITESM –SEDESOL 2005. Diagnostico leche. Disponible en [http://www.2006-sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1664/1/images/diagnostico\\_leche.pdf](http://www.2006-sedesol.gob.mx/work/models/SEDESOL/Resource/1664/1/images/diagnostico_leche.pdf) consultado el 02 de diciembre del 2017.
- Rios F.J.L, Aguero V.E. Y Armendáriz E.S. 2017. Producción campesina y empresarial de leche en Chihuahua, México. Editorial Académica Española. ISBN 978-620-2-23445-0. 17 Meldrum Street, Beau Bassin 71504, Mauritius.
- Rios F. J. L., Torres M. M., Cantú B. J. E., Torres M. M. A. y Navarrete M. C. 2016. Economic analysis of the dairy cattle production systems in Zacatecas State, México. Pp 54-67. Abanico Vet 2016. 6(2) Mayo-Agosto 2016. ISSN 2007-428X, Nayarit, México.
- Rios F. J. L., Torres M. M. A., Torres M. M., Ruiz T. J. y Castro F. R. 2014. Determinants factors of growth economic of dairy sector from Comarca Lagunera. Pp. 43- . Abanico Vet 2014. 4(3) Mayo-Agosto 2016. ISSN 2007-428X, Nayarit, México.
- SIAP-SAGARPA. 2015. <http://raw.siap.gob.mx/raw/entrada/ingresar.php/>
- SAGARPA. 2011. Situación actual y perspectiva de la producción de leche de bovino en México 1990-2000.



## DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN EL ECOSISTEMA DEL PASTIZAL EN ZACATECAS, MEXICO

### DETERMINATION OF HEAVY METALS IN THE RANGE ECOSYSTEM IN ZACATECAS, MÉXICO

Daniel Rodríguez Tenorio<sup>1</sup>, Miguel Humberto Vega del Muro<sup>1</sup>, Miguel Ángel Salas Luevano<sup>1</sup>, Rómulo Bañuelos Valenzuela<sup>1</sup>, Carlos Meza López<sup>1</sup>, Ramón Gutiérrez Luna<sup>2</sup> y Lucia Delgadillo Ruiz<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Zacatecas. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Calera, V.R. Zac, México.

<sup>2</sup>INIFAP-Zacatecas. Campo Experimental Calera Zacatecas-CIRNOC-INIFAP.

#### RESUMEN

El estado de Zacatecas presenta dentro de sus principales actividades productivas la de la industria minera, la cual se ha venido desarrollando casi desde su fundación en el año 1546, esta situación ha permitido la deposición de cantidades considerables de compuestos metalíferos principalmente en los ecosistemas que se ubican en las zonas aledañas a dichas industrias. En el presente trabajo se determinó la presencia de arsénico y plomo como contaminantes de los sitios de pastoreo del ganado. El objetivo fue determinar la presencia de metales pesados (Arsénico y Plomo) en suelo y pastizal de los municipios de Guadalupe, Morelos, Vetagrande y Zacatecas, se tomaron 25 muestras tanto de pastizal como de suelo, por municipio estudiado, y los resultados se contrastaron con los reportados por la USAEPA para determinar el grado de contaminación por sitio muestreado, así como el metal de mayor prevalencia por zona agroecológica.

*Palabras clave:* Pastizal, metales pesados, arsénico, plomo.

#### ABSTRACT

The state of Zacatecas has within its main productive activities of the mining industry, which has been going on almost since its founding in 1546, this situation has led to the deposition of considerable amounts of metallic compounds mainly in the ecosystems located in the areas surrounding these industries. In this paper we set out to determine the presence of arsenic and lead as contaminants commonly places where cattle graze. The objective was to determine the presence of such contaminants in soil and pasture mainly in the municipalities of Guadalupe, Morelos and Zacatecas Vetagrande, 25 samples were taken from both pasture and soil, by municipality studied, and the results were compared with those reported by the USAEPA (United States Environmental protection Agency), to determine the extent of contamination by sample site, and the most prevalent metal by agro-ecological zone.

*Keywords:* Range, heavy metals, arsenic, lead.

#### INTRODUCCIÓN

Tierra y agua son recursos naturales preciosos de los que depende la sostenibilidad de la agricultura y la civilización de la humanidad, Por desgracia, han sido objeto de explotaciones máximas y severamente degradadas o contaminadas por las actividades antropogénicas. La contaminación incluye las fuentes puntuales como las emisiones, efluentes sólidos y la descarga de las industrias, el agotamiento y la fundición de metales y minería, y fuentes no puntuales tales como las sales solubles (natural y artificial), el uso de insecticidas/pesticidas, la eliminación de desechos

industriales y municipales en la agricultura, y uso excesivo de fertilizantes (Martínez y Rivero, 2005; Prieto *et al.*, 2009; Puga, *et al.*, 2006 y Vargas, 2005).

Cada fuente de contaminación tiene sus propios efectos dañinos a las plantas, los animales y, finalmente, la salud humana, a los que se suman los metales pesados en los suelos y las aguas son de gran preocupación debido a su persistencia en el medio ambiente y carcinogenicidad para los seres humanos. Que no puede ser destruido biológicamente pero sólo se transforma de un estado de oxidación o complejo orgánico a otro (Gaskin *et al.*, 2003).

La sostenibilidad del uso actual del suelo en los agroecosistemas puede ser evaluada con respecto a la acumulación de metales pesados en los suelos, equilibrando sus flujos de entrada y de salida. Muchos estudios apuntan al hecho de que, al ritmo actual de uso del suelo agrícola no puede ser sostenible por la acumulación de metales pesados (Keller *et al.*, 2002).

El tipo de vegetación natural que cubre los suelos de las zonas semiáridas de México es el pastizal mediano abierto, el cual es considerado como la fuente principal de alimento del ganado que se cría bajo el sistema de producción extensivo (Serrato *et al.*, 1999)

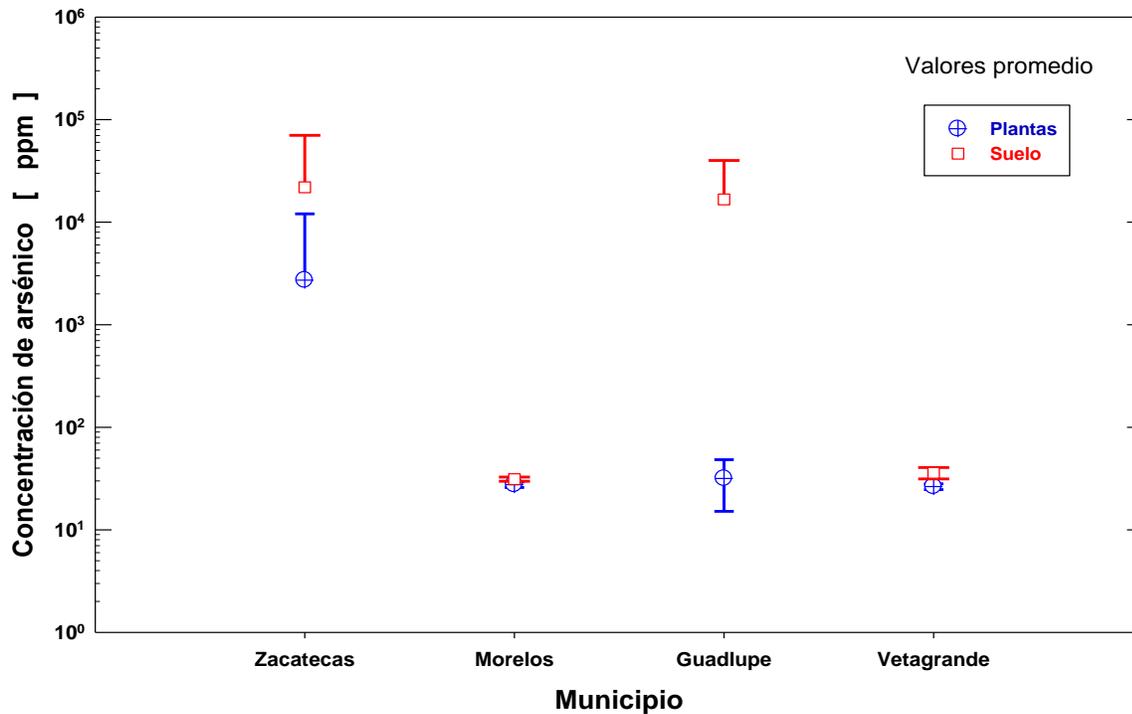
### **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se determinaron cinco transectos para cada municipio, con una distancia aproximada de un kilómetro entre uno y otro, en los cuales se tomaron muestras de suelo de 20 a 30 cms. De profundidad, las cuales fueron colocadas en bolsas de plástico y se identificaron para su transportación al laboratorio; así mismo se obtuvieron las muestras de pastizal, las que se pudieran encontrar en un espacio de  $0.50 \times 0.50$  cms. Las cuales se colocaron e identificaron en bolsas de papel para su posterior tratamiento en el laboratorio.

Las muestras se analizaron mediante la técnica Espectrometría de energía dispersa de rayos X para determinar la concentración de arsénico y plomo. Los valores de las concentraciones individuales de cada muestra se usaron para determinar el valor promedio y la desviación estándar.

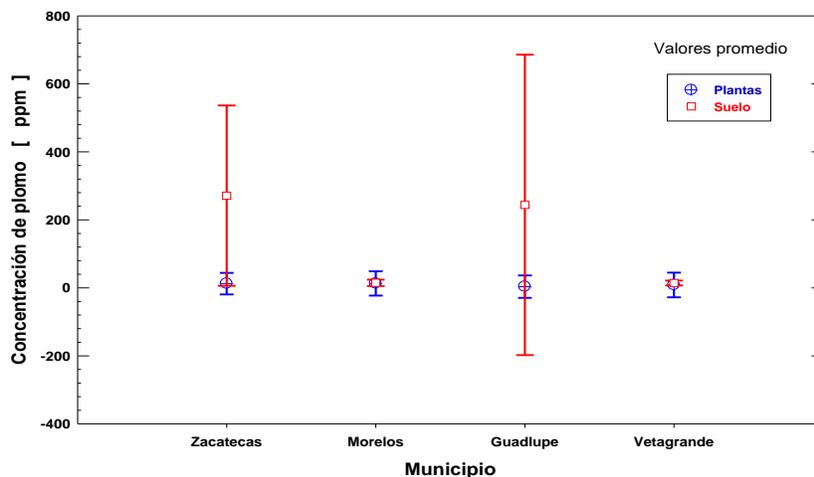
### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los datos obtenidos de cada una de las muestras se analizaron utilizando un modelo estadístico ANOVA, el cual se corrió en un programa Sigma, que nos permitió observar los sitios en los que se encontraba la mayor cantidad de Arsénico y Plomo tanto el suelo como en plantas, obteniéndose lo siguiente:



Gráfica 1: - La gráfica 1 muestra los valores promedio de arsénico en partes por millón de cada municipio presentes en Plantas y suelo.

Como podemos observar, el comportamiento en valores promedio para los municipios estudiados, refleja una diferencia considerable entre Zacatecas y Guadalupe; con respecto de Morelos y Vetagrande. Los resultados en el suelo de Zacatecas y Guadalupe tienen comportamientos muy similares, pero en los resultados para plantas Zacatecas mantiene una alta concentración.



Gráfica 2.- En la gráfica 2 se presentan los valores promedio de plomo en partes por millón de cada municipio presentes en Plantas y suelo.

Para el caso del Plomo, nuevamente volvemos a observar que los dos municipios con mayores concentraciones en promedio son zacatecas y Guadalupe, aunque en la matriz planta se observa un comportamiento muy similar para los cuatro municipios, si es evidente la mayor concentración de plomo en el municipio de Guadalupe, Zac.

Dobra *et al.*, (2006) determinaron que la contaminación por metales pesados en el medio ambiente (Suelo, Agua, Plantas y el Aire), debe ser de gran preocupación debido a su impacto potencial sobre la salud humana y la sanidad animal. Además de que no existe una correlación de la concentración de metales en suelo y el grado de tolerancia a los metales en la planta.

Rodríguez *et al.*, (2005) Determinaron altos niveles de metales pesados (Pb, Cd, Cu y Zn) por el método de absorción atómica, en leche cruda de bovinos que pastorean a las orillas de lagos y ríos contaminados con desechos industriales y aguas negras, en el Noreste del estado de Nuevo León; además de que resaltan la falta de una Normatividad en México para este efecto.

Santos-Santos *et al.*, (2006) Encontraron altas concentraciones de metales pesados como As, Pb y Hg en suelos agrícolas del municipio de Guadalupe, Zacatecas, relacionadas con las actividades mineras en los alrededores de la colonia Osiris y La Zacatecana; de acuerdo con las concentraciones recomendadas por la PROFEPA para uso agrícola, se determinó que la concentración de los contaminantes fue la siguiente: Para arsénico de 15 a 18 %; 333 a 768 % para plomo y de 82 a 892 para Mercurio. Determinaron que el ganado podría ser contaminado al consumir cultivos con estos metales pesados, y que además partículas de polvo pueden ser ingeridas o inhaladas por la población humana.

López Alonso *et al.* (2002) Determinaron que a pesar de la exposición y acumulación de elementos contaminantes (Cadmio, Plomo y Arsénico) en ganado vacuno, estos, presentan bajos niveles no considerados tóxicos, aunque si reflejan alteraciones metabólicas para los elementos esenciales (Cobre y Zinc).

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos, podemos concluir que, debido a las diferentes actividades, tanto mineras como al uso del suelo y la proximidad de los sitios con zonas urbanas, definitivamente están presentes en suelo y planta Arsénico y plomo; además, se determinó que el metal de mayor presencia es el Arsénico tanto en la matriz suelo, como en la planta, con excepción del municipio de zacatecas en el que la concentración de ambos metales es muy similar.

En México el anteproyecto de NOM (2003) señala que, para limpieza y remediación de suelos contaminados dedicados a la agricultura, ahí se señalan 20 ppm como máximo permisible. En tanto que para Plomo la USEPA, señala como rango entre 50 y 100 ppm para suelo superficial, mientras que la NOM, para limpieza y remediación de suelos contaminados dedicados a la agricultura en México, da un valor máximo de 100 ppm.

Podemos afirmar entonces, que los valores obtenidos para cada metal (As y Pb), en los sitios muestreados en este trabajo, demostraron que se excede con mucho los parámetros máximos tolerables, ya que para el caso de Arsénico el promedio fue de 702.68817 ppm en planta sucia y para suelo el promedio es de 9,650.428 ppm. En tanto que para el caso de Plomo los resultados promedio obtenidos son los siguientes: 34.19469 ppm en planta y 136.10525 ppm en suelo.

## LITERATURA CITADA

- Dobra. M., Viman. V., and Vatca. G., (2006), Contributions to The Study of Heavy Metals Concentration Variation In Sedimentable Dusts According To The Distance From The Pollution Source, *American Journal of Environmental Science* 2 (3): 92-94.
- Gaskin. W.J. Brobst. B. R., Miller. P., and Tollner. W.E., (2003). Long-Term Biosolids Application Effects on Metal Concentrations in Soil and Bermudagrass Forage. *J. Environ. Qual.* 32:146-152
- Keller, A., Abbaspour, K.C., and Schulin, R. (2002), Assessment of Uncertainty and Risk in Modeling Regional Heavy Metal Accumulation in Agricultural Soils, *J. Environ. Qual.*, 31, 175-187.
- López Alonso, M., Miranda M., Castillo C., Hernández J., Benedito J.L. (2002) Interacción entre metales tóxicos y esenciales en ganado vacuno de Galicia, España., *Rev. Toxicol.*, No. 19: pp. 69-72.
- Martínez y Rivero. C. (2005), Evaluación de diferentes métodos para determinar las fracciones de metales pesados presentes en el suelo, *Revista Ingeniería UC*. Vol. 12, No. 3 pp. 14-20
- Mc Neer. J. L., Goussetis. D.J., Sassano. A., Dolniak. B., Kroczyńska. B., Glaser. H., Altman. J.K., and Plataniás. L.C., (2010), Arsenic Trioxide-Dependent Activation of Thapsigargin- and - One Amino Acid Kinase 2 and Transforming growth Factor-  $\beta$  - Activated Kinase 1, *Molecular Pharmacology*, vol. 77, No. 5, pp. 828-835.
- Prieto, M. J., González, R.C.A., Roman, G. Alma.D., Prieto, G.F. (2009), Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua; *Tropical and Subtropical Agrosystems*, 10: 29-44.
- PROFEPA. 2000. Segundo grupo de criterios interinos de restauración de suelos contaminados con inorgánicos tóxicos (metales pesados) y otros. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. D. F.
- Puga, S., Sosa, M., Lebgue. T., Quintana. C., y Campos. A., (2006), Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera, *Ecología Aplicada* 5 (1,2).
- Rodríguez, F. H., Sánchez, A. E., Rodríguez, S. M., Vidales, C. J. A., Acuña A. K., Martínez, T. G. y Rodríguez, O. J. C. (2005). Metales Pesados en Leche Cruda de Bovino. *Revista Salud Pública y Nutrición*, No. 6 vol. 4: 1-4.
- Santos-Santos, E., Yarto-Ramirez, M., Gavilan-García, I., Castro- Díaz, J., Gavilan García, A., Rosiles, R., Suárez, S., y López-Villegas, T., (2006) Analysis of Arsenic, Lead and Mercury in Farming Areas with Mining Contaminated Soils at Zacatecas , México, *J.Mex. Chem. Sci.*, 50 (2), 57-63.
- Serrato, R.S., Valencia, C.M.C., y del Rio, F. O., (1999). Interrelaciones entre variables del suelo y de las gramíneas en el pastizal semiarido del norte de Durango, *Terra Volumen* 17 Número 1.
- Vargas. M. F. (2005). La Contaminación Ambiental como factor Determinante de la Salud. *Rev. Esp.Salud Pública*.Vol. 79, No. 2, pp. 117-127.
- Volke, S. T.; Velasco, T. J. A. y de la Rosa, P. D. 2005. Suelos Contaminados por Metales y Metaloides: Muestreo y Alternativas para su Remediación. SEMARNAT-INE. México D.F. p.141.



**Keywords:** stress, drought, blue gramma, osmotic, genotypes, mannitol.

## INTRODUCCIÓN

Una condición importante para la germinación de semillas es la disponibilidad del agua, ya que determina la imbibición y activación de procesos metabólicos (rehidratación, reparación, crecimiento celular, entre otros; Zhu *et al.*, 2014). Se han diseñado en semillas de pastos métodos para simular estrés hídrico bajo condiciones de laboratorio. Este se puede realizar a través del uso de sustratos osmóticos tales como manitol, glucosa y polietilenglicol. El pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) es una especie perenne y nativa del norte de México con buen potencial forrajero, considerada como la principal especie en importancia ganadera, debido a su valor nutritivo para el ganado y se distribuye en valles y lomeríos de pastizales medianos y amacollados (Pellant *et al.*, 2005). Sin embargo, esta especie tiene problemas de establecimiento debido a que el suelo este húmedo por al menos de 2-4 días para germinar. El objetivo fue estimar el efecto de diferentes niveles de estrés hídrico sobre la germinación de genotipos de pasto navajita, para seleccionar resistencia a sequía y facilitar establecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Se evaluaron ocho genotipos de pasto navajita: 695, 146, Ace 9.5, Cecilia, hachita, 38, Ace 17c y Ace 20c. Se utilizó manitol como agente osmótico con niveles de 0.0, -0.5, -1.0 y -1.5 MPa, los cuales fueron los tratamientos para simular el estrés hídrico. Las concentraciones de manitol fueron calculadas de acuerdo a su peso molecular ( $182.17 \text{ g mol}^{-1}$ ), con el uso de la ecuación propuesta por Vant'Hoff (Ruiz y Torenti, 2012). Para cada nivel de estrés hídrico se utilizaron cuatro cajas Petri, provistas de algodón y papel filtro para cada genotipo y nivel osmótico. Cada caja Petri fue una repetición y se depositaron 50 semillas en cada una. Las cajas Petri se colocaron a una temperatura fluctuante entre los 26 - 30 °C. Cada caja fue regada con 25 ml de la solución correspondiente. Se consideró como semilla germinada cuando la radícula o plúmula alcanzó aproximadamente los 0.5 cm. Se realizaron conteos diariamente durante la prueba de germinación (21 d). Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (%G), índice de velocidad de germinación (IVG) y longitud de radícula (LR) y longitud de plúmula (LP). El %G se obtuvo con el conteo del total de semillas germinadas en un periodo de 21 d con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Germinación} = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{total de semillas}} * 100$$

La longitud de radícula y plúmula se midieron al séptimo día del inicio de la germinación, en 12 plántulas (tres por repetición), por genotipo en cada nivel osmótico. El IVG se calculó mediante la ecuación:

$$\text{IVG} = \sum \frac{(\%SG)}{d}$$

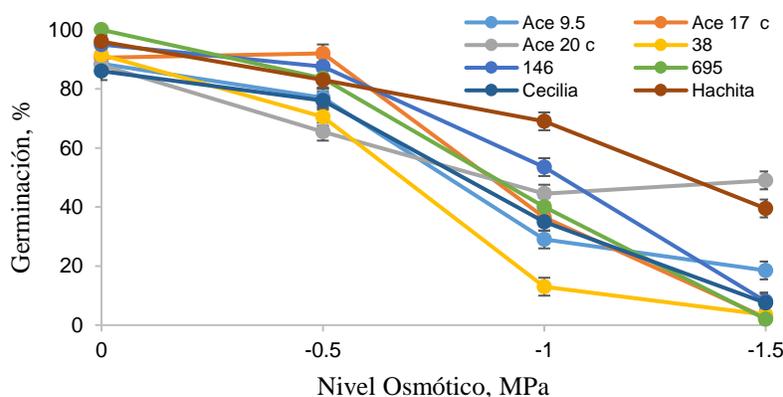
Dónde: IVG = velocidad de emergencia; %SG = porcentaje de semillas germinadas en el día, tomado como 100% al total de semillas germinadas; t = día en el que sucede la germinación.

El experimento se realizó mediante un arreglo de tratamientos factorial 8x4 (8 genotipos y 4 niveles osmóticos) en un diseño completamente al azar, quedando el modelo estadístico de la siguiente manera:  $Y_{ij} = \mu + V_i + N_j + V_i * N_j + \epsilon_{ijk}$ . Donde:  $Y_{ij}$  = variable de respuesta,  $\mu$  = media general,  $V_i$  = efecto del i-ésimo genotipo,  $N_j$  = efecto del j-ésimo nivel osmótico,  $V_i * N_j$  = efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo y el j-ésimo nivel osmótico y  $\epsilon_{ijk}$  = error experimental idéntica e independientemente distribuido de manera normal con media 0 y varianza  $\sigma^2$ .

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y comparación de medias con la prueba de comparación múltiple de medias de Fisher (LSD). Los datos de porcentaje de germinación que no cumplieron con el supuesto de normalidad necesario en el ANDEVA, por lo que se les realizó una transformación matemática de arco-seno ( $\text{seno}^{-1}$ ). Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento GLM del paquete SAS 9.1.3 (2006).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de los genotipos en los niveles osmóticos mostró diferencias ( $P < 0.001$ ) en %G. Los genotipos Ace 20 c y Hachita fueron los menos afectados por estrés osmótico, debido a que su germinación solamente disminuyó respecto al testigo 44 y 58 %, respectivamente, cuando fueron sometidos a un nivel osmótico de -1.5 MPa. La germinación del genotipo Ace 9.5 se redujo 76% en el nivel de -1.5 MPa, en comparación con el testigo. En contraste, el resto de los genotipos presentaron una reducción por encima del 90 % en el nivel de -1.5 MPa. Lo anterior sugiere que los genotipos Ace 20 c y Hachita pueden resultar resistente al estrés hídrico durante la etapa de germinación cuando se siembren en campo (Gráfica 1). En especies nativas utilizadas en programas de revegetación como pasto gigante (*Leptochloa dubia*) y banderita (*Bouteloua curtipendula*) la máxima germinación alcanzada a un nivel osmótico de -2.1 MPa fue de 17 % y 60 %, respectivamente (Álvarez *et al.*, 2017). Por otro lado, el zacate buffel (*Pennisetum ciliare*), especie introducida, puede germinar hasta en un 50 % a -2.0 MPa (Ruiz y Torenti, 2012). El pasto africano (*Eragrostis Lehmanniana*), especie invasora en pastizales del norte de México, presenta una germinación del 30 % a -1.2 MPa; sin embargo, a -1.5 MPa esta especie pierde la capacidad para germinar (Hardegree y Emmerich, 1994). Especies como *Agropyron elongatum* y *A. desertorum*, presentes en el desierto de Irán, han alcanzado hasta 56 y 45 % de germinación, respectivamente, a -1.2 MPa (Zandi y Azarnivand, 2012). Por lo anterior, la GE de los genotipos Hachita (39.5 %) y Ace 20 c (49 %) a -1.5 MPa indica que pueden tener potencial para su inclusión en programas de restauración de pastizales en zonas áridas.

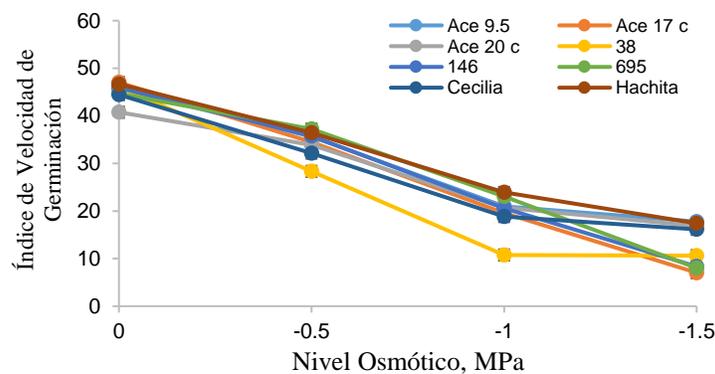


Gráfica 1. Comportamiento de la germinación de ocho genotipos de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), bajo diferentes niveles osmóticos.

El comportamiento de los genotipos en los niveles osmóticos mostró diferencias ( $P < 0.001$ ) en IVG. los genotipos Ace 20c, Ace 9.5, Hachita y Cecilia fueron los menos afectados por estrés osmótico, ya que su IVG disminuyó 58.7 %, 61.3 %, 62.3 % y 63.7 %. En contraste, el IVG del resto de los genotipos disminuyó por encima del 80% cuando fueron sometido a un nivel osmótico hasta de -1.5 MPa. Este comportamiento en el IVG de estos tres genotipos de pasto navajita, bajo diferentes

niveles osmóticos se observa en la Grafica 1. También, el genotipo Cecilia (63.7 %) presentó buen potencial en el IVG hasta la presión osmótica de -1.5 MPa. Lo anterior indica que estos genotipos germinan bien a bajos niveles de humedad en suelo (Gráfica 1). Los genotipos Ace 17 c (85.1%), 695 (82%) y 146 (81.9%) fueron los que mostraron los mayores porcentajes de disminución en el IVG, sin embargo, no mostraron diferencia ( $P>0.05$ ) cuando fueron sometido a un nivel osmótico hasta de -1.5 MPa, ya que a medida que disminuyo el potencial osmótico, se obtuvo un efecto negativo en el IVG, lo cual significa que pueden ser susceptibles a un estrés hídrico en campo. Finalmente, el genotipo 38 presento un porcentaje intermedio en la disminución del IVG (77 %) y fue estadísticamente diferente ( $P>0.05$ ) a los genotipos (Ace 20 c, Ace 9.5, Hachita y Cecilia) que conservaron los menores porcentajes de disminución en el IVG y que también, fueron sometido a un nivel osmótico hasta de -1.5 MPa (Grafica 2).

Las zonas áridas y semiáridas de México se caracterizan por presentar una precipitación errática y torrencial. En estos ecosistemas existen especies de pastos que tiene la capacidad de administrar el consumo de agua para su uso durante el proceso de germinación, sobrevivencia y establecimiento. Otro aspecto importante a considerar, es que existen especies de pastos que presentan una rápida germinación, sin embargo, esta característica o habilidad puede estar sujeta al fracaso, debido a que se puede presentar una desecación durante la etapa de plántula después de una lluvia (Abbott y Roundy, 2003). En genotipos con una alta velocidad de germinación y sometidos a niveles hídricos hasta de -1.5 MPa como fueron Ace 20 c, Ace 9.5 y Hachita, esta característica puede resultar deseable al competir con malezas anuales y beneficiar el establecimiento de estos genotipos en campo.



Gráfica 2. Comportamiento del índice de velocidad de germinación de ocho genotipos de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), bajo diferentes niveles osmóticos.

El comportamiento de los genotipos con los niveles osmóticos mostró diferencias ( $P<0.001$ ) en longitud de radícula y plúmula. La etapa de germinación de la semilla y establecimiento de la planta es importante para llegar a ser un organismo independiente. Durante este periodo la planta es susceptible a los efectos de un déficit hídrico y a daños proporcionados por depredadores. Un desarrollo normal de radícula y plúmula puede producir un periodo de establecimiento más fácil y rápido (Raven *et al.*, 1991).

Los genotipos Hachita (5.58 mm), Ace 9.5 (4.58 mm) y Ace 20 c (4.41 mm) presentaron la mayor longitud de radícula ( $P<0.05$ ) al ser sometidos a un nivel osmótico hasta de -1.5 MPa, sin embargo,

las mayores longitudes de plúmula las presentaron los genotipos Ace 9.5, Hachita y Cecilia y fueron de 3.66 mm, 3.41 mm y 3.25 mm, respectivamente. Una mayor longitud de radícula y plúmula en un genotipo es una característica importante durante la etapa de vida de un pasto, ya que le puede proporcionar mayor probabilidad para de sobrevivir durante la etapa crítica de establecimiento. Además, un genotipo con mayor desarrollo radicular proporciona mayor capacidad para absorber el agua del suelo, ya que va a lograr mayor capacidad para fijarse al suelo. La mayor longitud de radícula y plúmula obtenidos por los genotipos Hachita y Ace 9.5 les pueden dar ventaja durante la etapa de establecimiento, al compararlos con los otros genotipos. Estas características de estos dos genotipos, principalmente la mayor longitud de plúmula, podría darles mayor capacidad para realizar la fotosíntesis durante la etapa de plántula (Rodés y Collazo, 2006). La longitud de radícula en todos los genotipos se redujo ( $p < 0.05$ ) conforme disminuyó el potencial osmótico. Estos resultados son congruentes a lo reportado por Busso y Bolletta (2007), los cuales evaluaron diferencias en longitud de radícula en pastos perenne y sugieren que el crecimiento de la raíz en algunos pastos perennes, bajo condiciones limitadas de agua, puede ser menor. Además, un sistema radicular superficial de la planta le facilita un mejor aprovechamiento del agua de lluvia, cuando la precipitación es baja, lo cual se puede convertir en ventaja bajo condiciones naturales (Sala y Laurenroth, 1982). Pero la realidad que ocurre en pastizales de zonas áridas es que después de un evento de lluvia, la superficie del suelo se evapora y se seca muy rápido, lo cual se convierte en una desventaja para que la plántula logre su supervivencia.

## CONCLUSIÓN

Los genotipos que presentaron mayor capacidad y velocidad de germinación, así como longitud de radícula y plúmula fueron Hachita y Ace 20 c en todos los niveles de presión osmótica, lo cual se asume que son genotipos que pueden resistir altos niveles de estrés hídrico. Se recomienda evaluar estos mismos genotipos de pasto navajita bajo condiciones de campo en las diferentes regiones agroecológicas.

## LITERATURA CITADA

- Abbott, L. B. y B. R. Roundy. 2003. Available water influences field germination and recruitment of seeded grasses. *Journal of Range Management*. 56: 56-64.
- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, A. Melgoza-Castillo y G. Méndez-Zamora. 2017. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) bajo diferentes presiones osmóticas. *Ecosis Rec Agropecu*. 4:161-168.
- Busso, C. A. y A. I. Bolletta. 2007. Perennial grasses of different successional stages under various soil water inputs: Do they differ in root length density? *Interciencia*. 32:205-212.
- Hardegee, S. P. y W. E. Emmerich. 1994. Seed Germination Response to Polyethylene Glycol Solution Depth. *Seed Science and Technology*. 22:1-7.
- Pellant, M., P. Shaver, D. A. Pyke y J. E. Herrick. 2005. Interpreting Indicators of Rangeland Health. Version 3. Tech. Ref. 1734-6. USDI, Bureau of Land Management. Denver, CO.
- Raven, P. H., R. F. Evert y S. E. Eichhorn. 1991. *Biología de las plantas*, volumen 2. 1a ed. Editorial Reverté. S. A. Barcelona, España. 541 p.
- Rodés, G. R. y O. M. Collazo. 2006. *Manual de prácticas de fotosíntesis*, la ed. Editorial las prensas de ciencias, UNAM. México. 7 p.
- Ruiz, M. y O. Torenti. 2012. Germinación de cuatro pastos bajo condiciones de estrés salino. *Rev. Φhyton*. 81:169-176.
- Sala, O. E. y W. K. Lauenroth. 1982. Small rainfall events: an ecological role in semiarid regions. *Oec*. 53:301-304.
- SAS Institute Inc. 2006. SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Zandi, E. E. y H. Azamivand. 2012. Effect of water stress on seed germination of *Agropyron elongatum*, *Agropyron desertorum* & *Secale montanu*. *Desert*. 7:249-253.



Zhu, Y., X. Yang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, M. Dong y Z. Huang. 2014. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China. *Plant Soil*. 374:399–409.





2018, yield was 517 and 249 kg/ha, respectively. Dry matter of weed was similar ( $P>0.05$ ) between years. Establishment of sideoat grama in 2017 was good, but in 2019, dry matter production was low, that can be attributed to lack of rains

**Keywords:** sideoats grama, forage production, sustainable system.

## INTRODUCCIÓN

Zacatecas cuenta con un inventario de más de 900 mil cabezas de ganado, de este número el 90% se dedica a la explotación de carne, mientras que el resto a la producción de leche (SIAP, 2018). Estas dos cadenas son las más importantes a nivel socio-económico dentro de las unidades pecuarias del estado (Sánchez y Rumayor 2010) y se caracterizan por practicarse en más de 5.5 millones de hectáreas como producción extensiva. Las principales fuentes de alimento que se utiliza para la actividad ganadera son los forrajes que proviene de los agostaderos y tierras de cultivo. Tanto en las áreas de matorral como en las de pastizal, la producción de pastos es alrededor de 350 y 900 kg/ha, respectivamente (Echavarría *et al.*, 2006). Mientras que en las áreas de cultivo donde generalmente se produce forraje de avena y maíz, los rendimientos llegan de 3 a 5 mil kg/ha. La superficie dedicada para estos dos cultivos en el 2017 fue de 77,386 y 90,461 hectáreas, respectivamente (SIAP, 2018).

Actualmente el INIFAP en Zacatecas desarrolló un sistema de producción de forrajes de temporal donde se establecen cultivos anuales en curvas a nivel con franjas divididas por plantaciones de arbustos y nopales forrajeros. El sistema ha demostrado ser una práctica sustentable y excelente alternativa para la reconversión productiva de áreas degradadas, debido a que reduce la erosión y permite incrementar la humedad en el suelo, lo que disminuye los efectos de la sequía (Echavarría *et. al.*, 2014). Sin embargo, éste sistema solo cuenta con información de cultivos anuales dentro de las franjas, por lo que es indispensable conocer el potencial de producción con gramíneas forrajeras perennes. El objetivo del trabajo fue determinar el comportamiento productivo del pasto banderita después de tres años de establecimiento bajo el sistema de franjas a contorno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas geográficas de 102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte a una altitud de 2192 msnm. El tipo de suelo es un Kastanozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. El clima es semiárido, y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. El promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm. El estudio se llevó a cabo en tres franjas de 4.56 m de ancho y 300 m de largo, limitadas en las orillas con chamizo y sotol. La siembra se realizó en agosto del 2017 bajo condiciones de temporal con la especie de pasto banderita, variedad Vaughn de la compañía Curtis and Curtis, la densidad fue de 19 kg/ha. Las mediciones comenzaron a partir del 2018 tomando como referencia el estadio de desarrollo en floración. En cada franja se realizaron dos muestreos con un cuadrante de 1 m<sup>2</sup> lanzado al azar, que desde ese momento se quedaron fijas estacas como referencia para las mediciones del año 2019. Las variables a medir que se tomaron dentro del cuadrante fueron; altura del forraje, se seleccionaron eligiendo al azar tres plantas de banderilla y se midió con una regla desde el suelo

hasta la parte más alta del forraje. Número de plantas, se identificaron y contabilizaron únicamente las de banderita. Diámetro de macollo, con un vernier se midió el ancho y largo de tres macollos tomados al azar. Producción de materia seca de forraje de banderita (MSB) se determinó cortando las plantas de navajita a 5 cm del suelo. Producción de materia seca de malezas (MSM), se cortó el resto de las especies vegetales que se encontraban en el cuadrante. Para MSN y MSM se depositaron en una bolsa de papel y se sometieron en una estufa a 55°C durante 72 hrs. Los datos fueron analizados con el paquete Minitab 17 mediante una “t” para detectar las diferencias de variables entre años.

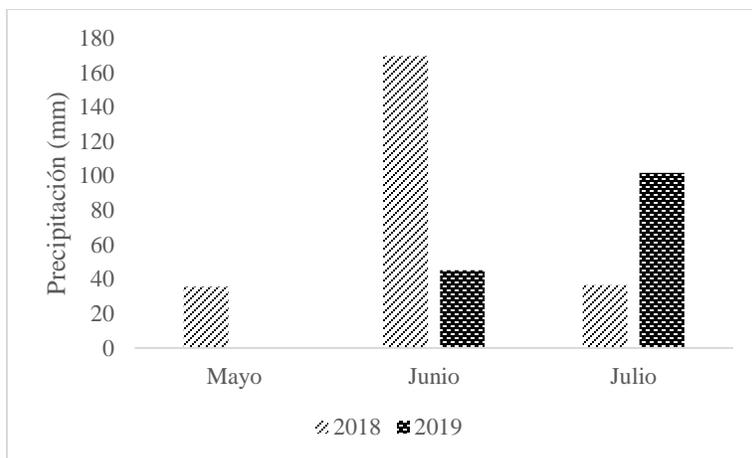


Figura 1. Distribución de la precipitación (mm) durante los meses de mayo a junio, registrados en la estación meteorológica ubicada dentro del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de plantas de banderita establecidas dentro de las franjas fue igual ( $P>0.05$ ) entre los años, se determinó una densidad de 110,000 a 140,000 plantas por hectárea. El porte de las plantas fue estadísticamente mayor en el 2018 con una altura de 23.8 cm, mientras que el 2019 fue 9.6 cm. El diámetro de macollo no presentó diferencias estadísticas, se observaron áreas de 20.6 a 32.6 cm<sup>2</sup>. En la producción de materia seca de pasto banderita, el 2018 reportó 517 kg/ha, mayor ( $P<0.05$ ) al 2019 con 249 kg/ha. En la producción de materia seca de malezas no se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ), se presentaron rangos desde 475 hasta 839 kg/ha (Figura 2). En número de plantas de éste estudio demuestra demasiada densidad de población, ya que Rubio *et al.*, (2015) reportaron desde 13 hasta 25 plantas por hectárea con alrededor de 6 kg de semilla por hectárea. La alta densidad se atribuye que no se realizó un ajuste de semilla pura viable. Los resultados del 2018 coinciden con los rangos obtenidos (de 13 a 29 cm) en un estudio de caracterización de 117 ecotipos (Morales *et al.*, 2007). En el rendimiento de forraje de banderita, los resultados se asemejan a los reportados por Gutiérrez *et al.*, (2007) donde muestrearon 17 sitios de Zacatecas y encontraron rangos de 44.3 a 71.6 gramos de materia seca por metro cuadrado.

Los resultados anteriores se pudieran atribuir al comportamiento de las lluvias, en el 2018 se consideró un año normal, las lluvias comenzaron en mayo (35.6 mm) y para julio se tenían registrado en total 241 mm, mientras que en el 2019 las lluvias comenzaron a mediados de junio y para julio se había registrado 147mm (Medina *et al.*, 2019).

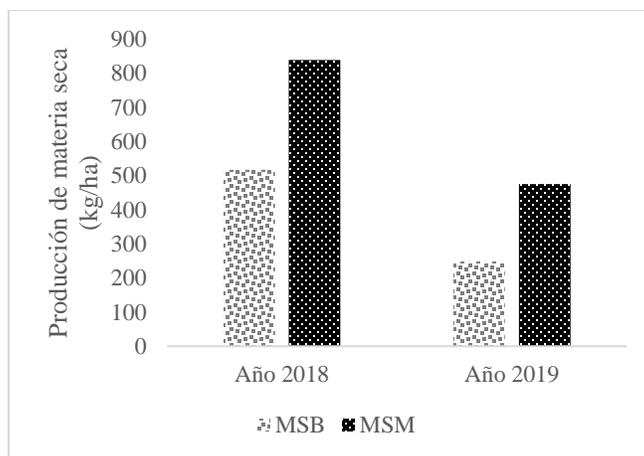


Figura 2. Producción de materia seca de pasto banderita (MSB) y de malezas (MSM) determinadas en un sistema de franjas al contorno establecidas en el 2017 en Zacatecas.

## CONCLUSIONES

A pesar de lograr un buen establecimiento del pasto banderita en el año de siembra, el presente estudio demostró una alta densidad de plantas por hectárea, las cuales se han mantenido a pesar de la sequía del 2019. En el forraje de banderita se encontró una baja producción en el 2019. Lo anterior se pudiera atribuir a que el año 2019 fue seco, sin embargo, se recomienda continuar con el monitoreo de plantas en años futuros con la finalidad de encontrar la estabilidad del potencial de producción.

## LITERATURA CITADA

- Echavarría, C.F.G., Gutiérrez, L.R., et al. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido zacatecano. I Vegetación nativa. Tec. Pecu. Mex.;44(2):203-217.
- Echavarría, C.F.G. Serna, P.A., et al. 2014. Sistema de producción de forraje de temporal una opción para la reconversión productiva. Folleto técnico No. 53. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP
- Gutierrez, L.R., Medina, G.G., y Amador, R.M. 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas (tercer trimestre). Calera, Zacatecas, México: Folleto técnico No. 41 Campo Experimental Zacatecas. p.15
- Medina, G.G., Casas, F. I., González, G.M., Corrales, S.A. y González, J.L. 2019. Reporte agroclimatológico julio del 2019. Campo Experimental Zacatecas. Folleto informativo No. 189
- Morales, N.C., Quero, C.A. Pérez, P.J., Hernández, G. A., y Le, B.O. 2007. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) en México. Agrociencia 42:767-775.
- Rubio, A.F., Villanueva, A.F., y Morales, N.C. 2015. Comportamiento agronómico del pasto banderilla (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) en el altiplano de Zacatecas. Calera, Zacatecas, México. Campo Experimental Zacatecas. p. 129-131
- Sánchez, T.B., y Rumayor, R.A. 2010. Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en Zacatecas: identificación de las cadenas productivas relevantes. Calera, Zacatecas, México. Campo Experimental Zacatecas. Publicación especial No.18. pp 13-16.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola 2018.



the rain season was drought, was possible to identify a ecotype B-686 as alternative for rehabilitation programs.

**Keywords:** sideoats grama, elite ecotypes, sowing.

## INTRODUCCIÓN

En México, se destinan alrededor de 110 millones de hectáreas a la actividad ganadera, que representan el 56 por ciento del territorio nacional. Comprenden al mismo tiempo, 1.4 millones de ranchos, corrales de engorda, empresas integrales y otras unidades económicas dedicadas principalmente a la producción de ganado bovino cuya población en 2016 fue de 33,779,290 cabezas. También se cuenta con 8.8 y 8.7 millones de cabezas de ovinos y caprinos, respectivamente, además de otras especies animales como los equinos y fauna silvestre que de una u otra forma consumen el forraje que se produce en los agostaderos y praderas del país. (SIAP, 2016).

La producción total de forraje anual en nuestro país es de 192.6 millones de toneladas de materia seca. En términos generales el 29% de la producción forrajera nacional se produce en agostaderos. En la actualidad las zonas de árido y semiárido de México presentan un proceso avanzado de erosión, contaminación y pérdida de la biodiversidad, ocasionados principalmente por la aplicación inadecuada de prácticas de manejo del recurso vegetal natural, la sobreexplotación de los recursos y el sobrepastoreo de los animales. Por lo que, en estas áreas una de las alternativas para continuar practicando la ganadería es la rehabilitación de las áreas de pastoreo. En México la mayor parte de la semilla de especies utilizadas en rehabilitación de pastizales se importa, lo cual incrementa los costos y dificulta la implementación de esta práctica. Además, el uso de semilla importada provoca que se utilicen genotipos extranjeros no adaptados a las condiciones locales, lo que disminuye la probabilidad de éxito de los programas de restauración. Por lo anterior, es de suma importancia que se generen variedades a partir de genotipos adaptados a las condiciones locales. El INIFAP en los últimos años ha estado llevando a cabo colectas y caracterización morfológica de poblaciones de pastos nativos como la banderita (Morales *et al.*, 2007; Rubio *et al.*, 2015), y a la fecha cuenta con información de materiales con características de buen potencial forrajero, sin embargo, se desconoce la capacidad de establecimiento bajo condiciones de temporal. El objetivo del trabajo fue determinar la capacidad de establecimiento de nueve ecotipos de pasto banderita bajo condiciones de temporal 2019 en Zacatecas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas geográficas de 102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte a una altitud de 2192 msnm. El tipo de suelo es un Kastanozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. El clima es semiárido, y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. El promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm. Los ecotipos que se utilizaron fueron B-31, B-508, B-542, B-689, 31-C, B-1-S, 21-C y como testigos la variedad Diana y Vaughn, las procedencias de éstas variedades son nacional y extranjera, respectivamente. La densidad de siembra se realizó mediante un ajuste por cada ecotipo, considerando porcentaje de germinación, pureza y

semilla pura viable (Cuadro 1). Se seleccionó un lote donde en los últimos cinco años se sembró maíz y frijol, las plantas más cercanas de banderita se encontraron a 150 m de distancia. La fecha de siembra fue el 2 de agosto del 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. La unidad experimental constó de parcelas de 3 m de largo por 4 m de ancho. La variable a medir fue la cantidad de plantas emergidas después de 27 días de la siembra. Para ello, se contabilizaron todas las plantas que estaban dentro de la unidad experimental con las características de tallo morado y con vellosidad. Los datos fueron analizados con el paquete Minitab 17 mediante una “diseño de bloques al azar” para detectar las diferencias entre ecotipos se utilizó una probabilidad mayor al 95%

Cuadro 1. Germinación, pureza, semilla pura viable y semilla ajustada para las siembras de ecotipos en Zacatecas.

Ecotipo	Germinación (%)	Pureza (%)	SPV (%)	Semilla para 12 m <sup>2</sup> (gr)
B-31	18	97.9	17.6	34.1
B-508	12.7	97.2	12.3	48.8
B-592	23.3	98.2	22.9	26.2
B-689	18	94.9	17.1	35.1
ACE-31C	5.3	94.1	5	119.6
B 1-5	16.7	94.3	15.7	38.2
21-C	12	93.9	11.3	53.2
Diana	12.7	94.4	12	50.2
Vaughn	6	94.6	5.7	105.7

SPV=Semilla pura viable

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación registrada durante el establecimiento hasta el día del conteo de plantas fue de 99 mm. Para le emergencia de planas se presentaron diferencias estadísticas ( $P < 0.05$ ) entre los ecotipos, sobresaliendo el ecotipo B-689 con 66 plantas en los 12 m<sup>2</sup>, mientras que los testigos Diana y Vaughn presentaron las más bajas emergencias ( $P > 0.05$ ) con 28 y 10 plantas, respectivamente. Estos resultados difieren a los de Álvarez et. al., (2017a), ya que mencionan, que en diferentes niveles de presión osmótica, B-592 y Vaughn tuvieron mayor porcentaje de germinación que B-689. Sin embargo, en un ensayo de análisis de crecimiento bajo condiciones controladas, B689 reporta la mayor cantidad de biomasa acumulada, comparada con B-592 y Vaughn (Álvarez et al., 2017b).

Considerando los reportes de este último estudio y tomando en cuenta que nuestro experimento no fue bajo condiciones controladas y que se estableció en un año considerado seco debido a la tardía baja y tardía presencia de lluvias, el ecotipo B-686 promete tener potencial forrajero y sobre todo ser una buena alternativa para las áreas donde urge estables programas de rehabilitación. Por otro lado, es importante continuar con el monitoreo en campo a través del año y durante los próximos dos para lograr observar la estabilidad de la sobrevivencia, ya que pueden existir factores climáticos como sequía, heladas, también plagas o enfermedades que puedan causar mortandad.

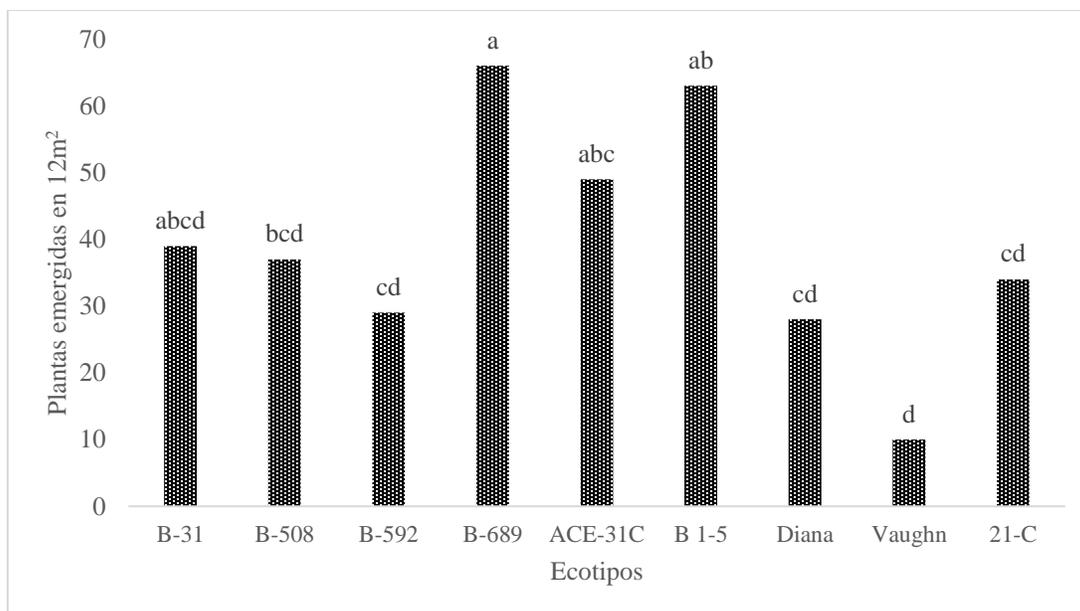


Figura 1. Emergencia de plántulas de ecotipos de pasto banderita sembrados bajo condiciones del temporal en el 2019 en Zacatecas.

### CONCLUSIONES

Se concluye que a pesar de que el ciclo de temporal 2019 en Zacatecas fue considerado como año seco, se logró identificar al ecotipo 689 como una alternativa para programas de rehabilitación de agostadero. Sin embargo, es importante continuar el monitoreo de la emergencia y realizar estudios de producción y calidad de forraje.

### LITERATURA CITADA

- Álvarez, H.A., Morales, N.C., Corrales, L.R., Melgoza, C.A., y Mendez, Z.G. 2017a. Germinación de genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) bajo difetentes presiones osmóticas. *Ecosist. Recur. Agropec.* 4(10): 161-168.
- Álvarez, H.A., Morales, N.C., Corrales, L.R., Sierra, T.S., Villareal, G.F. 2017b. Ánlasis del crecimiento de cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) bajo condiciones de invernadero. *Tecnociencia* 11(1): 25-32.
- Morales, N.C., Quero, C.A. Pérez, P.J., Hernández, G. A., y Le, B.O. 2007. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) en México. *Agrociencia* 42:767-775.
- Rubio, A.F., Villanueva, A.F., y Morales, N.C. 2015. Comportamiento agronómico del pasto banderilla (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr) en el altiplano de Zacatecas. *Calera, Zacatecas, México. Campo Experimental Zacatecas.* p. 129-131
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesqueta (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola 2018.

# EFICIENCIA DEL RIEGO POR GOTEO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA PARA EL CLIMA ÁRIDO DE MÉXICO

## DRIP IRRIGATION EFFICIENCY IN ALFALFA PRODUCTION FOR ARID CLIMATE IN MÉXICO

Ricardo A. Sánchez Gutiérrez<sup>1\*</sup>, Miguel Servín Palestina<sup>1</sup>, José Carlos Luna Salas<sup>2</sup>, Manuel Reveles Hernández<sup>1</sup>, Alejandro Espinoza Canales<sup>3</sup>, Héctor Gutiérrez Bañuelos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México. <sup>2</sup>Brigada de Educación para el desarrollo Rural, No 46, Río Florido, Fresnillo, Zacatecas. <sup>3</sup>Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. <sup>4</sup>Unidad Académica de Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas \*Email:rasanchez.gutierrez@gmail.com

### RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia del uso del agua mediante la reducción del 20% del agua de riego, tomando como referencia la demanda de evapotranspiración del cultivo de alfalfa. El estudio se llevó a cabo bajo un sistema de riego con cintilla sub-superficial. Los tratamientos fueron T1= aplicación del 100% del agua en base a la demanda de evapotranspiración y T2= solo el 80%. Las variables fueron: producción de forraje seco (FS), proteína cruda (PC) eficiencia de agua en la proteína cruda (EPC) productividad del agua (PA), lámina de agua (LA), horas de riego (HR) y costo de riego (CR). Las horas de riego fueron 17.4 para T1, mientras que para T2 fue de 12.06 hrs, por lo tanto, la lámina de agua de T1 fue 161.5 mm y T2 115.5 mm. El costo por horas de riego para T1 fue \$436.9 y T2 \$301.7. Respecto al FS no se encontraron diferencias ( $P>0.05$ ) los rangos observados fueron desde 4.3 a 4.4 ton FS/corte. En la PA el T1 reportó 2.1 Kg Fs/m<sup>3</sup> de agua, y T2 fue 2.3 Kg de Fs/m<sup>3</sup> de agua. La proteína cruda fue similar ( $P>0.05$ ), oscilo desde 19.5 hasta 20.5%. Para la eficiencia del agua en la proteína cruda el T1 reportó 0.84 y T2 0.91 Kg de PC/m<sup>3</sup>. El cubrir el 80% de la demanda con riego por cintilla enterrada, logró disminuir la cantidad de agua aplicada y costos de riego, sin afectar el rendimiento y la calidad del forraje.

**Palabras clave:** Productividad del agua, costos de producción, proteína cruda.

### ABSTRACT

The objective was to evaluate the water use efficiency reducing 20% of water irrigation, taking as reference demand of evapotranspiration in alfalfa. The study was carried out under a drip irrigation subsurface system. The treatments were T1= water application of 100% basing of demand of evapotranspiration and T2= just 80% of demand. The measures were: forage yield (FS), crude protein (PC), water efficiency of crude protein (EPC), water productivity (PA), irrigation depth (LA), hours of water (HR), cost of irrigation (CR). The hours of irrigation was 17.4 for T1, while T2 was 12.06 hrs, therefore, irrigation depth was for T1 161.5 mm and for T2 was 115 mm. Cost for irrigation time was \$436.9 and \$301.4 for T1 y T2 respectively. In forage yield treatments don't showed differences ( $P>0.05$ ), the ranges observed were from 4.3 to 4.4 ton FS/cut. Water productivity in T1 report 2.1 kg FS/m<sup>3</sup> of water, and for T2 was 2.3 kg FS/m<sup>3</sup> of water. Crude protein was similar between ( $P>0.05$ ) treatments ranges observed were from 19.5 to 20.5%. Water efficiency of crude protein in T1 was 0.84 and T2 was 0.91 kg PC/m<sup>3</sup>. Covering 80% of demand

with drip irrigation subsurface, is possible to reduce the amount of water applied and irrigation costs, without affecting the yield and quality of the forage.

**Keywords:** Water productivity, production cost, crude protein.

## INTRODUCCIÓN

La carne y leche son unas de las cadenas de valor que provienen de la ganadería extensiva e intensiva que se desarrollan en las zonas áridas de México. En éstos sistemas de producción la principal fuente de alimentación son los forrajes provenientes de los agostaderos o tierras de cultivo. Actualmente en la ganadería extensiva están ocurriendo condiciones adversas derivadas de factores ambientales que en ocasión se llega a por lo menos ocho meses de sequía, lo que causa disminución de parámetros productivos. Ante esta situación, es necesario implementar estrategias que disminuyan los efectos del periodo de sequía, una de las principales acciones que Jiménez *et al.*, (2015) recomiendan el ajuste de carga animal. Otro es un plan de suplementación y complementación de alimento que satisfaga los requerimientos proteicos y energéticos de acuerdo a las etapas fisiológicas y de producción del ganado (Gutiérrez *et al.*, 2012). Como alternativa al anterior requerimiento, algunos productores optan por establecer áreas de cultivo para la producción de forrajes con características proteicas, lo que se conoce como “Bancos de proteína”. La alfalfa es la leguminosa que más se siembra en zonas áridas y la producción se lleva bajo condiciones de riego, mediante melgas con agua proveniente de pozo. Tomando en cuenta que la alfalfa es uno de los cultivos con una demanda alrededor de 15,000 m<sup>3</sup> (Moreno *et al.*), y aunado al sistema de riego por melgas, lo hace ser una de las especies con baja la productividad del agua, kg de Ms/m<sup>3</sup> de agua de riego aplicada. Por lo tanto, la tendencia hacia mejorar la productividad del agua en alfalfa es la implementación de tecnologías que logren una mayor eficiencia, una de ellas es el riego por goteo sub-superficial o enterrada (Sánchez *et al.*, 2017). Actualmente en Zacatecas se recomienda manejar el sistema de riego por goteo basado en cubrir el 100% de la demanda de evapotranspiración con la finalidad de llegar a la mejor eficiencia del recurso agua. Sin embargo, se desconocen las pérdidas que ocasionaría una reducción de la demanda evapotranspirativa. El objetivo del trabajo fue evaluar la eficiencia del uso del agua mediante la reducción del 20% del agua de riego, tomando como referencia la demanda de evapotranspiración del cultivo de alfalfa en Zacatecas

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en terrenos del INIFAP Campo Experimental Zacatecas, ubicado a 22° 54' N y 102° 39' O y una altitud media de 2,197 msnm. El tipo de suelo es un Kastanozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. El clima es semiárido, y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. El promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm. El estudio se llevó a cabo en el 2018 en una parcela establecida desde el 2015 con la variedad CUF bajo un sistema de riego sub-superficial con cintilla auto-compensada calibre 8 mil enterrada a 20 cm de profundidad del suelo y a 40 cm de separación entre líneas regantes, el espacio entre emisores fue de 20 cm con un gasto de 1 lph. La parcela desde el establecimiento se dividió en lotes con la finalidad de tener un control del agua aplicada. Los tratamientos a evaluar fueron T1= aplicación del 100% del agua en base a la demanda de evapotranspiración y T2 aplicación del 80% del agua en base la demanda de evapotranspiración.

Para ambos riegos se realizó una frecuencia de 3 días utilizando la metodología de tanque evaporímetro tipo A descrito en el capítulo 4 de manual N° 56 de la FAO (1996). El tanque evaporímetro de donde se obtuvieron los datos de evaporación se encontraba a 600 m. El muestro por corte (3) se llevó a cabo con un cuadrante de 1m<sup>2</sup> lanzado al azar y tres repeticiones por cada tratamiento. Las variables a medir fueron: producción de forraje seco (FS), contenido de proteína cruda (PC) eficiencia de agua en la proteína cruda (EPC) productividad del agua (PA), lámina de agua (LA), horas de riego (HR) y costo de riego (CR). El FS se calculó a partir de la producción de forraje verde de las parcelas y el porcentaje de materia seca de las muestras. En la parcela se estimó la producción de forraje verde y se obtuvo una muestra de 0.5 kg en peso verde para llevarlas a una estufa a 60<sup>0</sup>C hasta que llegar a peso constante y así determinar el porcentaje de materia seca. Las muestras con las que se determinó la materia seca fueron procesadas en un molino Willy con criba de un mm. Posteriormente se determinó PC mediante el método de Dumas por combustión (AOAC, 1996). Para obtener PA se dividió la producción de forraje seco entre la lámina de riego aplicada. Para EPC se dividió la producción de materia seca por kilogramos de proteína cruda dividida con la lámina de riego aplicada. Para los costos de riego se consideró el precio de \$600 por cada 24 hrs. Los análisis estadísticos únicamente fueron para FS y PC mediante un análisis de varianza utilizando el procedimiento “Proc GLM” del paquete estadístico SAS (2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio de horas de riego en los tres cortes de alfalfa para el tratamiento donde se aplicó agua por medio de cintilla enterrada para cubrir el 100% (T1) de la demanda de evapotranspiración fue 17.4, mientras que para el tratamiento donde se cubrió solo el 80% (T2) de la demanda de evapotranspiración fue de 12.06 hrs. Por lo tanto, la lámina de agua aplicada para T1 fue 161.5 mm y T2 115.5 mm. El costo por horas de riego en T1 fue \$437 y para T2 \$302. Respecto a la producción FS no se encontraron diferencias estadísticas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, los rangos observados fueron desde 4.3 a 4.4 ton FS/corte. En la PA el T1 reportó 2.1 y T2 con 2.3 Kg de FS/m<sup>3</sup> de agua. La proteína cruda fue similar ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos, oscilo desde 19.5 hasta 20.5%. Para la eficiencia del agua en la proteína cruda el T1 fue de 0.84 y T2 de 0.91 Kg de PC/m<sup>3</sup>. Con el 80% de la demanda cubierta por el riego para el cultivo de alfalfa, se observó un ahorro del 29.4, 22.5 y 22.4% en la lámina aplicada, horas de riego y costo de riego, respectivamente. Lo anterior sin afectar significativamente la producción de forraje seco y proteína cruda. Tanto en la productividad del agua, como en la eficiencia de la proteína cruda, se logró aumentar más del 6% (Figura1). La reducción del casi 30% del agua aplicada es una buena alternativa para empezar a manejar el cultivo de alfalfa en los sistemas de riego por cintilla enterrada, ya que tiende a disminuir la presión hacia los mantos acuíferos.

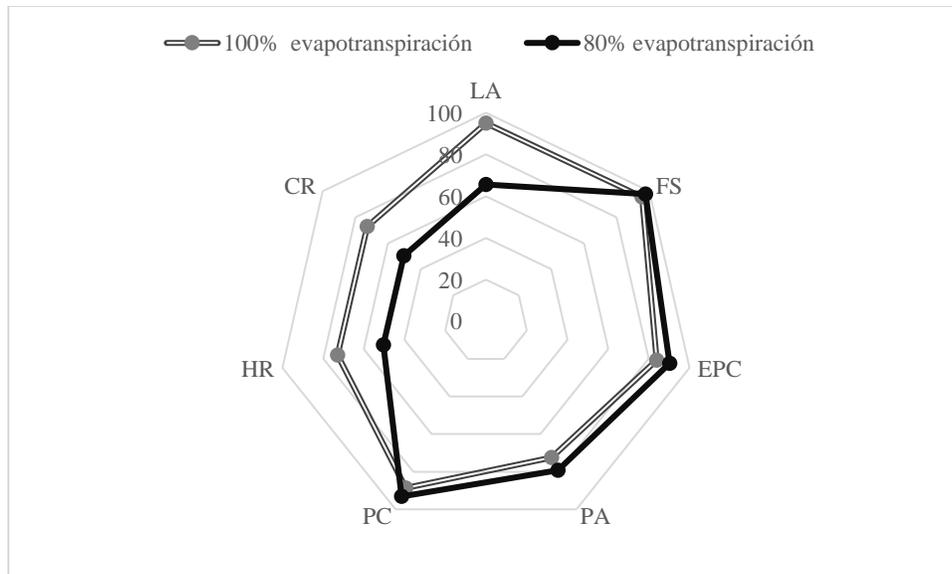


Figura 1. Diagrama radial de variables para evaluar mediante porcentaje la eficiencia de riego por cintilla para cubrir la demanda de 100% y 80 % de la evapotranspiración en alfalfa.

### CONCLUSIONES

El cubrir el 80% de la demanda de evapotranspiración en el cultivo de alfalfa con riego por cintilla enterrada, se logró disminuir la cantidad de agua aplicada y costos de riego, sin afectar el rendimiento de forraje seco y la cantidad de proteína cruda, por lo que con éste manejo se logran mejores eficiencias en el uso del agua.

### LITERATURA CITADA

- AOAC. 1996 Official Methods of Analysis. 16th ed Assoc. Off Anal Chem, Arlington, VA.
- Gutiérrez, B.H., Aguirre, C.C., Ibarra, F.J., González, C.F., Gutiérrez, L.R., y Martínez, T.G. 2012. Alimentación y manejo de bovinos en agostadero durante épocas de sequía. Calera, Zacatecas, México. Campo Experimental Zacatecas. Folleto técnico No. 45 p22
- Jimenez, O.R., Domínguez, M.P., Galindo, V.C., y Pereda, S.M. 2015. Sistema de producción vaca-becerro en Durango. Durango, Durango, México. Campo Experimental Valle de Guadiana. Folleto para productores No 29. p 3
- Sánchez, G.R., Servín, P.M., Gutiérrez, B.H., y Serna, P.A. 2017. Eficiencia en el uso del agua de variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) con sistema de riego subsuperficial. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 8(4): 429-435.
- SAS. 2011. User Guide. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. versión 9.1.



## RESPUESTA DE LAS ISLAS DE FERTILIDAD A LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO EN EL NORESTE DE MEXICO

### FERTILITY ISLANDS RESPONSE TO GRAZING EXCLUSION IN NORTHEASTERN OF MEXICO

J. E. Segura-Carmona <sup>1</sup>, H. Bernal-Barragán<sup>1</sup>, H. Ibarra-Gil<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía , Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco Villa S/N, Hacienda el Canadá, 66050  
Gral. Escobedo, N.L. [emmanuel-segura@hotmail.com](mailto:emmanuel-segura@hotmail.com)

#### RESUMEN

Una de las funciones que realizan los arbustos en ecosistemas semiáridos, es la acumulación de partículas finas y mantillo, que incrementan los depósitos de materia orgánica, y nitrógeno en el suelo, a este efecto se le llama isla de fertilidad. Se analizó el efecto de islas de fertilidad en terrenos dominados por *Prosopis glandulosa* y *Suaeda palmeri* en un experimento llevado a cabo en octubre del 2015. Las muestras de suelo fueron colectadas tanto debajo de los arbustos, así como entre arbustos, para dos tipos (tratamientos) de manejo 1.- pastoreo continuo, y 2.- 10 años de exclusión del pastoreo. Se utilizó un modelo completamente al azar y comparación de medias por el método de *Tukey* para determinar el efecto de los 4 tratamientos (dos posiciones de muestras, y dos niveles de pastoreo) sobre la densidad aparente del suelo, contenido de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo disponible. La densidad aparente del suelo fue mayor para la posición entre arbustos que debajo de los arbustos en ambos tratamientos ( $p < 0.05$ ). Los contenidos de carbono y nitrógeno fueron mayores en las muestras colectadas debajo de arbustos que entre arbustos, tanto en el pastoreo como en la exclusión ( $p < 0.05$ ). Los depósitos de fósforo disponible fueron mayores debajo de los arbustos en exclusión, y menores entre arbustos en pastoreo. En conclusión, la densidad aparente del suelo fue menor en la exclusión comparada con el área pastoreada, y fue menor bajo arbustos que entre arbustos. La exclusión del pastoreo por diez años, incrementó las concentraciones de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo disponible en muestras de suelo colectadas bajo los arbustos en exclusión.

**Palabras clave:** Isla de fertilidad, bajo y entre arbustos, exclusión del pastoreo, carbono orgánico del suelo, nitrógeno total del suelo.

#### ABSTRACT

One important function of shrub in ecosystems is the accumulation of fine particles and litter, called fertility islands, which improve the pools of organic matter and nitrogen in the soil. The aim of this study was to analyze effect of fertility islands in rangelands dominated by *Prosopis glandulosa* and *Suaeda palmeri*, either under grazing or after 10 years of grazing exclusion (treatments). The experiment was carried out in October 2015, collecting soil samples either from under shrubs or among shrubs for both treatments. Bulk density, as well as content of organic carbon, total nitrogen and available phosphorus were analyzed. Bulk density was higher between shrubs than under shrubs in both (grazing or exclusion) treatments ( $p < 0.05$ ). Organic carbon and total nitrogen showed where higher in soils taken from under shrubs than among shrubs position ( $p < 0.05$ ). Levels of available phosphorus were highest ( $p < 0.05$ ) in samples taken from under shrubs in exclusion and lowest among the shrubs in grazed lots. In conclusion, soil density from the exclusion plots

was lower than that registered in samples taken among shrubs in the grazed plots. Grazing exclusion for ten years, increased the concentrations of organic carbon, total nitrogen and available phosphorus registered under shrubs in exclusion.

**Keywords:** Fertility islands, under and between shrubs, grazing exclusion, soil organic carbon, soil total nitrogen.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los mayores reservorios de carbono en el planeta, y tiene la capacidad de secuestrar carbono atmosférico, lo anterior mediante la interacción de suelo-microorganismos-plantas (Bardgett, 2011). Estudios previos han detectado que una de las funciones que realizan los arbustos en ecosistemas semiáridos, es la acumulación de partículas finas y materia muerta en descomposición (mantillo), este último proveniente de las hojas muertas del arbusto tanto como de gramíneas y herbáceas que se desarrollan bajo la protección de la copa de los arbustos o cerca de ella, lo que incrementa los depósitos de materia orgánica, y los depósitos de nitrógeno en el suelo (Burke, 1989; Garcia-Moya y McKell, 1970). Esto genera una mayor riqueza de nutrientes que generalmente disminuye conforme se incrementa la distancia al tallo del arbusto o al aumentar la profundidad del suelo, a este efecto se le ha llamado “islas de fertilidad” (Garcia-Moya y McKell, 1970). Sin embargo, es importante saber el efecto que el pastoreo puede ejercer sobre este fenómeno.

En ese estudio se analizó el efecto de la exclusión del ganado por 10 años en el fenómeno de islas de fertilidad en una comunidad vegetal dominada por *Prosopis glandulosa* y *Suaeda palmeri*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El lugar de estudio fue en el municipio de Cuatro Ciénegas Coahuila, en el rancho conocido como Pozas Azules, propiedad de Pronatura Noreste A.C., en un área dominada principalmente por las especies arbustivas *Prosopis glandulosa* y *Suaeda palmeri*. El tipo de suelo es un xerosol gypico y una textura de suelo migajón arcilloso. La precipitación promedio de los últimos 10 años fue de 211 mm anuales. El experimento se llevó a cabo en octubre del 2015. El área de estudio contaba con un lote utilizado con pastoreo continuo y otro lote con exclusión del pastoreo por más de 10 años, estando ambos lotes divididos solamente por una cerca de púas.

En un estudio previo en la misma área de estudio, Segura (2017) analizó la composición botánica de arbustivas, gramíneas y herbáceas, reportando que las principales especies arbustivas en el área de pastoreo fueron *Prosopis glandulosa* y *Suaeda palmeri* con 60% y 38% respectivamente, en el caso del estrato de herbáceas, gramíneas y arbustos de porte bajo, las principales especies fueron *Suaeda nigrescens*, *Sporobolus spiciformis* y *Sporobolus pyramidatus* con el 71%, 16% y 13% respectivamente de la composición botánica. En el área de exclusión, las principales arbustivas fueron *Prosopis glandulosa* y *Suaeda palmeri* con 65% y 26% respectivamente. En el caso de herbácea, gramíneas y arbustos de porte bajo las principales especies fueron *Sporobolus spiciformis* y *Suaeda nigrescens* con un 85 % y 10% respectivamente (Segura, 2017).

Para poder observar el efecto de islas de fertilidad, se establecieron en los dos lotes de tipo de pastoreo (pastoreo y exclusión de pastoreo), muestreos con dos variantes, de acuerdo a la posición donde se tomaba la muestra (debajo de arbustos o entre arbustos), de tal forma que se tuvieron las

siguientes cuatro combinaciones: A).- pastoreo bajo arbustos, B).- pastoreo entre arbustos, C).- exclusión bajo arbustos, D).- exclusión entre arbustos.

Para conformar las muestras bajo arbustos y entre arbustos, se tomaron al azar 6 muestras compuestas cada una por 2 sub-muestras, de los primeros 5cm del suelo para cada posición en cada uno de los tratamientos, las cuales se identificaron y se procedió a secar a temperatura ambiente y se pasó a través de un tamiz de 2mm antes de ser analizada. El contenido de carbono orgánico se determinó utilizando el método de Walkley-Black (Bhattacharyya *et al.*, 2015). Para conocer el contenido de nitrógeno se realizó el análisis de micro Micro-Kjeldahl (AOAC, 2005) y para determinar el contenido de fósforo disponible se realizó el análisis de Olsen modificado (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

La densidad aparente del suelo fue determinada mediante el método del cilindro, en muestras obtenidas de los primeros 5 cm del suelo, debidamente identificadas y almacenadas, transportadas al laboratorio para pesarlas e introducir las a una estufa de secado a 110 °C hasta peso constante. Una vez obtenido el peso seco, se estimó la densidad aparente de la muestra (Allington y Valone, 2011).

Par analizar los resultados se utilizó un modelo completamente al azar y comparación de medias por el método de *Tukey* con el paquete estadístico IBM SPSS.

## RESULTADOS

La densidad aparente fue mayor en las muestras colectadas entre arbustos que de aquellas colectadas bajo los arbustos, tanto en exclusión como en área pastoreada ( $p < 0.05$ ). La densidad fue similar en las muestras de suelo tomadas bajo de los arbustos en los lotes de pastoreo y de exclusión de pastoreo ( $p > 0.05$ ) (figura 1a).

El carbono orgánico y nitrógeno total (figura 1b y 1c) presentaron una mayor concentración bajo arbustos que entre arbustos en pastoreo y en la exclusión ( $p < 0.05$ ). El mayor depósito se encontró bajo arbustos en exclusión ( $p < 0.05$ ), seguido de bajo arbustos en pastoreo ( $p < 0.05$ ). En el caso de entre arbustos, las concentraciones fueron similares en la exclusión y el área pastoreada ( $p > 0.05$ ).

Respecto a los depósitos de fósforo disponible (figura 1d), las mayores concentraciones se encontraron en las muestras de suelo colectadas bajo arbustos en exclusión, y las menores concentraciones se registraron en las muestras colectadas entre arbustos en pastoreo ( $p < 0.05$ ). Las muestras colectadas entre arbustos en exclusión, y bajo arbustos en pastoreo tuvieron concentraciones intermedias de fósforo disponible ( $p > 0.05$ ).

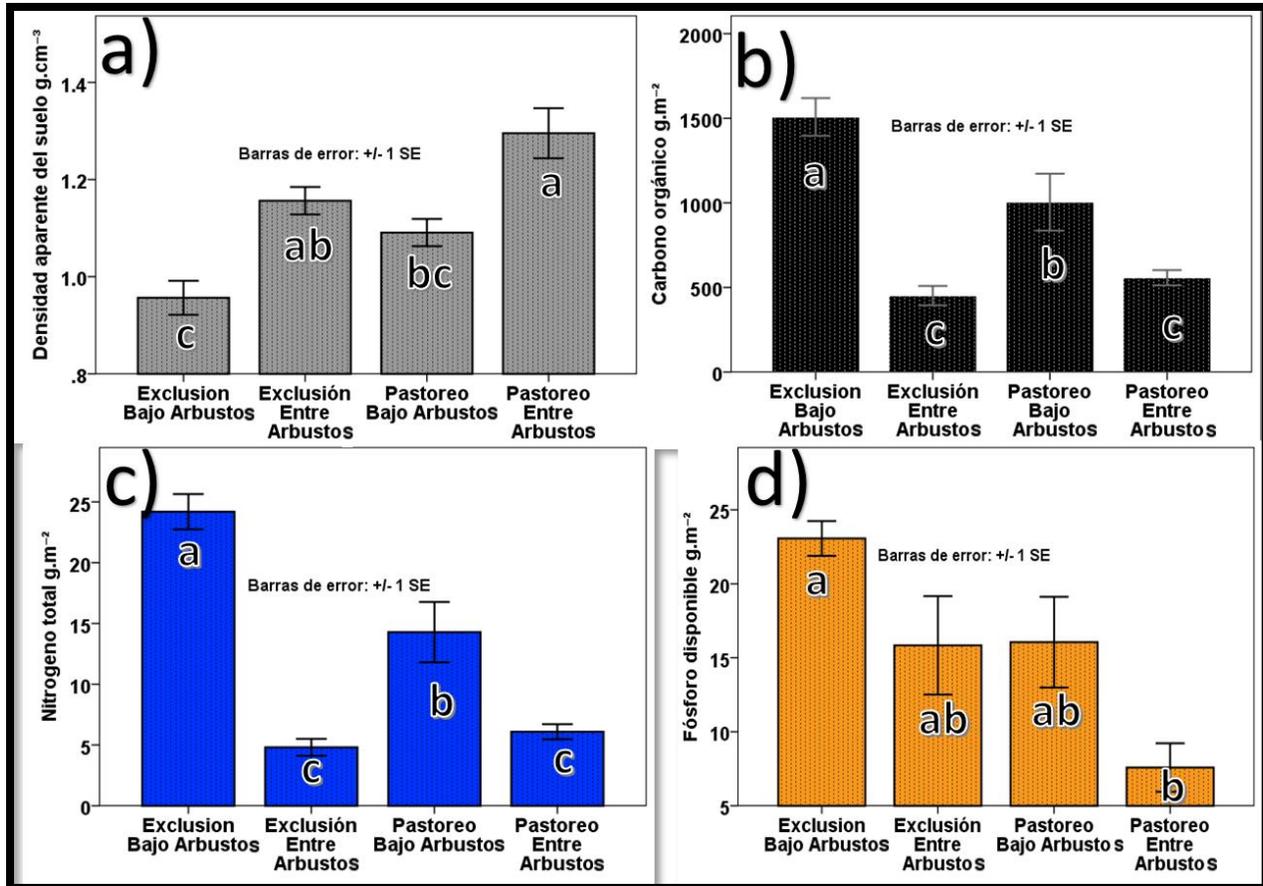


Figura 1.- Resultados de densidad aparente del suelo, carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo disponible del suelo en posiciones exclusión bajo arbustos, exclusión entre arbustos, pastoreo bajo arbustos y pastoreo entre arbustos. Letras diferentes indican diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). SE= Media del error estándar.

## DISCUSIÓN

La menor densidad del suelo encontrada bajo los arbustos puede ser resultado de una mayor acumulación de materia orgánica (Franzluëbbers 2002). La posición entre arbustos tuvo mayor densidad del suelo en pastoreo y exclusión, lo cual parece haber sido ocasionado provocado por una menor cantidad de materia orgánica, así como aunado a la exposición al pisoteo de animales en el área pastoreada, pues estos pueden llegar a incrementar la densidad aparente del suelo desde un 6% (Allington y Valone, 2011) a un 26% (Shi *et al.*, 2013). La densidad aparente indica que el efecto de islas de fertilidad permanece presente en la exclusión del pastoreo.

Las concentraciones de carbono orgánico y nitrógeno total presentan un patrón de depósito muy similar, el cual ya había sido reportado en estudios previos (Burke, 1989), con mayores depósitos en la posición bajo arbustos que entre arbustos. Resultados similares fueron obtenidos previamente por los autores pioneros en el análisis de islas de fertilidad, quienes reportan que el contenido de nitrógeno total disminuye conforme se aleja del centro de la isla (García-Moya y McKell, 1970). Se ha reportado que el pastoreo moderado puede llegar a estimular el ciclo de nutrientes de carbono y nitrógeno en la planta y suelo (Schuman *et al.*, 1999), pero el sobrepastoreo puede reducir la actividad microbiana a través de la reducción de residuos vegetales, combinado con la reducción de las raíces y sus exudados (Raiesi y Asadi, 2006). Al excluir el ganado por 10 años el efecto de

islas de fertilidad se vuelve más evidente, pues solo la posición bajo arbustos es la que muestra un aumento de depósitos de carbono orgánico y nitrógeno total.

La distribución del fósforo en el agostadero es controlada por los movimientos de partículas muy finas del suelo provocados principalmente por el viento, Burke (1989) reportó que el depósito de fósforo tiende a ser diferente, solo entre diferentes tipos de vegetación y generalmente no varía dentro del mismo. Sin embargo, en el presente estudio se registró una reducción en los depósitos de fósforo para la posición entre arbustos en pastoreo y una tendencia a incrementarse en la posición bajo arbustos en exclusión, la cual se pudiera atribuir a la remoción o defoliación de las plantas por el ganado (Raiesi y Asadi, 2006). En el caso de las diferencias no significativas pudo deberse al poco número de muestras.

## CONCLUSIÓN

El efecto de islas de fertilidad en se incrementa en los lotes de exclusión del ganado en pastoreo, ya que las concentraciones más altas de carbono orgánico, nitrógeno total y fósforo disponible se encontraron en la posición bajo arbustos en exclusión. La densidad aparente del suelo es menor bajo los arbustos en exclusión, y mayor entre arbustos en pastoreo.

## LITERATURA CITADA

- Allington, Ginger R. H., & Valone, Thomas J. (2011). Long-Term Livestock Exclusion in an Arid Grassland Alters Vegetation and Soil. *Rangeland Ecology & Management*, 64(4), 424-428. doi:10.2111/rem-d-10-00098.1
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis* (Vol. 16): Association of Official Analytical Chemists Washington, DC.
- Bardgett, Richard D. (2011). Plant-soil interactions in a changing world. *F1000 Biol Rep*, 3(16), 569.
- Bhattacharyya, T, Chandran, P, Ray, SK, Mandal, C, Tiwary, P, Pal, DK, Sheikh, S. (2015). Walkley-Black Recovery Factor to Reassess Soil Organic Matter: Indo-Gangetic Plains and Black Soil Region of India Case Studies. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(20), 2628-2648.
- Burke, Ingrid C. (1989). Control of nitrogen mineralization a sagebrush steppe landscape. *Ecology*, 1115-1126.
- Díaz-Romeu, Roberto, & Hunter, Arvel. (1978). Metodologías de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal y de investigaciones en invernadero.
- Franzluebbers, A. (2002). Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research*, 66(2), 197-205.
- García-Moya, Edmondo, & McKell, Cyrus M. (1970). Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology*, 81-88.
- Raiesi, F., & Asadi, E. (2006). Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils*, 43(1), 76-82.
- Schuman, G. E., Reeder, J. D., Manley, J. T., Hart, R. H., & Manley, W. A. (1999). Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications*, 9(1), 65-71.
- Segura Carmona, Juan Emmanuel (2017). *Efectos de la exclusión del pastoreo sobre cuatro tipos de vegetación en el noreste de México* (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- Shi, X.-M., Li, X. G., Li, C. T., Zhao, Y., Shang, Z. H., & Ma, Q. (2013). Grazing exclusion decreases soil organic C storage at an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecological Engineering*, 57, 183-187.
- Vázquez-Aldape, R., García Dávila, A., Ibarra-Flores, J., & Villarreal-Quintanilla, J. (2001). *Las plantas del Valle de Cuatrociénegas, Lista actualizada, complementada y ordenada alfabéticamente*. Universidad Agraria Autónoma Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 71
- Wu, G.-L., Du, G.-Z., Liu, Z.-H., & Thirgood, S. (2009). Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Plant and Soil*, 319(1-2), 115-126.



## EVALUACIÓN DE CAPACIDAD PRODUCTIVA DEL PASTIZAL A PARTIR DE VARIABLES EDAFICAS Y GEOMORFOLOGICAS

### EVALUATION OF RANGELAND PRODUCTIVE CAPACITY FROM EDAPHIC AND GEOMORPHOLOGICAL VARIABLES

Alfonso Serna Pérez\*<sup>1</sup>, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez<sup>1</sup>, José Israel Casas Florez<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP, \*serna.alfonso@inifap.gob.mx

#### RESUMEN

Las tecnologías de manejo del pastizal son una forma práctica para reducir el disturbio e incrementar la resistencia y elasticidad del suelo del pastizal mejorando su condición. Su uso puede ser más eficiente cuando se conoce la productividad de los sitios de pastoreo. Con el objetivo de estimar la capacidad productiva de una pequeña cuenca pastoreada a partir de variables edáficas, geomorfológicas y de vegetación, se muestrearon variables afines a través del sitio bajo estudio. Posteriormente mediante análisis multivariado por componentes principales y el uso del paquete IDRISI se modeló la respuesta productiva de dicha cuenca y se construyeron mapas mostrando espacialmente la variación en rendimiento de pastizales y herbáceas. Además, se estableció cuales variables mostraron un mayor peso en la definición y distribución del potencial de producción.

**Palabras clave:** Manejo de pastizales, Sistema de información geográfico, Análisis multivariado.

#### ABSTRACT

Rangeland management technologies are a practical way to reduce disturbance and increase the resistance and elasticity of grassland soil by improving its condition. Its use can be more efficient when the productivity of grazing sites is known. In order to estimate the productive capacity of a small grazed basin based on edaphic, geomorphological and vegetation variables, similar variables were sampled through the site under study. Subsequently, through multivariate analysis by main components and the use of the IDRISI package, the productive response of such basin was modeled and maps were constructed showing spatially the variation in rangeland yield. In addition, it was established which variables showed a greater weight in the definition and distribution of the production potential.

**Keywords:** Rangeland management, geographic information system, multivariate analysis.

#### INTRODUCCIÓN

La presión de uso de la vegetación por el ganado en el pastoreo puede conducir a la degradación del suelo. No obstante, el nivel de daño no siempre será igual al aplicar una misma presión de uso sobre el pastizal, ya que algunos suelos continuarán funcionando después del disturbio, o bien recuperarán su función después de un lapso de tiempo (Seybold *et al.*, 1999). Mientras que otros, no se recuperarán, a menos de que se aplique un aporte significativo de recursos externos (Bestelmeyer *et al.*, 2003). El cambio en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y los procesos ecológicos asociados (hidrología, ciclo de nutrientes, producción vegetal) son posteriores a alteraciones significativas en la vegetación del sitio de pastizal (Herrick *et al.*, 2002). Por lo que en un sitio de pastoreo se pueden tener diferencias en la capacidad productiva debido a la variación del funcionamiento del suelo como efecto de la intensidad de uso. Es importante hacer notar que el manejo del pastizal a través del control de cargas animales y el ordenamiento del uso

y recuperación de la vegetación por medio de sistemas de pastoreo ha probado ser una forma práctica para reducir el disturbio al mínimo e incrementar la resistencia y elasticidad del suelo del pastizal mejorando su condición (Wood y Blackburn, 1984, McGinty *et al.*, 1979, Seybold *et al.*, 1999). Pero para poder realizar estas prácticas es necesario determinar la variación en el espacio de capacidad productiva de las áreas de pastoreo y las variables edáficas y geomorfológicas asociadas. El objetivo fue estimar la capacidad productiva de una cuenca pastoreada a partir de variables edáficas, geomorfológicas y de vegetación, análisis multivariado por componentes principales y el uso del paquete IDRISI para la modelación y construcción de mapas.

### MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 2018 en Pánuco, Zacatecas (22° 54' Norte, 102° 33' Oeste, altitud media 2,285 m, precipitación media anual de 400 mm). La vegetación dominante es “pastizal nativo-matorral espinoso-nopalera”, con fisiografía de ondulada a escarpada y cárcavas muy desarrolladas (Serna y Echevarría, 2002). Los suelos son arenosos, Litosoles y Kastañozem de acuerdo con FAO/UNESCO, 1968. Los sitios de la red de muestreo fueron georeferenciados con un geoposicionador (GPS) de alta precisión (Garmin Montana 680). Por sitio se determinó en campo la densidad volumétrica con método de Black, (1965), y estabilidad de agregados en agua (Herrick *et al.*, 2005); También se colectaron muestras compuestas en transectos de 30 m, el suelo fértil superficial varió de 7.8 a 42.7 cm de profundidad. Las muestras se analizaron usando métodos recomendados por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2003) para textura, contenido de materia orgánica (%), Nitrógeno inorgánico y Fosforo ( $\text{mg Kg}^{-1}$ ), pH, conductividad eléctrica ( $\text{dS m}^{-1}$ ) y aniones y cationes solubles ( $\text{meq L}^{-1}$ ); Carbonatos, Bicarbonatos, Cloruros, Sulfatos, Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio).

Se estimaron variables geomorfológicas como profundidad del suelo fértil y total; pendiente del terreno (% con nivel y flexómetro metálico); y pedestales de erosión (Colegio de Postgraduados, 1982). Se obtuvo información de tipo cualitativo para describir la geomorfología como: 1) Tipo de erosión; tipo de pendiente; presencia y cantidad de rocas o piedras; presencia y frecuencia de costras biológicas del suelo (Castillo-Monroy y Maestre, 2011); presencia de cárcavas y afloramientos rocosos. Se registró la cobertura del suelo (transectos de 40 metros) por arbustos, cactáceas, pastos, herbáceas, material vegetal muerto (litter), gravilla y suelo desnudo con exactitud al centímetro (Elzinga *et al.*, 2002). La cobertura por herbáceas y pastos fueron incluidas en un grupo para facilitar su análisis. Se estimó en campo el rendimiento de materia seca de pastizales y herbáceas, mediante un cuadrante metálico de  $1 \text{ m}^2$  de superficie. Las muestras fueron secadas en un horno a  $65^\circ\text{C}$  hasta peso constante y el rendimiento reportado en gramos por metro cuadrado. Con los grupos de variables de vegetación, suelos y geomorfología se efectuó un análisis multivariado por Componentes Principales (SAS, 2012). El modelado y construcción de mapas de capacidad productiva se hizo a partir de los autovectores. Para ello se obtuvo una ecuación lineal por sitio y se generaron valores que se asociaron a sus respectivas coordenadas geográficas y mediante IDRISI (Eastman, 2012) se estimaron semivariogramas y mapas.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las variables de vegetación, tres componentes principales (CP) explicaron el 76 % de la variación. El primer vector correspondió a la cobertura por arbustivas y cactáceas con un 40 %, el segundo a la cobertura por pastos, herbáceas y suelo desnudo con un 23 %, y el tercero a la producción de materia seca de pastos y herbáceas con un 12 %; de la variación respectivamente. En cuanto a variables de suelo tres componentes explicaron el 58 % de la variación, con las

siguientes proporciones 25, 20 y 13 % para el primero, segundo y tercer vectores respectivamente. Las variables con mayor importancia correspondieron a la estabilidad de agregados, materia orgánica y contenido de limo para el primer vector. Estas tres variables definieron la calidad del suelo que califica su habilidad para funcionar como captador de humedad y almacén de nutrientes (Brady y Weil, 2000). En el caso de geomorfología tres componentes principales explicaron el 61 % de la variación, con las siguientes proporciones 29, 19 y 13 % para el primero, segundo y tercer vectores respectivamente. Las variables con mayor importancia correspondieron a la profundidad de suelo fértil y total del suelo y cantidad de costras biológicas para el primer vector. Estas tres variables califican la oportunidad para sostener el desarrollo de las plantas en el área de estudio (Birkeland, 1999). En el caso las variables de suelo y geomorfología solo se consideraron los primeros componentes principales o vectores para poder realizar un análisis y representación de la variabilidad más comprensible al reducir a tres el número de mapas con la descripción del potencial productivo del área de estudio.

Con la integración final de las imágenes de suelo, geomorfología y vegetación se produjeron tres mapas que se presentan en las Figuras 1, 2 y 3. A través de ellos es posible definir la capacidad productiva de la vegetación en el área de estudio de Pánuco, Zacatecas. En la Figura 1 se presentan las áreas de desarrollo de matorrales y cactáceas y su relación con la calidad del suelo y su habilidad como sostén del desarrollo de la vegetación. Una menor cobertura por arbustos y cactáceas estará relacionada con un incremento en la cobertura de pastos y herbáceas, gravilla y/o de suelo desnudo. En el caso del área bajo estudio la cobertura de suelo desnudo tendió a ser baja, no así la de gravilla. La calidad del suelo estuvo muy relacionada con el incremento en la cobertura de arbustos y cactáceas puesto que ésta vegetación promueve la descomposición de material vegetal y el incremento en el contenido de la materia orgánica del suelo. Este hecho podría ser útil para idear un buen plan de manejo que promoviera el incremento de plantas de pastizal y aprovechar la fertilidad natural del mismo.

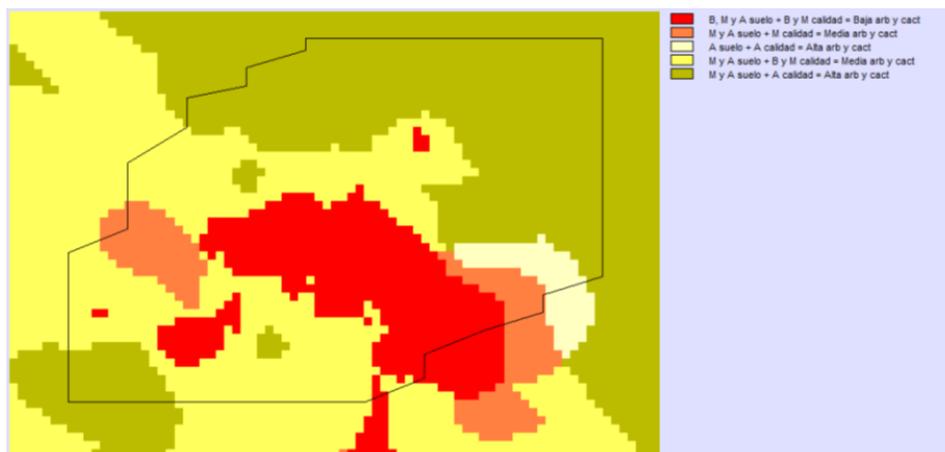


Figura 1. Áreas de desarrollo de matorrales y cactáceas y su relación con la calidad del suelo y habilidad del suelo como sostén del desarrollo de la vegetación.

En la Figura 2 se muestran las áreas de desarrollo de material herbáceo y su relación con la calidad del suelo y la habilidad del mismo como sostén del desarrollo de la vegetación. La mayor parte de la cuenca muestra una buena proporción de cobertura vegetal y herbácea. Una característica notoria es que tanto la calidad del suelo como la habilidad del suelo como sostén del desarrollo de la

vegetación ocupan buenos porcentajes del área total. Por lo que es posible lograr un buen manejo aprovechando la condición actual del suelo y geomorfología.

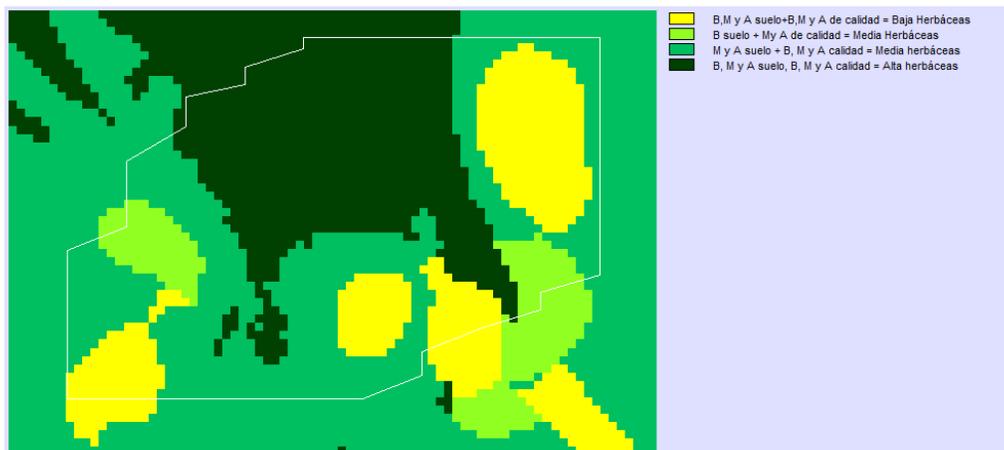


Figura 2. Áreas de desarrollo de material herbáceo y su relación con la calidad del suelo y la habilidad del suelo como sostén del desarrollo de la vegetación.

En la Figura 3 se muestran las áreas de producción de materia seca y su relación con la calidad del suelo y la habilidad del mismo como sostén del desarrollo de la vegetación. La zona con el verde más intenso corresponde con la mayor capacidad productiva del pastizal, el verde menos intenso con la capacidad media y el área coloreada de amarillo con baja capacidad productiva. Los suelos con mayores valores de estabilidad de agregados, contenido de materia orgánica, contenido de limo, profundidad de suelo fértil y presencia de costras biológicas correspondieron con las áreas de más alto rendimiento de materia seca de pastizales y herbáceas. Es posible reconstruir variables complementarias a partir de la información de variables evaluadas en campo y laboratorio tomando en cuenta su posición geográfica a través del sitio de estudio. Se recomienda realizar ésta tarea en este sitio y en áreas contrastantes para validar los resultados.

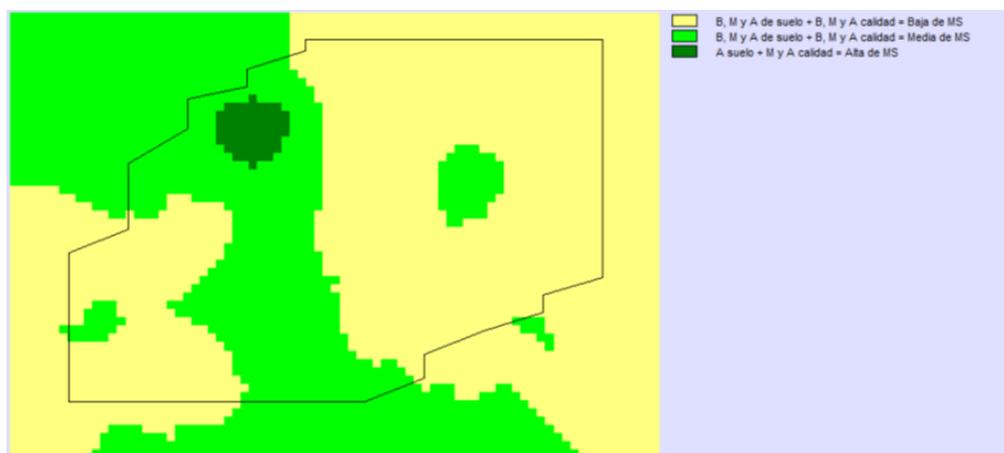


Figura 3. Áreas de producción de materia seca y su relación con la calidad del suelo y habilidad del suelo como sostén del desarrollo de la vegetación.

## CONCLUSIONES

Mediante el uso de la estadística multivariada (componentes principales) y el análisis con sistemas de información geográfico se logró evaluar la capacidad productiva del pastizal a partir de información edáfica, geomorfológica y de cobertura vegetal medida y estimada en una cuenca pastoreada en Zacatecas. También se pudo establecer cuales variables mostraron un mayor peso en la definición y distribución del potencial de producción. Se plantea la evaluación en sitios contrastantes para determinar qué tan robusto es el método usado.

## LITERATURA CITADA

- Bestelmeyer BT, Brown JR, Havstad KM, Alexander R, Chavez G, Herrick JE. 2003. Development and use of state-and-transition models for rangelands. *J Range Manage.* 56(2):114-126.
- Birkeland, P.W. 1999. *Soils and Geomorphology*. Third Edition. Oxford University Press. New York, NY., USA. 430 p.
- 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.
- Brady, N. C., Weil, R. R. (2000): *Elements of the Nature and Properties of Soil*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey, USA. 539 p.
- Castillo-Monroy, A.P., y F.T. Maestre. 2011. La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista Chilena de Historia Natural* 84: 1-21.
- Colegio de Postgraduados. 1982. *Manual de Conservación del suelo y del agua*. Segunda Edición. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 584p.
- Eastman, J.R. (2012) *IDRISI Selva Tutorial*. IDRISI Production, Clark Labs-Clark University, Worcester, 45.
- Elzinga, C.L., D.W. Salzer, J.W. Willoughby y J.P. Gibbs. 2001. *Monitoring plant and animal populations*. Blackwell Publishing. 368 p.
- FAO/UNESCO. 1968. *Soil classification system*. FAO. Rome. Italy.
- 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, y W.G. Whitford. 2005. *Monitoring manual for grassland, shrubland and Savanna ecosystems. Volume II: Design, supplementary methods and interpretation*. USDA-ARS Jornada Experimental Range. Las Cruces, NM., USA. 200 p.
- McGinty WA, Smeins FE, Merrill LB. 1979. Influence of soil, vegetation and grazing management on infiltration rate and sediment production of Edwards Plateau rangeland. *J Range Manage.* 32(1):33-37.
- SAS. 2002. *Statistical Analysis System. SAS software versión 9.1*. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- 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. 2002. Caracterización hidrológica de un agostadero Comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México: I Pérdidas de suelo. *Téc Pecu Méx*; 40(1):37-53.
- Seybold CA, Herrick JE, Brejda JJ. 1999. Soil resilience: A fundamental component of soil quality. *Soil Sci.* 164(4):224-234.
- Wood MK, Blackburn WH. 1984. Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas Rolling Plains. *J Range Manage.* 37(4):303-308.



# ESTIMACIÓN DE FORRAJE MEDIANTE IMÁGENES CAPTURADAS CON UN DRON EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO

## ESTIMATION OF FORAGE THROUGH IMAGES CAPTURED WITH A DRONE IN GRASSLANDS OF CHIHUAHUA, MÉXICO

Gabriel Sosa Pérez<sup>1</sup>, Pedro Jurado Guerra<sup>1</sup>, J Santos Sierra Tristán<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Campo Experimental La Campana-CIRNOC-INIFAP. [sosa.gabriel@inifap.gob.mx](mailto:sosa.gabriel@inifap.gob.mx)

### RESUMEN

El uso de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia comúnmente conocidos como Drones pueden cambiar la forma de estimación de disponibilidad de forraje en pastizales. El objetivo fue determinar la cantidad y distribución de forraje mediante imágenes capturadas por un dron en el espectro visible (RGB) en combinación con muestreos directos en campo en dos sitios con pastizales en Chihuahua, México. En el primer sitio se determinó y mapeo la cantidad de forraje independientemente de la especie, mediante un modelo de regresión lineal múltiple y álgebra de mapas. El promedio de materia seca por pixel para la imagen fue de 0.22 kg m<sup>-2</sup>, y este valor fue similar al muestreo en campo. En el segundo sitio se mapeo la distribución de especies dominantes en el predio mediante clasificación supervisada con firmas espectrales para cada especie. Con este método fue posible visualizar la distribución y superficie cubierta por cada especie en todo el predio. La utilización de imágenes de drones en combinación con muestreos dirigidos pueden ser una herramienta muy útil para estimar no sólo la cantidad de forraje, como lo hace el método tradicional, sino además la distribución espacial por especie. Esto es útil para la estimación de carga animal y para la toma de decisiones en manejo de pastizales.

**Palabras clave:** Sensores remotos, biomasa, dron.

### ABSTRACT

The use of remotely piloted aircraft systems (RPAS), commonly known as drones, can change our methodology for forage availability assessment in grasslands. The objective was to determine forage production and distribution using drone captured images within the visible spectrum (RGB) along with field forage production sampling. Forage production, regardless of species, was estimated and mapped in the first site through a multiple regression model and map algebra. Mean dry matter forage was 0.22 kg m<sup>-2</sup>, a similar value as field sampling. In the second site, dominant grass species distribution was mapped through supervised classification with spectral bands for each species. With this, we were able to visualize species distribution and area for the whole site. Use of drone images along with field sampling can be a useful tool to estimate not only forage availability as estimated by traditional methods, but also spatial species distribution. This is useful for stocking rate estimations and other decision-making in rangeland management.

**Keywords:** Remote sensing, Biomass, Drone.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen más de 100 satélites alrededor de la tierra perteneciente a diferentes países y a compañías privadas. Estos satélites colectan imágenes digitales de un amplio rango del espectro electromagnético más allá del rango visible y a resoluciones espaciales desde un kilómetro hasta

menos de un metro. Las imágenes de satélites han provisto de información por más de 40 años en como los cultivos, ciudades y paisajes naturales cambian y funcionan en respuesta a estaciones del año, manejo antropogénico y disturbios. Sin embargo, aunque las imágenes han sido increíblemente útiles, aún presentan ciertas desventajas para algunos usos. Por ejemplo, el tamaño de pixel de una imagen gratuita de satélite con 30 m de resolución espacial puede ser demasiado grande para escalas finas de investigación y manejo en agricultura, ganadería y/o ecología. De la misma manera, las fechas de las imágenes sobre un área de interés también pueden no corresponder o estar sincronizadas con las necesidades del usuario y el adquirir imágenes satelitales con mayor resolución para cierta área de interés puede ser sumamente costoso.

En los últimos años, el uso de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS, por sus siglas en inglés), comúnmente conocidos como Drones, han revolucionado la forma de colectar datos tanto para la agricultura como para los recursos naturales en general (Anderson y Gaston, 2013). Con el uso de drones se cubren necesidades que las imágenes de satélites no pueden proveer en términos de resolución espacial, temporal y altos costos de adquisición. Los drones provén imágenes aéreas de alta resolución que pueden ser colectadas muy rápidamente y a costos relativamente bajos. Dentro de un amplio potencial de usos que las imágenes de drones pueden proveer se encuentra la adquisición de imágenes para el manejo y monitoreo de pastizales. Sin embargo, analizar e interpretar estas imágenes en información que sea de utilidad para los dueños o manejadores de ranchos aún es un reto. Por lo anterior, el objetivo general del presente estudio fue determinar la cantidad y distribución de forraje mediante imágenes en el espectro visible (RGB), capturadas por un dron y con muestreos directos en campo, en dos pastizales de Chihuahua, México. Los objetivos específicos fueron: 1) Determinar y mapear la cantidad de forraje en el predio en  $\text{kg m}^{-2}$  independientemente de la especie, y 2) Mapear la distribución de especies dominantes en el predio y determinar la producción de forraje por especie. El fin es encontrar metodologías relativamente simples y a un costo razonable, que ayuden no sólo a determinar la cantidad de forraje con mayor exactitud, sino que, además, permitan mapear su distribución en cantidad y por especie en la superficie del predio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos sitios de la zona centro del estado de Chihuahua. El primer sitio se ubica en la Colonia El Charco, municipio de Chihuahua, México. El predio tiene una superficie de 35 ha y se localiza en las coordenadas  $28^{\circ} 23' 24.96''$  N y  $106^{\circ} 9' 43.65''$  O, a una altitud de 1,720 msnm. El clima predominante en la región es semi seco templado [BS1kw] y la temperatura media anual varía entre 12 y 18 °C (INEGI, 2003). La precipitación media anual es de 502 mm, con régimen de lluvias en verano (INIFAP, 2006). Las especies arbóreas presentes son del género *Quercus* y las gramíneas presentes fueron navajita (*Bouteloua gracilis*), navajita velluda (*B. hirsuta*) y los zacates banderilla (*B. curtipendula*), zacate lobo (*Lycurus phleoides*) y tres barbas perennes (*Aristida spp.*). En este sitio se desarrollo el primer objetivo que consistió en mapear la cantidad de forraje independientemente de la especie. Cabe señalar que el predio no fue pastoreado en el último ciclo previo a la evaluación, la cual fue realizada el 14 de junio de 2019.

El segundo sitio se localiza en el Rancho Experimental La Campana, ubicado a 80 km al norte de la ciudad de Chihuahua. Las coordenadas del predio son  $29^{\circ} 15' 53.6''$  N y  $106^{\circ} 22' 23.1''$  O, a una altitud de 1,538 msnm. El predio tiene una superficie de 23.5 ha y las especies predominantes son zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), zacate garrapata (*Eragrostis superba*) y zacate llorón

(*Eragrostis curvula*). La evaluación en este sitio fue realizada en septiembre de 2019 y consistió en mapear la distribución y cantidad de forraje por especies.

Para la captura de imágenes aéreas se utilizó un dron *DJI Phantom 4 PRO V.2.0*, equipado con una cámara digital que captura imágenes en el espectro visible (RGB) de 20 Megapíxeles, capaz de producir fotografías en la proporción 4:3 de  $4864 \times 3648$  píxeles. La altura de vuelo en el primer sitio fue de 150 m con una resolución de 4.5 cm por píxel y un traslape de imágenes del 70% de frente y 65% en los laterales de las líneas de vuelo. El vuelo fue programado en la aplicación *DroneDeploy*. Después de realizar el vuelo se realizó un muestreo para determinar la disponibilidad de forraje mediante cortes con cuadrantes de  $1 \text{ m}^2$  y sin distinción de especies. No obstante, el muestreo fue dirigido, de tal forma que se tuviera la representatividad de las diferentes condiciones del pastizal, considerando cobertura del suelo, abundancia y tonalidades del pasto determinadas a simple vista. Se realizaron un total de 32 cortes y cada punto de muestreo fue georreferenciado con un GPS. Cada muestra fue secada y pesada para obtener el peso seco del forraje.

La altura de vuelo en el segundo sitio fue de 100 m con una resolución de 3 cm por píxel y un traslape de imágenes del 70% de frente y 65% en los laterales de las líneas de vuelo. Después de realizar el vuelo se realizó un muestreo para determinar la disponibilidad de forraje por especie mediante cortes con cuadrantes de  $0.25 \text{ m}^2$ . El muestreo fue dirigido hacia puntos donde se visualizó la presencia de una sola especie, de tal forma que se tuviera la representatividad de las tonalidades para cada especie. Se realizaron un total de 11 cortes.

La fase de gabinete consistió en procesar las imágenes capturadas por el dron, para lo cual se utilizó software libre, *OpenDroneMap* y *QGIS 3.4*. El proceso para el primer sitio consistió en primero obtener la ortofoto de todo el predio, la cual tuvo una resolución espacial de 25 cm por píxel. Una vez obtenida la ortofoto como archivo raster se procedió a determinar los valores RGB de cada píxel muestreado mediante la sobreposición de los puntos de muestreo en campo. Se tomaron los valores correspondientes al Rojo, Verde y Azul de cada uno de los 16 píxeles que cayeron dentro del metro cuadrado muestreado en campo, ya que el píxel de la ortofoto fue de  $25 \times 25 \text{ cm}$ . A cada uno de estos 16 valores se le asignó el mismo valor en materia seca correspondiente a cada punto de muestreo en campo. Además de los puntos muestreados se incluyeron valores de píxeles en suelo desnudo y árboles, a los cuales se les asignó valores en materia seca de  $0.0 \text{ kg m}^{-2}$  y  $1.0 \text{ kg m}^{-2}$ , respectivamente. Estos valores fueron para discriminar los píxeles con suelo desnudo y vegetación arbórea, ya que ninguna muestra tuvo  $0.0 \text{ kg m}^{-2}$ , así como ninguna tuvo un valor superior a  $1.0 \text{ kg m}^{-2}$ . A la base de datos obtenida se le aplicó regresión lineal múltiple, utilizando el software libre R (R Core Team, 2018), donde la variable dependiente fue cantidad de materia seca en  $\text{kg m}^{-2}$  y las variables independientes fueron los valores de los píxeles en Rojo, Verde y Azul. El modelo obtenido fue aplicado a la imagen raster mediante álgebra de mapas, con lo cual se obtuvo el mapa de distribución y cantidad de forraje en todo el predio. El forraje total se obtuvo mediante la suma de los valores de todos los píxeles correspondientes a forraje, excluyendo suelo desnudo y arbolado.

El proceso para el segundo sitio consistió también en obtener la ortofoto de todo el predio, la cual tuvo una resolución espacial de 5 cm por píxel. Una vez obtenida la ortofoto como archivo raster se procedió a determinar las firmas espectrales de cada especie y para el suelo desnudo, de acuerdo con los puntos de muestreo en campo. Con las firmas espectrales se realizó una clasificación supervisada a la imagen, con lo que se determinaron tres clases de píxeles correspondiente a las

tres especies, así como una cuarta clase correspondiente al suelo desnudo. El total de píxeles para cada especie se multiplicó por su superficie y los valores fueron convertidos a hectáreas. Del muestreo en campo se obtuvo la cantidad promedio de materia seca por metro cuadrado para cada especie y estos valores se extrapolaron a la superficie total por especie.

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores mínimos y máximos de materia seca obtenidos en el muestreo en campo del primer sitio fueron  $0.007 \text{ kg m}^{-2}$  y  $0.535 \text{ kg m}^{-2}$ , respectivamente. El promedio fue de  $0.22 \text{ kg m}^{-2}$ , lo que equivale a  $220 \text{ kg M.S. ha}^{-1}$ . Esta cantidad es relativamente baja para este tipo de pastizales en la zona, sin embargo, la cantidad es razonable considerando la época de muestreo, que fue al final de la época de sequía. Para esta fecha muchos pastos anuales habrían sido ya removidos por los vientos durante el invierno. Lo recomendable para determinar la producción forrajera es al final de la época de crecimiento de la vegetación, que es a finales de septiembre y principios de octubre (Royo *et al.*, 2016). Sin embargo, parte del objetivo fue evaluar la funcionalidad de la metodología bajo dichas condiciones, dada la poca variación en las tonalidades de color o valores RGB de los píxeles, debido a la vegetación seca (Figura 1). Esto también indica la dificultad de identificar las especies para esta época del año. La  $R^2$  del modelo fue de 0.83, y una vez aplicado el modelo a la imagen del predio se obtuvieron las estadísticas mostradas en el cuadro 1. El promedio de materia seca por píxel fue de  $0.22 \text{ kg m}^{-2}$ , es decir, el mismo valor que se obtuvo mediante el muestreo en campo. Esta similitud en el valor promedio probablemente fue debido a la poca variación en los valores RGB de los píxeles, como mencionado anteriormente, lo cual también se reflejó en la desviación estándar de sólo  $0.10 \text{ kg m}^{-2}$  (Cuadro 1).

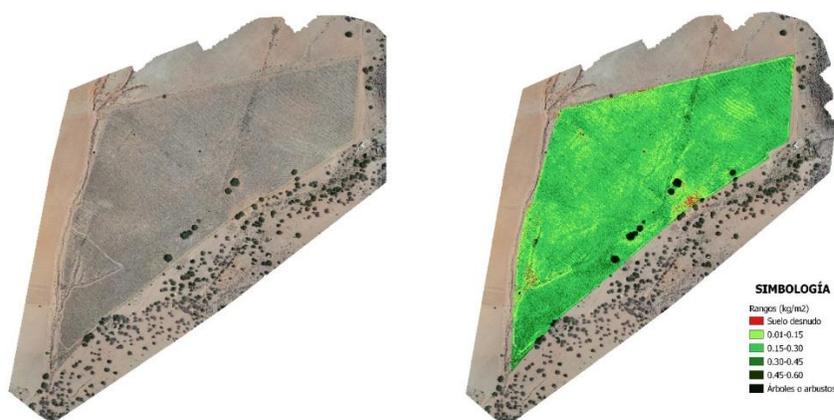


Figura 1. Imagen de la ortofoto del predio (izquierda) y mapa de distribución de la cantidad de forraje (derecha).

Cuadro 1. Estadísticas de la imagen raster después de la aplicación del modelo para estimar la cantidad de forraje.

Superficie (ha)	No. Píxeles	Mínimo ( $\text{kg m}^{-2}$ )	Máximo ( $\text{kg m}^{-2}$ )	Promedio ( $\text{kg m}^{-2}$ )	Desviación estándar ( $\text{kg m}^{-2}$ )
35.05	5,605,534	-1.70	1.53	0.22	0.10

El valor máximo fue de  $1.53 \text{ kg m}^{-2}$ , sin embargo, estos valores máximos correspondieron a píxeles de árboles y arbustos (Figura 1). Hubo también varios píxeles con valores negativos, los cuales fueron reclasificados en la imagen con valores de cero, ya que correspondían a suelo desnudo.

Los valores promedio obtenidos en campo para el segundo sitio de muestreo fueron de 0.30, 0.18 y 0.49 kg m<sup>-2</sup> para las especies de zacate africano, zacate garrapata y zacate llorón, respectivamente. Las superficies para cada especie en el mismo orden fueron de 15.6, 4.1 y 1.5 hectáreas, mientras que la superficie con suelo desnudo fue de 2.3 ha (Figura 2). Con estos valores se obtuvo un total para todo el predio de 62.2 toneladas de materia seca, donde 47.4 toneladas corresponden al zacate africano, 7.4 toneladas al zacate garrapata y 7.4 al zacate llorón.



Figura 2. Imagen de la ortofoto del predio (izquierda) y mapa de distribución de las especies (derecha).

## CONCLUSIONES

El presente estudio muestra que la utilización de imágenes de drones en combinación con muestreos dirigidos en campo pueden ser una buena opción para estimar la cantidad y la distribución espacial de forraje por especie a través del predio. El contar con información más refinada sobre la distribución del forraje en la superficie del predio puede ser una herramienta muy útil en la estimación de carga animal y la toma de decisiones para un mejor manejo del pastizal. Los resultados también muestran que es posible obtener una buena estimación utilizando sólo una cámara que capture imágenes en el espectro visible (RGB), sin necesidad de contar con cámaras multiespectrales, las cuales son más costosas.

## LITERATURA CITADA

- Anderson K, Gaston KJ. 2013. Lightweight unmanned aerial vehicles will revolutionize spatial ecology. *Front Ecol Environ* 11:138–46.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2003. Síntesis de Información Geográfica del Estado de Chihuahua. 145 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) 2006. Estadísticas Climatológicas del Estado de Chihuahua (Periodo 1961-2003). Centro de Investigación Norte Centro. Libro Técnico No. 1, 235 p.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Royo MMH, Sierra TJS, Morales NCR y Jurado GP. 2016. Prácticas de conservación y rehabilitación de agostaderos. Folleto para productores No. 29. INIFAP. Campo Experimental La Campana. 52 p.





producción de gas y se el efecto en la adsorción de gases en los tratamientos que incluían los materiales (menor producción de gas en tratamientos que en el testigo). Concluida la prueba, con una jeringa se extrajo gas presente en el espacio de cabeza, se inyectó a un cromatógrafo de gases y se verificó la presencia de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> y que sus proporciones tuvieran valores normales. Se recuperaron los minerales se hizo la prueba de desorción, para comprobar la permanencia de los gases adsorbidos en el material a temperaturas próximas a las del medio ruminal. La desorción consistió en colocar dentro de viales el mineral llevarlos al vacío y exponerlos durante 10 minutos a temperatura constante (40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75 y 80°C), para luego extraer el gas, inyectarlo en el cromatógrafo y determinar la presencia de los GEI. Concluida desorción, los minerales se sometieron a un análisis termogravimétrico (evaluación de la variación del peso respecto al incremento de temperatura). La pérdida de peso, previo a los 100 °C implica la presencia de gases dentro de su estructura. Se utilizó un modelo no lineal (Groot) para explicar el experimento.

## RESULTADOS

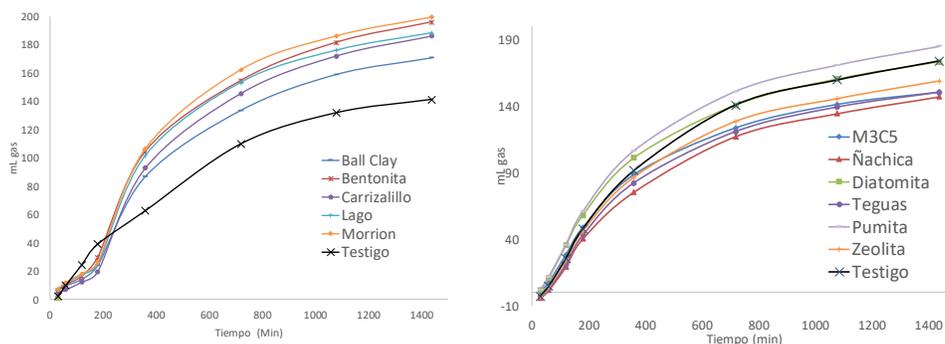
**Primera etapa.** Los resultados de la difracción de rayos X de los materiales preseleccionados, se compararon con una base de datos muy diversa que nos permitió conocer los posibles minerales de los que estaban compuestos (tabla 1). El área superficial BET (capacidad de adsorción en m<sup>2</sup>/gramo de material) y el diámetro de poro (tamaño de los poros del material en Angstrom Å). La mayor área superficial se presentó en la arcilla M3C5 y la más baja fue para la pumita. Para diámetro de poro, la mayoría de los especímenes mostraron valores unimodales (38) y algunos de ellos resultaron bimodales o trimodales (tabla 1). La producción de gas que se observó en las isotermas fue favorable (menos producción de gas que el testigo) solo para 5 minerales, M3C5, ñachica, teguas, zeolita 1 y zeolita 2 (gráficos 1 y 2), el resto de los tratamientos se descartaron para más evaluaciones. Los minerales M3C5, ñachica, teguas, zeolita 1 y zeolita 2, se sometieron junto a un testigo, para valorar su efecto en la digestibilidad del alimento. El M3C5, fue el único que presentó efectos negativos (menos material digerido) con respecto al testigo (gráfico 3).

Tabla 1. Caracterización de los minerales preseleccionados.

Mineral	Mineral afín	Área (m <sup>2</sup> /g)	Rango diámetro de poro Å
Ball clay	Cuarzo, Caolinita	23.75	38
Bentonita	Caolinita, Halloisita, Cuarzo	41.78	38, 320
Carrizalillo	Montmorillonita cálcica, Microclina, Albita	5.05	38
M3C5	Caolinita, Cuarzo, Tridimita	63.07	38, 79, 185
Morrión	Cuarzo, Vermiculita, Calcita, Albita, Montmorillonita	28.84	38
Ñachica	Cuarzo, Mica, Zeolita, Caolinita, Biotita	17.13	38
Teguas	Cuarzo, Mica, Hidrobiotita, Biotita, Montmorillonita	18.49	38
Pumita	Mica de calcio, Vidrio volcánico, Albita	1.29	27, 38, 65
Diatomita	Cristobalita	1.41	28, 38
Zeolita 1	Clinoptilolita-K, Cuarzo	26.26	38
Zeolita 2	Clinoptilolita-K, Cuarzo	29.51	38

**Segunda etapa.** Los minerales, ñachica, teguas, zeolita 1 y zeolita 2, fueron los que cumplieron satisfactoriamente con las evaluaciones de la primera etapa. Para la adsorción de gases, los 4 minerales mostraron índices de producción de gas inferiores a los del testigo, por lo que se consideró la presencia de un efecto adsorbente (gráfico 4, líneas punteadas con indicador). En la cromatografía de gases mostró que las proporciones de los gases generados durante la fermentación *in vitro*, no sufrieron alteraciones con la presencia de los minerales, ya que los

porcentajes CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub> permanecieron en valores considerados normales (CH<sub>4</sub> del 26 - 40%, CO<sub>2</sub> aproximado a 60% y el H<sub>2</sub> variable), De acuerdo con Oliviera y colaboradores en 2013.



Gráficos 1 y 2. Resultados de la prueba de adsorción de GEI en los aditivos preseleccionados.

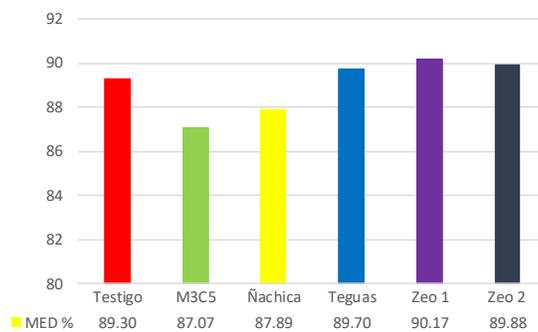


Gráfico 3. Resultados de la prueba de digestibilidad.

La desorción de los gases se observó a temperaturas superiores a las que se dan en el rumen (superiores a los 45°C) por lo que no se liberaron partículas de gas durante las 48 horas que duró el experimento. Para el análisis termogravimétrico, las 4 muestras alcanzaron peso constante antes de los 100 °C, lo que corresponde a la fase gaseosa ocluida en los poros del mineral. Al determinar la capacidad real de adsorción, fue la zeolita fue la que obtuvo mejores resultados (tabla 2). El análisis estadístico arrojó que todos los tratamientos presentaron diferencias significativas con respecto al testigo (inferiores), en un análisis de comparación múltiple de Dunnett con un 95% de confianza. Para el modelo de Groot la SCM fue igual a la de los tratamientos (209301.2049), indicando una sola fuente de variación que excluye al error. El R<sup>2</sup> explicó el 67.57 % por lo que existe una relación directa con la covariable. Se concluye que hay diferencias significativas entre los coeficientes de regresión pues se obtuvo un valor de 0.0002 (Pr>F).

Tabla 2. Capacidad real de gas adsorbido por los minerales naturales porosos.

Mineral	Diferencia de producción de gas (ml) entre el Testigo y el mineral	Capacidad real de gas adsorbido (g)	Capacidad real de gas adsorbido (ml gas/g mineral)
Ñachica	116.451042	0.2273	77.0988
Teguas	109.396833	0.3000	97.3924
Zeolita 1	164.150360	0.5030	238.3423
Zeolita 2	118.869968	0.7120	275.2236

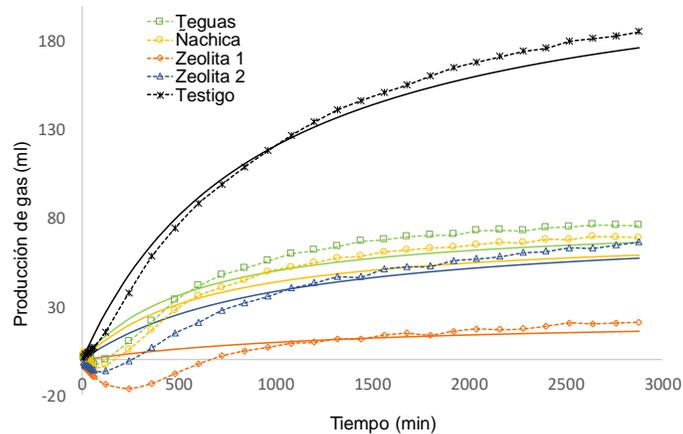


Gráfico 4. Comparación de las curvas de adsorción de gas de los datos experimentales (línea punteada) y los obtenidos por el modelo de Groot (línea continua) .

## CONCLUSIONES

Los materiales porosos no sufrieron cambios estructurales durante la prueba de exposición al medio, sin embargo, solo 4 de ellos tuvieron efecto positivo en adsorción de gases, pues su presencia no provoca desequilibrio en la relación a las variables presentes en la digestión *in vitro*, ni en la digestibilidad, además, manifestaron alta capacidad adsorbente con hasta 275 ml/g de material. Debido a la posible eficiencia de estos materiales en la adsorción de GEI dentro del rumen, se podrían disminuir las emisiones de los mismos, ayudando a mitigar el impacto en el medio ambiente.

## LITERATURA CITADA

- Berra G., L. Finster. 2002. Emisión de gases de efecto invernadero; influencia de la ganadería Argentina. IDIA 21 (Supl.2):212-215.
- Mojica Mier, M. 2010. Establecimiento y uso de la técnica de digestibilidad *in vitro* para evaluar nutricionalmente maíz forrajero. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz, Veracruz.
- Oliveira, V., J. S. Neto y R. Valença. 2013. Características químicas e fisiológicas da fermentação ruminal de bovinos em pastejo–Revisão de literatura. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, 20:1 1-21.
- Sosa, A., J. Galindo, R. Bocourt. 2007. Metanogénesis ruminal: aspectos generales y manipulación para su control. Revista Cubana de Ciencia Agrícola (Supl.41):105-114
- Villar C. C. 2006. Medio ambiente y ganadería. En: <http://www.produccion-animal.com.ar/> Consultado 20 Abril 2014.



differences ( $P < 0.05$ ) were presented for the death rate of stems, between genotypes and time of year. It is concluded that genotypes have a good response to growth even in conditions in the absence of moisture and can be used as a native forage alternative.

**Keywords:** Stems, genetic resources, evaluation.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos más importantes de la producción forrajera es la capacidad de la planta para producir rebrote y la velocidad con que el mismo ocurre. En gramíneas en estado vegetativo, donde los meristemos de crecimiento permanecen al nivel del suelo y fuera del alcance del pastoreo, el rebrote no es afectado y se produce rápidamente a partir de los centros meristemáticos que no han dejado de formar hoja o nuevos macollos. Cuando los macollos comienzan a pasar a la etapa reproductiva, la formación de la inflorescencia inhibe el crecimiento de nuevos macollos. Este efecto se denomina dominancia apical. La posición y el número de meristemos de crecimiento no son los únicos factores que afectan el rebrote, también influyen la cantidad de material fotosintético remanente y las reservas de carbohidratos de la base de tallos y coronas (Beguet, *et al.*, 2001). Existen factores como aspectos hormonales, fotosensibilidad, ambiente y manejo de la pradera, que intervienen en la aparición de nuevos tallos (Lemaire *et al.*, 2000).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se realizó en el Sitio Experimental Costa de Jalisco de INIFAP, localizado entre en el límite de los municipios de La Huerta y Casimiro Castillo, Km 204 de la carretera Guadalajara-Barra de Navidad, a 19° 31' 15" latitud norte y 104° 32' 00" longitud oeste, a una altitud de 298 msnm. El tipo climático al que pertenece es Aw<sub>1</sub> (Ruiz *et al.*, 2003) y la zona térmica es cálida con lluvias en verano, temperatura media anual de 26.8°C, precipitación promedio anual de 1452 mm. El tipo de suelo es Feozem háplico y pH, en los primeros 30 cm, es ligeramente ácido, con 6.1., se trabajó con ocho de los mejores genotipos que mostraron mejor vigor y establecimiento al momento de la siembra, se establecieron en parcelas de 2 × 4 m, con cuatro surcos de cinco plantas cada uno a 50 cm de separación y 2 m entre parcelas, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Antes de iniciar el experimento, las parcelas se cortaron para uniformizar altura y cada corte experimental, se realizó a 15 cm sobre el nivel del suelo; posteriormente, el corte de forraje se realizó cada 28 y 42 días, para lluvias y seca respectivamente. Para determinar la dinámica poblacional de tallos se utilizó la metodología descrita por Hernández *et al* (1997). Se colocaron aleatoriamente un cuadro de varilla de  $\frac{3}{8}$  de 25 × 25 cm, todos los tallos dentro de cada cuadro se marcaron con anillos de cables de un mismo color y se consideraran como población inicial. Posteriormente cada 28 y 42 días para lluvias y secas respectivamente, los tallos nuevos se marcaron con anillos de color diferente, para diferenciar cada generación y, a los tallos muertos, se les retiró el anillo, para contabilizarlos (Según correspondiera la época). Al mismo tiempo, se registró la cantidad de tallos vivos de las generaciones anteriores y por diferencia con la población anterior, para cada generación se calculó la cantidad de tallos muertos. Los datos individuales en cada cuadrado, fueron usados para calcular los cambios en la densidad poblacional de tallos, tasa de aparición y tasa de muerte de tallos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para este caso se observaron diferencias ( $P < 0.05$ ) entre genotipos para cada corte y para tasa de aparición de tallos (Cuadro 1). El G-1 mostró mayor número rebrotes en el primer corte, le sigue

el G-28, G-4 y el G-28 sobresale, para finalmente ser el G-25, el cual, en el último corte es mejor en la tasa de aparición de tallos. Los factores que afectan la producción de tallos están ligados a la humedad del suelo, temperatura, nutrición. Por su parte Martínez *et al.* (2008), obtuvieron una densidad de tallos de 5, 749 y 5, 662 tallos m<sup>-2</sup> al cosechar cada cuatro semanas en pasto *B. humidicola*. Difante *et al.* (2008), obtuvieron mayor densidad de tallos 1, 301 tallos m<sup>-2</sup> del pasto Marandú, al cosechar a 20 cm de altura. Sbrissica y Da silva (2008), consignan que, al cosechar a 15 cm de altura, aumenta la velocidad del flujo de tejido y se incrementa la tasa de aparición y muerte de tallos. Como se puede apreciar (Cuadro 1) hubo diferencia significativa (P<0.05) en la tasa de aparición de tallos para la época del año, siendo mejor para el periodo de lluvias. Las condiciones ambientales influyeron en la tasa de aparición de tallos, la precipitación durante el periodo de estudio fue favorable ya que permitió la aparición de nuevos tallos; mientras tanto, en la época seca ocurrió lo contrario. Este experimento se realizó en terrenos con condiciones diferentes a las que el pasto habitualmente crece, se puede atribuir la baja tasa de aparición de tallos al estrés hídrico, aunado a esto, condiciones de suelo diferentes y al hecho de que el periodo de evaluación fue el mismo al del establecimiento de las parcelas. A pesar de estos inconvenientes el pasto mostró un aceptado comportamiento. El pasto recibió riego en la época crítica, pero el estrés hídrico causado, al demandar condiciones de anegamiento, fue menor la incidencia de tallos nuevos en la época seca. Para la tasa de muerte de tallos se observaron diferencias (P<0.05), entre genotipos y época del año. (Cuadro 2). En el primer corte G-1 presentó mayor número de tallos muertos en la época de lluvias, con 12 tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>; mientras que en la época seca, los G-4, G-27 y G-28 tuvieron mayor número con 10, 7 y 6 tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente; para el segundo corte, G-25 presentó mayor número en la época de lluvias y G-26 para la época de seca con el mismo número de tallos para las dos épocas (12 tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>); para el tercer y cuarto corte, se observaron diferencias (P<0.05; Cuadro 9) entre genotipo y época del año, con mayor número de tallos muertos en la época de lluvias y, para el último corte, el comportamiento fue muy parecido, G-1 y G-4 presentaron mayor número de tallos muertos en lluvias; mientras que, en seca los G-25, G-26 y G-28 presentaron mayor tasa de muerte de tallos, estos comportamientos fueron mayores en algunos cortes en lluvias y otros en seca, se puede atribuir a un comportamiento que muestra Azuche al permanecer fuera de sus condiciones donde este crece mejor y a la plasticidad morfológica que muestra, al desarrollarse en diferentes sitios agroecológicos.

Cuadro 1. Tasa de aparición de tallos (tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) en genotipos de Azuche.

Genotipo	29/07/13	27/08/13	24/09/13	26/06/14	24/07/14	10/12/13	22/01/14	05/03/14	17/04/14	29/05/14
	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**
G-1	17 <sup>aA</sup>	24 <sup>abA</sup>	7 <sup>abNS</sup>	16 <sup>aA</sup>	3 <sup>NS</sup>	13 <sup>bB</sup>	8 <sup>abcdB</sup>	9 <sup>a</sup>	7 <sup>bcdB</sup>	3 <sup>NS</sup>
G-4	11 <sup>bcA</sup>	21 <sup>bA</sup>	11 <sup>aA</sup>	11 <sup>bA</sup>	3 <sup>NS</sup>	6 <sup>cB</sup>	5 <sup>dB</sup>	6 <sup>bcB</sup>	5 <sup>cdB</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-9	11 <sup>cA</sup>	13 <sup>cA</sup>	10 <sup>aA</sup>	13 <sup>bA</sup>	3 <sup>NS</sup>	7 <sup>cB</sup>	5 <sup>dB</sup>	6 <sup>abcB</sup>	4 <sup>dB</sup>	3 <sup>NS</sup>
G-13	10 <sup>cA</sup>	10 <sup>cA</sup>	2 <sup>cB</sup>	7 <sup>cNS</sup>	3 <sup>NS</sup>	2 <sup>dB</sup>	6 <sup>cdB</sup>	5 <sup>cA</sup>	8 <sup>abc</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-25	14 <sup>abA</sup>	24 <sup>abA</sup>	6 <sup>bNS</sup>	12 <sup>bNS</sup>	6 <sup>NS</sup>	8 <sup>cB</sup>	9 <sup>abcB</sup>	5 <sup>c</sup>	9 <sup>ab</sup>	4 <sup>NS</sup>
G-26	11 <sup>bcB</sup>	22 <sup>bA</sup>	9 <sup>aA</sup>	17 <sup>aA</sup>	4 <sup>NS</sup>	17 <sup>aA</sup>	10 <sup>abB</sup>	5 <sup>bcB</sup>	8 <sup>abcB</sup>	2 <sup>NS</sup>
G-27	9 <sup>cB</sup>	13 <sup>cNS</sup>	5 <sup>bB</sup>	13 <sup>bA</sup>	4 <sup>NS</sup>	15 <sup>abA</sup>	11 <sup>a</sup>	8 <sup>abA</sup>	8 <sup>abcB</sup>	4 <sup>NS</sup>
G-28	15 <sup>aNS</sup>	26 <sup>aA</sup>	12 <sup>A</sup>	17 <sup>aA</sup>	4 <sup>NS</sup>	14 <sup>b</sup>	7 <sup>bcdB</sup>	5 <sup>cB</sup>	11 <sup>ab</sup>	4 <sup>NS</sup>

EEM 1.1 1.2 1.0 1.1 0.7 1.1 1.2 1.0 1.1 0.7

Diferente literal minúscula cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)  
 Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)  
 EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

Cuadro 2. Tasa de mortalidad de tallos (tallos m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>) en genotipos de Azuche.

Genotipo	29/07/13	27/08/13	24/09/13	26/06/14	24/07/14	10/12/13	22/01/14	05/03/14	17/04/14	29/05/14
	*	*	*	*	*	**	**	**	**	**
G-1	12 <sup>aA</sup>	5 <sup>cdNS</sup>	9 <sup>cdNS</sup>	15 <sup>bA</sup>	12 <sup>aA</sup>	5 <sup>bB</sup>	7 <sup>cd</sup>	11 <sup>a</sup>	8 <sup>bcB</sup>	7 <sup>bB</sup>
G-4	8 <sup>bNS</sup>	7 <sup>cA</sup>	15 <sup>aA</sup>	6 <sup>cA</sup>	8 <sup>bcA</sup>	10 <sup>a</sup>	3 <sup>fb</sup>	4 <sup>bB</sup>	1 <sup>eB</sup>	5 <sup>bcB</sup>
G-9	5 <sup>cdeNS</sup>	10 <sup>bNS</sup>	13 <sup>abNS</sup>	6 <sup>cNS</sup>	8 <sup>bcNS</sup>	5 <sup>b</sup>	9 <sup>b</sup>	12 <sup>a</sup>	5 <sup>d</sup>	7 <sup>b</sup>
G-13	4 <sup>defNS</sup>	5 <sup>dNS</sup>	11 <sup>bcA</sup>	7 <sup>cA</sup>	3 <sup>dNS</sup>	6 <sup>b</sup>	3 <sup>ef</sup>	5 <sup>bB</sup>	3 <sup>deB</sup>	2 <sup>c</sup>
G-25	6 <sup>bcNS</sup>	12 <sup>aA</sup>	12 <sup>abA</sup>	7 <sup>cNS</sup>	3 <sup>dB</sup>	8 <sup>ab</sup>	8 <sup>bcB</sup>	5 <sup>bB</sup>	8 <sup>c</sup>	14 <sup>aA</sup>
G-26	5 <sup>cdNS</sup>	5 <sup>dB</sup>	8 <sup>deA</sup>	20 <sup>aA</sup>	12 <sup>aB</sup>	4 <sup>b</sup>	12 <sup>aA</sup>	4 <sup>bB</sup>	12 <sup>aB</sup>	16 <sup>aA</sup>
G-27	2 <sup>feB</sup>	2 <sup>eB</sup>	14 <sup>abA</sup>	15 <sup>bA</sup>	6 <sup>cNS</sup>	7 <sup>abA</sup>	7 <sup>cdA</sup>	6 <sup>bB</sup>	11 <sup>abB</sup>	5 <sup>bc</sup>
G-28	3 <sup>eB</sup>	4 <sup>dNS</sup>	5 <sup>eNS</sup>	7 <sup>cNS</sup>	10 <sup>abB</sup>	6 <sup>bA</sup>	5 <sup>de</sup>	5 <sup>b</sup>	8 <sup>bc</sup>	15 <sup>aA</sup>
EEM	0.87	0.65	1.1	0.95	1.0	0.87	0.65	1.1	0.95	1.0

Diferente literal minúscula cada hilera indican diferencia significativa (P<0.05)  
 Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa (P<0.05)  
 EEM= Error estándar de la media, \* Lluvia, \*\* seca.

### CONCLUSIONES

Los G-1 y 28 presentaron mayor tasa de aparición de tallos, fue el mismo caso para la mortalidad de tallos, se pudo observar que a pesar de que el pasto es de zonas inundables presenta una buena respuesta al estrés ocasionado por la falta de humedad, presentando comportamientos de crecimiento diferentes.

Los recursos genéticos del pasto azuche presentan buena persistencia aun en condiciones no inundables, lo que puede ser una buena alternativa para implementar praderas con riego. Los materiales evaluados presentan un buen desarrollo radicular que les permite soportar periodos prolongados de sequía y llegando el temporal iniciar nuevamente su crecimiento. Se debe apreciar a las especies nativas como excelentes forrajeras



## LITERATURA CITADA

- Beguet H. A. y G. A. Bavera. (2001). Fisiología de la planta pastoreada. Curso de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar). Consultado en agosto de 2019.
- Difante, S. G., Nascimento, J. S., Da Silva, C. V. B., Euclides, M.A., Zanine, B. Adese. (2008). Dinámica do perfilhamento do campim – marandu cultivado em duas Alturas e tres intervalos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 37:189-19.
- Lemaire, G., Hodgson, J., De Moraes, A., Carvalho, P.C. de F. and Nabinger C. (2000). Grassland Ecophysiology And Grazing Ecology. Cab International. 422p.
- Martínez, M. D., Hernández G. A., Enríquez Q. J. F., Pérez, P. J., González, M. S. S., Herrera, H. J. G. (2008). Producción de forrajes y componentes del rendimiento dl pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferentes manejos de defoliación. Tec. Pec. Méx. 46(4): 427-438.
- Ruiz C. J. A., González A. I. J., Regalado R. J. R., Anguiano C. J., Vizcaíno V. I. y González E. D. R. (2003). Recursos edafo-climáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Jalisco. INIFAP. Libro técnico n° 2. 172p.
- Sbrissia, F. A., Da Silva, S. C. (2008). Compensacao tamaño/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu, R. Bras. Zootec. 37 (1): 35-47.

# PRODUCCIÓN DE BIOMASA RAMONEABLE DE MEZQUITE Y HUIZACHE EN LA COMARCA LAGUNERA

## BROWSE BIOMASS PRODUCTION OF MESQUITE AND HUIZACHE IN LA COMARCA LAGUNERA

Daniel Villarreal Martínez<sup>1</sup>, Edmundo Castellanos Pérez<sup>1</sup>, Ana I. Maraña Santacruz<sup>1</sup>, Héctor D. García Sanchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango

### RESUMEN

El mezquite y el huizache son plantas que crecen en ambientes áridos, pero no son plantas ahorradoras de agua ya que tienen raíces profundas que les permiten tener rebrotes en primavera sin la presencia de lluvia o irrigación. Estos rebrotes pueden ser usados por el ganado caprino como forraje. Conocer la cantidad de follaje producido en los arbustos susceptibles al ramoneo es importante. Debido a que el huizache y el mezquite son arbustos que producen rebrotes en primavera en zonas áridas sin lluvia presente el objetivo fue medir la cantidad de follaje ramoneable de estos dos arbustos en otoño y en primavera en la Comarca Lagunera. Las mediciones en ramitas con follaje fueron hechas en el municipio de Francisco I. Madero en noviembre y abril. El mezquite presentó más follaje que el huizache. Asimismo, hubo más follaje en abril que en noviembre, lo que muestra que estas plantas producen más follaje en primavera que en otoño.

**Palabras clave:** mezquite, huizache, biomasa, regresión.

### ABSTRACT

Mesquite and *Acacia farnesiana* grow in arid environments but these plants do not use low water amounts. These plants have deep roots which they have new twigs in spring season without rainfall nor irrigation. These new twigs can be used by goats. Forage amount that shrubs produce is important. Because *Acacia farnesiana* and mesquite produce new twigs in spring season without rainfall the objective was to measure their forage amount in autumn and spring seasons. Measurements were made in twigs in the municipality of Francisco I. Madero Coahuila in November and April. Mesquite had more leaves weight than *Acacia farnesiana*. There was more leaves weight in April than in November, showing that these plants produce more leaves in Spring than in Autumn.

**Keywords:** mesquite, huizache, biomass, regression.

### INTRODUCCIÓN

En vegetación de matorrales es importante saber la cantidad de forraje que se tiene usando características dimensionales de estas plantas para obtener índices de materiales forrajeros y llevar a cabo un pastoreo adecuado usando caprinos (Quiñones-Vera *et al.* 2014b). El mezquite tiene un sistema radicular profundo (Passera 2000, Abdulahi *et al.* 2017) al igual que el huizache. El mezquite y el huizache tienen usos que van desde hacer carbón y artesanías hasta forraje para el ganado doméstico entre otros usos (Reséndiz-Flores *et al.* 2106) en las zonas áridas y semiáridas, y otros autores mencionan que las hojas del mezquite no son palatables (Sawal *et al.* 2004, Abdulahi *et al.* 2017) lo que le permite ser planta invasora. En los matorrales las técnicas para determinar la disponibilidad de forraje son más difícil que la estimación en zacatales, donde además

de la estructura de la planta se debe considerar la disponibilidad en diferentes temporadas del año (Quiñones-Vera *et al.*, 2014a). El objetivo del trabajo fue estimar la biomasa forrajera de ramitas de mezquite y huizache en primavera y otoño.

### **MATERIALES Y METODOS**

La investigación se llevó a cabo en el ejido el Porvenir de Arriba municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. Esta localidad se encuentra en la latitud norte 25.777602 y la longitud oeste-103.323672. El clima es generalmente seco y semi-cálido extremo. El suelo es vertisol (INEGI 2009). Se cortaron 150 ramitas de mezquite y 150 ramitas de huizache en otoño, el 24 y 25 de noviembre del 2018. Por cada especie de arbusto se cortaron  $n=145$  ramitas, con la misma proporción de ramitas de 5, 10 y 15 cm de longitud. En primavera, el 22 y 23 de abril del 2019 fue la segunda colecta de 116 ramitas de huizache y 153 ramitas de mezquite en proporción igual de 5, 10,15 cm de longitud como en el muestreo de otoño. Después de coleccionar las ramitas, se pusieron a secar al sol en bolsas de papel durante 15 días. En el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED se separaron hojas y tallos de cada muestra, donde las hojas fueron pesadas en una báscula Aventure Ohaus con dos dígitos de fracción de la unidad gramo. Usando los datos de peso de hoja por especie y los datos de longitud de ramita se procedió a encontrar el modelo de regresión simple donde “y” fue la biomasa de hoja y “x” la longitud de la rama. Se verificaron los residuales estudentizados con los valores predichos para cada modelo y los valores aberrantes fueron eliminados hasta que los modelos tuvieron un coeficiente de determinación superior a 0.50.

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Modelo de regresión de biomasa ramoneable de mezquite en otoño. Al realizar la regresión entre biomasa ramoneable y longitud de ramita,  $n=153$ , el coeficiente de determinación fue de 0.113 por lo que luego usando los residuales student se eliminaron 40 pares de datos, pero aun así el coeficiente de determinación fue 0.265. Se quitaron otros 48 pares de datos con residuales student y el modelo de regresión encontrado para estimar la biomasa ramoneable de mezquite en gramos con la longitud de la ramita fue en cm  $Y = 0.04857 + 0.02034X_1$  con  $R^2 = 0.541$ ,  $n = 65$ .

Modelo de regresión de biomasa ramoneable de huizache en otoño. Se realizó la regresión entre biomasa ramoneable de esta planta y la longitud de las ramitas  $n=116$ . El coeficiente de determinación fue 0.253. Usando los residuales student se eliminaron 26 pares de datos. Así, el modelo encontrado fue  $Y = -0.04771 + 0.01542X_1$  con  $R^2 = 0.639$  donde Y es la biomasa ramoneable en gramos y  $X_1$  es la longitud de ramitas en cm,  $n = 90$ .

Modelo de regresión de biomasa ramoneable de mezquite en primavera. Al realizar la relación de longitud de ramita con la biomasa de mezquite la  $R^2$  fue de 0.127,  $n=145$ . Posterior a la primera corrida, se eliminaron 33 pares de datos a través de los residuales student. Se obtuvo luego, sin estos 33 pares de datos eliminados, un coeficiente de determinación de 0.251 por lo que nuevamente a través de los residuales student fueron eliminados 36 pares de datos. El modelo de regresión encontrado fue  $Y=0.05357+0.03777 X_1$  con  $R^2 = 0.571$ ,  $n = 76$ , con Y en gramos y  $X_1$  en cm.

Modelo de regresión de biomasa ramoneable de huizache en primavera. Al realizar la relación de biomasa ramoneable de huizache con longitud der ramita y  $n = 145$ , se encontró un coeficiente de determinación debajo de 0.292. Se eliminaron con el uso de residuales student 18 pares de datos resultando un coeficiente de determinación de 0.428. En la siguiente corrida 7 pares de datos se

eliminaron y se encontró un  $R^2 = 0.472$ . Luego se eliminaron 11 pares de datos resultando 0.493. Finalmente se eliminaron 3 pares de datos y se encontró un modelo de regresión de  $Y = 0.00912 + 0.01549 X1$  con  $R^2 = 0.588$ ,  $n = 106$ , con Y en gramos de materia seca y X1 en cm.

Para encontrar modelos de regresión con coeficiente de determinación arriba de 0.50, en mezquite se tuvieron que eliminar más datos, lo que indica que éste arbusto presentó mayor variación en su biomasa ramoneable en las ramitas de 5 a 15 cm que en el huizache. Se encontró una variación alta en los datos analizados, a diferencia de Felker et al. (1989) quienes reportaron  $R^2$  mayores a 0.87 en mezquite estimando la biomasa con los diámetros de los tallos.

El mezquite presentó mayor cantidad de biomasa ramoneable que el huizache tanto en el otoño como en primavera en las tres longitudes de rama (Cuadro 1 y 2) y los dos arbustos presentaron más biomasa en primavera que en otoño.

Cuadro 1. Media y desviación estándar de la media de la biomasa ramoneable de mezquite y huizache en cada longitud de ramita en otoño.

Mezquite				Huizache			
Longitud (cm)	$\bar{Y}$ (g)	n	$S\bar{y}$	Longitud (cm)	$\bar{Y}$ (g)	n	$S\bar{y}$
5	0.139	24	0.0156	5	0.026	41	0.0048
10	0.275	23	0.0148	10	0.116	28	0.0105
15	0.339	18	0.0181	15	0.177	21	0.0128

Cuadro 2. Media y desviación estándar de la media de la biomasa ramoneable de mezquite y huizache en cada longitud de ramita en primavera.

Mezquite				Huizache			
Longitud (cm)	$\bar{Y}$ (g)	n	$S\bar{y}$	Longitud (cm)	$\bar{Y}$ (g)	n	$S\bar{y}$
5	0.242	34	0.024	5	0.084	41	0.006
10	0.432	21	0.029	10	0.170	38	0.009
15	0.620	21	0.032	15	0.237	27	0.012

### CONCLUSIONES

Se encontró mucha variabilidad en los datos para encontrar una relación entre la longitud de las ramitas de mezquite y huizache con su producción de hojas en otoño y primavera. El mezquite presentó mayor cantidad de hojas en las ramitas muestreadas que el huizache en las dos estaciones del año.



## LITERATURA CITADA

- Abdulahi M.M., J. A. Ute, and T. Regasa. 2017. *Prosopis juliflora* L: Distribution, impacts and available control methods in Ethiopia. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20:75-89
- Felker, P., Smith, D., Wiesman, C. and Bingham, R.L. 1989. Biomass production of *Prosopis alba* clones at two non-irrigated field sites in semiarid south Texas. *For. Ecol. Manage.*, 29: 135-150.
- INEGI. 2009. [http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos\\_geograficos/05/05009.pdf](http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/05/05009.pdf)
- Passera C.B. 2000. Fisiología de *Prosopis* spp. *Multequina* 9(2): 53-80
- Quiñones-Vera J.J., E. Castellanos-Pérez, y C.M. Valencia-Castro. 2014a. Manejo del pastoreo en Caprinos. En: Manejo de Recursos Naturales y Sistemas de Producción Caprina. pp. 173-197. J.J. Martínez-Ríos, E. Castellanos-Pérez y J.S. Serrato-Corona (eds.) Editorial UJED. Durango, Dgo.
- Quiñones-Vera J.J., G. Jiménez-González, C.M. Valencia-Castro, T. Sánchez-Olvera, J.J. Martínez-ríos y J. Puentes-Gutiérrez. 2014b. Descripción de un sistema de producción caprina en zonas áridas. En: Manejo de Recursos Naturales y Sistemas de Producción Caprina. pp. 137-172 . J.J. Martínez-Ríos, E. Castellanos-Pérez y J.S. Serrato-Corona (eds.) Editorial UJED. Durango, Dgo.
- Sawal R.K., R. Ratan and S. B. S. Yadav. 2004. Mesquite (*Prosopis juliflora*) Pods as a Feed Resource for Livestock -A Review-. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* Vol 17, No. 5:719-725.

## FUNGICIDAS CONTRA PATÓGENOS DE SEMILLA DE PASTO BANDERITA

## FUNGICIDES AGAINST ISOLATED SIDE OATS GRAMA SEED'S PATHOGENS

Alicia Zárate Ramos<sup>1</sup>, Leonor Miranda Jiménez<sup>1</sup>, Leticia Robles Yerena<sup>2</sup> Adrián R. Quero Carrillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, IREGEP-Ganadería: 2 SENASICA-SADER, Tecamac, Edo. de México

### RESUMEN

Los hongos constituyen un importante grupo de patógenos que afectan a la semilla y pueden ser vector importante para limitar el establecimiento y desarrollo de plántulas. Se ha probado que el tratamiento de semilla con fungicidas controla y disminuye el daño potencial causado por hongos. En el mercado, existen diversos fungicidas comerciales autorizados para el tratamiento de semilla con amplio espectro de acción o dirigidos un grupo específicos de hongos. La introducción de hongos patógenos a nuevas áreas de cultivo ocurre principalmente a través de semilla, bulbos, tubérculos y esquejes; así como ramillas, espiguilla y carióspsides, en el caso de propágulos de pasto Banderita. Estos patógenos pueden causar daños a la misma semilla, plántula o limitar el desarrollo del cultivo. Se evaluaron cuatro fungicidas comerciales: Benomilo, Captan, Tiofanato metílico y *Bacillus subtilis* a diferentes concentraciones contra *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis*, *Fusarium incarnatum*, hongos aislados de semilla comercial de pasto Banderita *Bouteloua curtipendula*. La prueba de sensibilidad a fungicidas *in vitro* se desarrolló mediante la técnica de envenenamiento del medio de cultivo. La dosis efectiva del 50 % (DE<sub>50</sub>) se estimó mediante análisis de regresión no lineal en el programa Graphad Prism 8.2, en relación al porcentaje de inhibición del crecimiento micelial. La comparación de medias estimó que *Bacillus subtilis* presentó efectividad del 97 %, Tiofanato 96 %, Captan 93 % y Benomilo 46 % para inhibir el crecimiento micelial de hongos en la semilla, por lo que pueden utilizarse como tratamientos preventivos.

**Palabras claves:** *Bouteloua curtipendula*, tratamiento a la semilla, tratamiento sanitario de semilla.

### ABSTRACT

Fungus are an important pathogenic group damaging seeds and may be an important vector to reduce seedling establishment as well as crop development. The application of fungicides to the seed reduces the potential damage promoted by fungus. Commercially available fungicides have been authorized for seed preventive treatment possessing a wide action spectra or targeted to specific fungi species. Pest fungus introduction to new cropping areas occurs mainly through seed, bulbs, tillers as well as spikelets and caryopsis in the case of sideoats grama. This pathogens may promote damages to the seed, seedling or restrict crop development. Four commercial fungicides were evaluated: Benomilo, Captan, Tiofanato metílico, and *Bacillus subtilis* to different concentration against *Alternaria alternate*, *Bipolaris cynodontis*, *Fusarium incarnatum* species isolated previously on commercial seed of sideoats grama *Bouteloua curtipendula*. Sensitivity test to *in vitro* fungicides was developed through the “media poisoning” technique. Effective dosage to 50% (DE<sub>50</sub>) was estimated through non-linear regression analysis (Graphad Prism 8.2), related to inhibition percentage of micelial growth. Mean comparisons determined *Bacillus subtilis* with 97% of effective control, Tiofanato (96%), Captan (93%), and Benomilo (46%) in order to arrest micelial growth on seed, so these may be selected as good options for sanitary seed treatments.

**Keywords:** *Bouteloua curtipendula*, seed treatment, sanitary treatments to seed.

## INTRODUCCIÓN

Las enfermedades en las plantas a menudo tienen impacto económico significativo en el desarrollo del cultivo, rendimiento y calidad del producto esperado (praderas establecidas, tubérculos, forraje, granos y semillas, entre los principales); de aquí, la importancia del manejo de enfermedades como componente esencial en la producción. En general, existen tres razones principales por las cuales se utilizan los fungicidas: a) Controlar enfermedades al establecimiento y desarrollo de cultivos. b) Incrementar la productividad y reducir daños al cultivo. c) Mejorar el período de almacenamiento, calidad de plantas y productos cosechados. Las mayores pérdidas por enfermedades ocurren después de la cosecha, durante el almacenamiento del grano para consumo o semilla para siembras futuras. El tratamiento de semillas ha demostrado ser un método práctico para controlar patógenos causantes de enfermedades. Los fungicidas pueden ser biológicos o químicos: preventivos (de contacto) o de erradicación (sistémicos); lo anterior es importante, considerando que los patógenos se asocian de forma externa (acompañando o en su superficie) e internamente (embebidos en tejidos) con las semillas. Los fungicidas biológicos, basados en el antagonismo que los microorganismos puedan presentar entre sí, poseen un modo de acción preventivo, protegiendo a semillas sanas contra patógenos del ambiente (empaque, almacenamiento, suelo). Se ha probado que el tratamiento de semilla con fungicidas controla y disminuye el daño causado por hongos. En el mercado, existen diversos fungicidas comerciales autorizados para tratamiento de semilla con amplio espectro de acción o dirigidos un grupo específicos de hongos. Una vez que la semilla es infectada, el control de patógenos es difícil y costoso. Mecanismos de acción: eliminación por competencia, producción de antibióticos e inducción o promoción de resistencia al patógeno. Entre los microorganismos factibles para el tratamiento a semilla incluyen a *Trichoderma* spp., *Bacillus subtilis* y *Streptomyces griseoviridis*, reportados como efectivos para controlar *Alternaria*, *Fusarium* y *Phomosis*. Los tratamientos químicos constituyen un método seguro, efectivo y económico de control debido a que el ingrediente activo generalmente, se aplica en dosis pequeñas comparado con la aplicación al cultivo en crecimiento y con menor impacto ecológico. Además, pueden ser efectivos contra avanzados grados de infección, debido a la acción sistémica de algunos fungicidas (Hopkins, 2016). El tratamiento debe efectuarse conociendo previamente a los patógenos involucrados y su localización en la semilla. Los fungicidas químicos preventivos o de contacto poseen efecto fungistático, ya que protegen a los tejidos vegetales inhibiendo la germinación de esporas del patógeno y, por tanto, el desarrollo de la enfermedad; su acción se limita a áreas tratadas, es decir, no poseen movilidad. Algunos fungicidas comerciales de contacto, usados en el tratamiento a semillas incluyen: Zineb, Maneb, Mancozeb, Thiram, Captan, Folpet, Quintozano y Clorotalonil. Los fungicidas sistémicos son móviles debido a atributos químicos que le permiten penetrar tejidos de la semilla y actuar de forma selectiva contra ciertos patógenos sin causar fitotoxicidad; sin embargo, la selectividad es su desventaja comparado con el amplio espectro de acción de fungicidas de contacto. Ejemplo de fungicidas sistémicos para tratamiento de semilla incluyen: Procloraz, Tebuconazole, Benomilo, Carbendazin, Tiabendazol, Metalaxil y Propamocarb, que han probado su efectividad contra patógenos Ascomicetes, Deuteromicetes y Oomicetes en semilla de varias especies (Arriagada, 2012).

Conocer la sensibilidad o resistencia del patógeno frente a un fungicida es vital para determinar el tipo de fungicida conveniente y la concentración a usar en el tratamiento de semilla. La sensibilidad puede determinarse por varios métodos, el más usado es el método de envenenamiento de medio de cultivo, bajo condiciones de laboratorio. El objetivo fue determinar el efecto *in vitro* de tres

fungicidas químicos: Benomilo, Captan, y Tiofanato metílico y el fungicida biológico *Bacillus subtilis* contra los hongos patógenos *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum* aislados (Zárate, 2019), de semilla comercial del pasto Banderita *B. curtipendula*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Los hongos evaluados incluyeron: *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum* aislados previamente de semilla comercial de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., proveniente del Valle del Mezquital, Hidalgo, cosechada en otoño 2017; los cuales, se identificaron morfológica y molecularmente por secuenciación ITS (Zárate, 2019; Fig. 1). Para la prueba, los hongos fueron incubados en medio de cultivo PDA (papa-dextrosa-agar) por ocho días, a temperatura de 28 °C ± 2. Se evaluaron cuatro fungicidas comerciales a diferente concentración: Captan (0.1, 0.5, 1, 5, 10, 100, 200 ppm), Benomilo (1, 5, 10, 100 ppm), Tiofanato metílico (0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 5, 10) y *Bacillus subtilis* (0.005, 0.01, 0.05, 1 ufc). La prueba de sensibilidad a fungicidas se hizo por el Método de envenenamiento del cultivo. Se preparó y esterilizó medio de cultivo PDA @Bioxon a 15 psi durante 15 minutos. Posteriormente, los fungicidas fueron adicionados cuando la temperatura del medio esterilizado bajó a 50 °C, para no afectar la composición del producto y un tratamiento testigo constituido por la nula aplicación de fungicida. El medio se vertió en cajas Petri de 15 × 90 mm; 24 horas después, las cajas se etiquetaron e inocularon colocando en el centro un disco de 5 mm de PDA con micelio del hongo respectivo.

**Análisis de datos.** La efectividad de los fungicidas se evaluó mediante diseño Completamente al Azar con tres repeticiones por concentración. El diámetro de la colonia se determinó en dos sentidos perpendiculares, cada 48 horas, hasta que el crecimiento del testigo llenó la caja Petri. El porcentaje de inhibición del crecimiento micelial se evaluó con la fórmula:  $(\varnothing\text{Testigo} - \varnothing\text{Tratamiento} / \varnothing\text{Testigo}) * 100$ . Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza previa transformación de los datos con la función arcoseno y la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) utilizando el programa estadístico R. La  $DE_{50}$  (dosis efectiva que inhibe el 50% del crecimiento micelial) se obtuvo al transformar previamente con función logarítmica cada concentración  $[\log(x)]$  y sometidos al análisis de regresión no lineal contra el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (y), empleando el programa Graphad Prism 8.2.

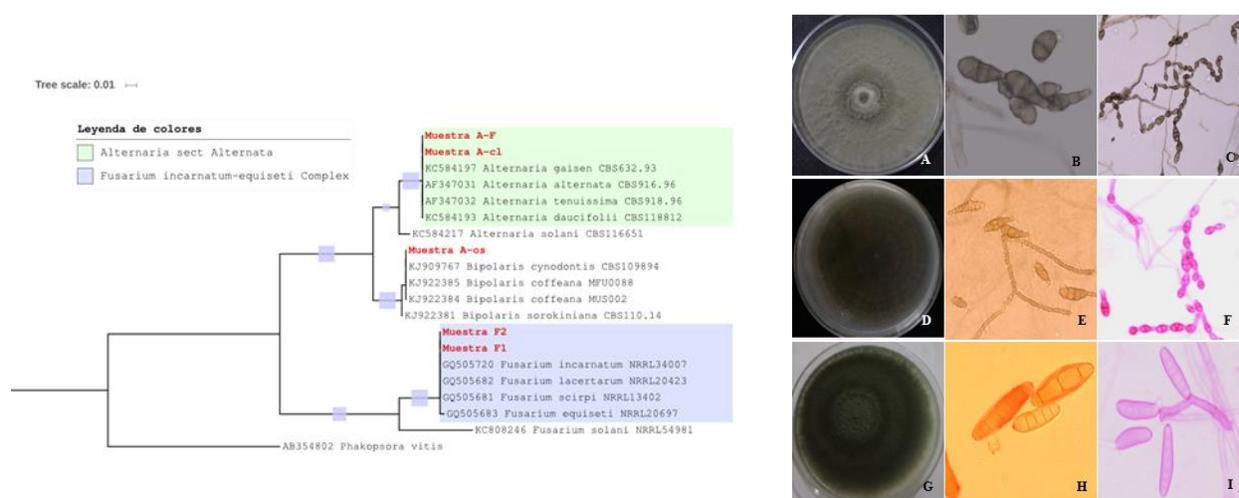


Figura 1. Izquierda. Filogenia de aislados de *Alternaria*, *Bipolaris* y *Fusarium* de semilla de pasto Banderita, procedente del Valle del Mezquital, Hidalgo. Derecha. Clasificación morfológica de hongos resultantes del cultivo (Zárate, 2019).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto la sensibilidad de *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum* a Captán, Benomilo, Tiofanato metílico y *Bacillus subtilis* (Cuadro 1), como el cálculo de la dosis efectiva que inhibe el 50 % del crecimiento micelial del hongo (DE<sub>50</sub>), fueron determinadas en el presente experimento (Cuadro 2). **Respuesta a Captán.** La concentración máxima evaluada (200 mg L<sup>-1</sup>) inhibió el crecimiento micelial de *A. alternata* en 83 %, *F. incarnatum* en 97 % y *B. cynodontis* al 100 % a partir de 100 mg L<sup>-1</sup>. Comparando con lo reportado por Parveen *et al.* (2013), quienes con una concentración de 200 mg L<sup>-1</sup> señalan inhibiciones de 36 % del crecimiento micelial de *A. alternata*, aislada de peras con síntomas de pudrición. En el presente trabajo se registró mayor efectividad contra *Alternaria*. Captán inhibió en promedio el 93 % del crecimiento micelial de los tres aislados. **Respuesta a Benomilo.** La máxima concentración evaluada (100 mg L<sup>-1</sup>) inhibió el crecimiento micelial de *A. alternata* en 10.7 %, *B. cynodontis* en 27 % y *F. incarnatum* fue inhibido al 100 %. Benomilo es efectivo para controlar a *F. incarnatum*; sin embargo, no controló efectivamente *Alternaria* o *Bipolaris*. La baja efectividad también fue reportada por Herrera *et al.* (2011), quienes utilizando una dosis de 500 mg L<sup>-1</sup>, señalan que inhibió sólo en 35.63 % el crecimiento de *A. alternata*, aislada de *Thevetia peruviana*; similarmente Cristóbal *et al.* (2013), con una dosis de 450 ppm, la cual inhibió 45 % del crecimiento de *Alternaria* spp., aislada de cultivos tropicales. **Respuesta al Tiofanato metílico.** La máxima concentración evaluada (10 mg L<sup>-1</sup>) inhibió al 100 % el crecimiento micelial de *A. alternata* y *B. cynodontis* y en 96 % a *F. incarnatum*. Tiofanato metílico presentó alta efectividad (96 %) de control contra los tres aislados. Es un fungicida sistémico (movimiento en la planta a través del xilema), preventivo, causa anomalías en la germinación de esporas, interfiere en la mitosis y síntesis del DNA de las células fúngicas. El tratamiento a semillas controla patógenos de la raíz como *Rhizoctonia* y *Fusarium* spp. **Respuesta a *Bacillus subtilis*:** La mínima concentración evaluada (0.005 mg L<sup>-1</sup>) inhibe más del 90 % del crecimiento micelial de los tres hongos. A partir 0.05 mg L<sup>-1</sup> se inhibió el crecimiento micelial de *A. alternata* en 93 %; el cual, representó el mayor efecto control alcanzado. *Bipolaris cynodontis* y *F. incarnatum* fueron inhibidos al 100 %, a partir de 0.01 mg L<sup>-1</sup>. Romero *et al.* (2015), obtuvieron datos similares con concentración de 0.01 mg L<sup>-1</sup> en *Fusarium solani*, aislado de frutos de chayote. Song *et al.* (2014), reportan el control efectivo del 70 % de *F. incarnatum* causante de pudrición de raíz en Giseng, usando *B. subtilis* a concentración de 1 x 10<sup>6</sup> UFC. Se ha demostrado que *B. subtilis* libera numerosos compuestos antifúngicos pertenecientes los Lipopéptidos (Bottero *et al.*, 2017), con capacidad de inhibir el crecimiento de patógenos. Estos compuestos tienen múltiples mecanismos de acción alterando procesos celulares como la homeostasis intracelular de calcio, metabolismo energético y procesamiento de RNA (Villareal *et al.*, 2018). El comportamiento dosis-respuesta, obtenida de cada concentración del fungicida y el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del hongo se reporta (Fig. 1). Las concentraciones evaluadas (eje de las ordenadas “x”) están representadas por su análogo logarítmico, dando como resultado la línea sigmoidea en las gráficas (Fig.1).

Cuadro 1. Comparación de medias de la máxima efectividad por fungicida en la inhibición del crecimiento micelial de *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum*, aislados de semilla comercial de pasto Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

	% Inhibición			
	Captán	Benomilo	Tiofanato M.	<i>Bacillus subtilis</i>
<i>A. alternata</i>	83.33c	10.76e	100 <sup>a</sup>	93b
<i>B. cynodontis</i>	100 <sup>a</sup>	27.37d	100 <sup>a</sup>	100a
<i>F. incarnatum</i>	97.76 <sup>a</sup>	100a	90.33b	100a

\*Medias con la misma literal son estadísticamente iguales.

Cuadro 3. Dosis que inhibe el 50 % del crecimiento micelial en semilla comercial de pasto Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Fungicida	DE <sub>50</sub> mg L <sup>-1</sup>	
	<i>A. alternata</i>	<i>B. cynodontis</i>
Captán	61.90	37.44
Benomilo	>100	>100
Tiofanato M.	0.77	0.49
<i>Bacillus subtilis</i>	0.00015	0.00023

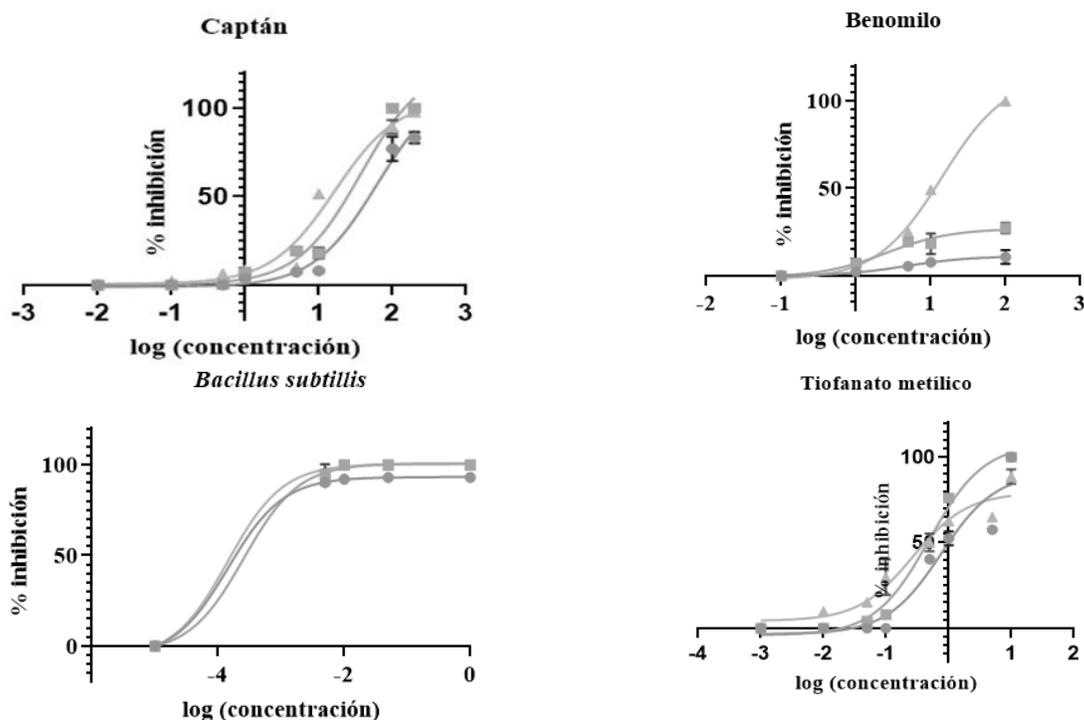


Figura1. Gráficas dosis - inhibición de fungicidas contra *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum* aislados de semilla comercial del pasto Banderita (Graphad Prism 8.2).

Los resultados muestran la efectividad de los fungicidas evaluados para controlar a los tres tipos de hongos detectados previamente como vectores potenciales en semilla comercial de *B. curtipendula*, con excepción de Benomilo. La combinación de fungicidas contacto + sistémico es una práctica común que complementan el tratamiento asegurando la protección de la semilla y su germinación suprimiendo la acción de hongos patógenos (Arriagada, 2012).

### CONCLUSIÓN

Los valores obtenidos para DE<sub>50</sub> de *Alternaria alternata*, *Bipolaris cynodontis* y *Fusarium incarnatum* variaron dependiendo del hongo y el fungicida; por lo tanto, se recomienda usar la DE<sub>50</sub> con mayor concentración del fungicida, para asegurar efectividad al 50 %. El fungicida de contacto Captán y el fungicida sistémicos Tiofanato metílico son efectivos para el control de *A. alternata*, *B. cynodontis* y *F. incarnatum*. Los fungicidas sistémicos inhiben el crecimiento micelial a partir de bajas concentraciones; lo anterior, en comparación con aquellas alcanzadas por Captan. No es recomendable el uso de Benomilo debido a la baja efectividad presentada. El fungicida biológico *Bacillus subtilis* fue el de mayor efectividad, inhibiendo en 90% a partir de la mínima

concentración evaluada, siendo una alternativa viable para el tratamiento de semillas por su potencial para controlar patógenos.

**AGRADECIMIENTOS.** A CONACYT-FOINS, por el apoyo, proyecto 248252: Proyectos de Desarrollo Científico para Atender Problemas Nacionales 2014: "Colecta, Salvaguarda y Evaluación de Forrajeras (Poaceae), para Pastoreo Extensivo, Nativas de México Semiárido".

#### LITERATURA CITADA

- Arriagada, RV. 2012. Semillas. Inspección, análisis, tratamiento y legislación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA-O.E.A.) 115p. <http://repiica.iica.int/docs/bv/agrin/b/f03/XL2000600205.pdf> (Consultada, diciembre 2018).
- Bottero, JY, J Rose, C de Garidel, A Masion, T Deutsch, G Brochard y S Lanone. 2017. SERENADE: Safer and ecodesign research and education applied to nanomaterial development, the new generation of materials safer by design. *Environmental Science: Nano*, 4(3), 526–538. Doi: 10.1039/C6en00282j.
- Cristóbal, A J, MZ Navarrete, PE Herrera, MM Mis, SM Tun y SE Ruiz. 2013. Hifomicetos asociados a plantas tropicales del estado de Yucatán, México: identificación genética y evaluación de fungicidas para su control. *Revista Protección Vegetal*, 28(2):138-144. [scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv07213.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v28n2/rpv07213.pdf).
- Herrera, PE, PM Bacab, JC Alejo, SM Tun y SE Ruiz. 2011. Patogenicidad de *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. *Alternaria alternata* (Fries) Keissler en *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum. y su control *in vitro*. *Fitosanidad* 15(4): 231-236. Disponible: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209123682005>.
- Hopkins M. 2016. Consideraciones para comenzar bien con tratamiento de semillas. *Revista Hortalizas*, Publicación mensual-marzo (on line). (Consultada, junio 2019) <https://www.hortalizas.com/proteccion-decultivos/tratamiento-de-semillas/>.
- Parveen, S, AA Ganie y AH Wani. 2013. *In vitro* efficacy of some fungicides on mycelial growth of *Alternaria alternata* and *Mucor pyriformis*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 46(10), 1230–1235. (Consultada, agosto 2019) Doi: 10.1080/03235408.2013.763617.
- Romero, VSD, BB Tlapal, J Cadena I, D Nieto y GL Arévalo. 2015. Hongos causantes de enfermedades postcosecha en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) y su control *in vitro*. *Revista Agronomía Costarricense*, 39(2), 19-32. Disponible: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0377-94242015000200019&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0377-94242015000200019&lng=en&tlng=es).
- Song M, HY Yun y YH Kim. 2014. Antagonistic *Bacillus* species as a biological control of Ginseng root rot caused by *Fusarium cf. incarnatum*. *J of Ginseng Research*, 38(2): 136–145. Doi: 10.1016/j.jgr.2013.11.016.
- Villareal DF, RE Villa, CL Cira, AI Estrada, CF Parra y VS Santos. 2018. El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 95-130. <https://dx.doi.org/10.18781/r.mex.fit.1706-5>.
- Zárate, RA. 2019. Sanidad de semilla comercial de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. IREGEP-Ganadería. 57p.



the Mombaza grass in monoculture and the Mombaza grass associated with the legume. In the association, Mombaza grass was highly dominant, with only 8% corresponding to legumes. The Mombaza meadow associated with legumes is higher in protein content than the Mombaza meadow in monoculture, but similar in dry matter yield.

**Keywords:** Forage legume, grass-legume association, protein, dry matter

## INTRODUCCIÓN

Las regiones tropicales de México ocupan una superficie de aproximadamente 55.6 millones de hectáreas (Villanueva *et al.*, 2004), compuestas por una alta gama de ecosistemas que presentan un alto potencial para la producción de animal en pastoreo. El estado de Chiapas cuenta con una población de 2.65 millones de cabezas de ganado bovino (SIAP, 2016), siendo su ganadería explotada principalmente a través del uso directo de las praderas por el animal a través del año. Sin embargo, los pastos tropicales son de bajo valor nutritivo con un contenido de proteína que varía de 4 a 12%, dependiendo de la variedad, de la edad de la planta, de la época del año y de la fertilidad del suelo (Reyes *et al.*, 2009; Bolaños *et al.* 2010; Enríquez *et al.*, 2011). Además, a esta problemática debe de agregarse la estacionalidad de producción de los pastos, a causa de los cambios de clima que se suscitan durante este período. Por las razones anteriores, la ganancia de peso de los bovinos en pastoreo en el trópico es muy limitada si no se les suplementa con alimento concentrado, por lo que las ganancias varían de 200 a 500 g d<sup>-1</sup> como máximo, dependiendo principalmente de la época del año y de la variedad del pasto (Bolaños, 1988 y 1989; Jaturasitha *et al.*, 2009). Una alternativa para mejorar el contenido de proteína de las praderas, y de minerales, para que de esta manera se mejore la producción animal en pastoreo, es a través de la formación de praderas asociadas gramínea-leguminosa. Efectivamente, existen trabajos de investigación suficientes que muestran que las leguminosas presentan de una hasta 3 veces más proteína que las gramíneas a una misma edad de cosecha (García, *et al.*, 2015), además de mostrar mayor estabilización de producción de materia seca a través del año (Domínguez *et al.*, 2017). No obstante, que la introducción de leguminosas a las praderas significa mejorar la calidad de la misma, el mantener una asociación gramínea-leguminosa por un período largo de tiempo, no es fácil, dada la competencia por nutrientes que existe entre las diferentes especies, y por la selectividad del animal al preferir, con mayor frecuencia, el consumo de la leguminosa bajo pastoreo. A lo anterior, debe de agregarse la mayor sensibilidad de la leguminosa a la época seca del año. El presente trabajo forma parte de una serie de estudios a realizarse en una pradera establecida para su evaluación futura con animales en pastoreo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca y contenido de proteína en una pradera de *Panicum máximum* var. Mombaza en monocultivo y asociada con *Pueraria phaseolides* y *Clitoria ternatea*, en Pichucalco, Chiapas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación se desarrolló en el SE Pichucalco, ubicado al norte de Chiapas, pero perteneciente al INIFAP-Tabasco. El estudio se realizó bajo condiciones de campo durante el inicio de la época de lluvias (mayo y junio), la cual se caracteriza por lluvias prolongadas y temperaturas altas. El suelo es ligeramente ácido (pH= 6.7), alto en materia orgánica (5%), y de textura franco arcillo

arenoso. La temperatura promedio de esta zona es de 26.2 °C, y precipitaciones de 3750 mm, como promedio anual. En una superficie de 4 ha, se establecieron dos tipos de praderas, una pradera de *Panicum maximum* var. Mombaza en monocultivo (2 ha), y una pradera (2 ha) de Mombaza asociada con dos leguminosas; *Pueraria phaseoloides* (Kudzú), y *Clitoria ternatea* (Tehuana). Previo a la siembra, el terreno fue desmontado y las malezas fueron eliminadas con herbicidas sistémicos para hoja angosta y ancha. La maleza más abundante fue el pasto “Cabezón” o *Paspalum virgatum*. Una vez eliminada la maleza, se procedió al establecimiento de las praderas. El pasto Mombaza se sembró a una densidad de 10 kg ha<sup>-1</sup> y al “espeque”, con un metro de distancia entre hileras, esto para la pradera en monocultivo. Para la pradera asociada, el pasto Mombaza se sembró a una densidad de 6 kg ha<sup>-1</sup>, y las leguminosas a una densidad de 3 kg ha<sup>-1</sup> cada una. Las leguminosas se sembraron de manera simultánea a la gramínea. La siembra de ambas praderas (monocultivo y asociada) se realizó en los meses de julio y agosto de 2018, realizándose resiembras en noviembre del mismo año. La toma de datos se efectuó iniciando el período de lluvias. Fueron dos los tratamientos evaluados: Pradera en monocultivo (Mombaza), y pradera asociada (Mombaza + Kudzú + Tehuana). Dentro de cada tipo de pradera o tratamiento, se tomaron 4 muestras con el uso del m<sup>2</sup>, por lo que se tuvieron 4 repeticiones por tratamiento. Tres meses anteriores al inicio de la toma de muestras, las praderas habían sido pastoreadas por el ganado del SE Pichucalco. Los cortes, dentro del m<sup>2</sup>, se hicieron a una altura de 20 cm sobre el nivel del suelo para el caso del Mombaza en monocultivo y asociado, y a 10 cm para el caso de las leguminosas que no estuvieran mezcladas con el pasto Mombaza. Las variables de respuesta fueron: Rendimiento de materia seca (t ha<sup>-1</sup>), contenido de proteína (%), composición botánica (gramínea, leguminosa, maleza), número y diámetro de macollos de Mombaza.

El forraje cosechado en campo se pesó en báscula de reloj con capacidad de 20 kg, y en laboratorio se tomaron sub-muestras de 300 g de materia verde (con apoyo de una báscula granataria) de los diferentes tratamientos para el cálculo de rendimiento de materia seca de la pradera en monocultivo y de la asociación (éste último sin separarlo por especie) una vez que fueron secadas en estufa de aire forzado a 65°C por 48 h. Con ayuda de otra submuestra de 300 g de materia verde se determinó la composición botánica de ambas praderas, y el número y diámetro de macollos de Mombaza se realizó en campo. La determinación de proteína se obtuvo de las muestras colectadas, y se determinó por el método Kjeldahl, multiplicando la concentración de nitrógeno por el factor 6.25 (AOEC, 2000). El esquema de aleatorización de los tratamientos sobre las unidades experimentales fue mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, y con comparación de medias según Tukey (p<0.05) (SAS, 2010).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No diferencias significativas (p> 0.05) fueron registrados entre los dos tratamientos evaluados para el rendimiento de materia seca (RMS). El RMS para ambos tipos de pradera promediaron 6 t ha<sup>-1</sup>, como se muestra en el Cuadro 1.

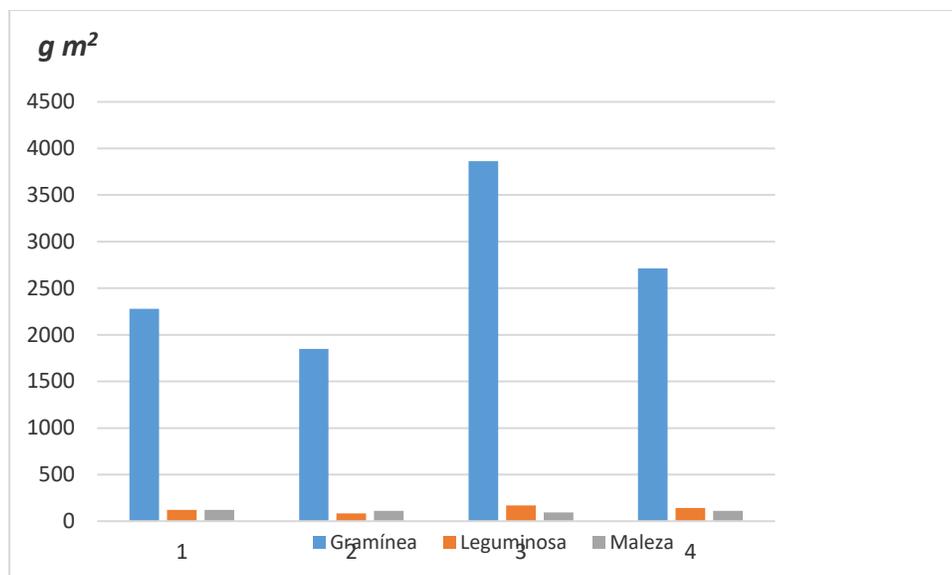
**Cuadro 1. Variables de respuesta medidas en los tratamientos estudiados.**

	Rendimiento de Materia Seca (t ha <sup>-1</sup> )	Número de macollos / m <sup>2</sup>	Diámetro de los macollos (cm)	Proteína (%)
Gramínea en monocultivo	5.70 a	0.875 a	32.00 a	5.4 b
Asociación Gramínea-Leguminosa	6.53 a	0.833 a	31.67 a	9.2 a
Gramínea de la asociación	-	-	-	5.6 b
<i>Promedio</i>	<i>6.05</i>	<i>0.845</i>	<i>31.85</i>	

*Letras semejantes sobre la misma columna indican no diferencia significativa (p > 0.05)*

Esta relativa homogeneidad registrada para el rendimiento de materia seca en ambos tratamientos (5.7 y 6.5 t ha<sup>-1</sup> para la pradera en monocultivo y asociada, respectivamente), así como también en el número de macollos (0.85 macollos/m<sup>2</sup>, promedio de ambos tratamientos) y tamaño o diámetro (31.8 cm en promedio) de ellos, es favorable para trabajos futuros de pastoreo con becerros. Lo anterior debido a que, si esta tendencia continúa, cuando se inicie el estudio con el pastoreo (que es la etapa siguiente del presente estudio), habrá un ofrecimiento semejante de biomasa para el ganado; y, por lo tanto, la asignación de forraje será similar en ambos tratamientos, siendo la diferencia posible encontrada en las ganancias de peso de los animales, no al rendimiento de biomasa, sino a la calidad del forraje ofrecido. Lo anterior se explica por los resultados en el contenido de proteína, en donde la asociación registra 3.8% más de proteína que la pradera en monocultivo. Esto queda explicado por el superior contenido de proteína de las leguminosas, lo cual está ampliamente documentado en la literatura. Se esperaba también, un mayor contenido de proteína de la gramínea asociada a la leguminosa, al considerar que la leguminosa fija nitrógeno al suelo, y este nitrógeno es aprovechado por la gramínea acompañante aumentando su contenido de proteína, tal y como fue documentado en un estudio anterior por Domínguez *et al.*, 2017. Estos autores registraron 2 % más de proteína en *Brachiaria humidicola* cuando estaba asociada a *Stylosanthes guianensis* que cuando se encontraba en monocultivo. Será necesario realizar evaluaciones de fijación de nitrógeno en el presente trabajo. Otro punto importante que se observa en el Cuadro 1, es el bajo contenido de proteína del pasto Mombaza. Esto se debió al estado de madurez avanzado (3 meses de edad) que presentaba esta especie al momento de la cosecha.

En cuanto a la composición botánica de la asociación, entre el 5 y 8% correspondía solamente a la leguminosa, y en la misma proporción a la maleza (Figura 1). Lo anterior significa que de las 6.5 t ha<sup>-1</sup> de la materia seca presente en la asociación, poco menos de 500 kg pertenecía a la leguminosa. Esto posiblemente signifique una baja compatibilidad entre estas especies (Prieto *et al.*, 2015). Del 100% de la leguminosa presente en la asociación, el 60% correspondía a *Clitoria ternatea* y el 40% a *Pueraria phaseoloides*. Esto demuestra una mayor adaptación, por el momento, de la leguminosa “Tehuana” que Kudzú.



**Figura 1. Composición botánica en cada una de las repeticiones realizadas en Campo para el tratamiento de la asociación gramínea-leguminosa.**

## CONCLUSIONES

No hubo diferencias en el rendimiento de materia seca entre la pradera en monocultivo y la pradera asociada. La diferencia entre estas dos praderas estuvo dada por el contenido de proteína, el cual fue mayor en la pradera asociada.

El pasto Mombaza, no mejoró su contenido de proteína al estar asociado con las leguminosas, lo que infiere una nula o muy baja fijación de nitrógeno de las leguminosas al suelo.

La proporción de las leguminosas en la pradera asociada es baja, lo que indica, por el momento, una baja capacidad de asociación de las leguminosas estudiadas con el pasto Mombaza.

## LITERATURA CITADA

- AOEC, 2000. Association of official analytical chemist. *Orr. of Anal. Chem.* 17<sup>th</sup> ed. Washington, USA.
- Bolaños, A.E.D., Émile, J.C., Enríquez, Q.J.F. 2010. Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. *Fourrage* 204: 277-282.
- Bolaños, A.E.D. 1988. Determinación de la carga animal en el pasto Llanero (*Andropogon gayanus*) en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. P. 97. Reunion de avances de Investigación del INIFAP-SARH. Villahermosa, Tabasco, México.
- Bolaños, A.E.D. 1989. Determinación de la carga animal para el pasto Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) en la Sabana de Huimanguillo, Tabasco. P 75. XXII Reunión Ordinaria de la Asociación Mexicana de Producción Animal. Montecillo estado de México.
- Domínguez, P.F.D., Bolaños A.E.D., Lagunes, E.L.C., Salgado, G.S., Ramos, J.J., Guerrero, R.J.D. 2017. Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *Brachiaria humidicola* – *Stylosanthes guianensis*. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 8 (8): 1705 – 1717.
- Enríquez, Q.J.F., Meléndez, N.F., Bolaños, A.E.D., Esqueda, E.V.A. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico No. 28. Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz. 404 p.

- 
- García, F.L., Bolaños, A.E.D., Ramos J.J., Osorio, A.M., Lagunes E.L.C. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 6 (4): 453 – 468.
- Prieto, I., Violle, C., Barre, P., Durand, J.L., Ghesquiere, M., Litrico, I. 2015. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants* 10: 1038.
- Reyes, P.Q., Bolaños, A.E.D., Hernández, S.D., Aranda, I.E.M., Izquierdo, R.F. 2009. Producción de materia seca y contenido de proteína en 21 genotipos del pasto Humidicola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia* 25: 213-224.
- SAS, Institute. 2010. User`s Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc. Cary, N.C. USA.
- SIAP. 2016. [www.gob.mx/SIAP/documento/población-ganadera](http://www.gob.mx/SIAP/documento/población-ganadera).
- Villanueva, A.J.F., Bonilla, C.J.A., Rubio, C.J.V., Bustamante, G.J.J. 2004. Agrotecnica y utilización de *Clitoria ternatea* in sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pecu Méx.* 42



**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

