



SOCIEDAD MEXICANA DE MANEJO DE PASTIZALES A.C.

Consejo Directivo 2013-2016

Dr. Carlos E. Aguirre Calderón	Presidente
Dr. Pedro Jurado Guerra	Vicepresidente
Dr. Ramón Gutiérrez Luna	Secretario
Dra. Iliana I. Hernández Javalera	Tesorera

Vocales

Dra. Catarina Loredó Osti
Dr. Sergio Beltrán López
Dr. Humberto Ibarra Gil
Dr. Adrián Quero Carrillo
Dra. Rosa Elena Santos Díaz
Dr. Mario G. F. Manzano Camarillo
Dra. Alicia Melgoza Castillo

Asesores

Dr. Luis Ortega Reyes
Dr. Jorge Galo Medina Torres



VII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales

Comité Organizador Local

Presidente: Dr. Salvador Mena Munguía

Vicepresidente: Dr. Jorge Galindo García

Secretario: Dra. Graciela Gudiño Cabrera

Coordinador del Programa General: Mtro. Salvador González Luna

Coordinador de Difusión: Mtra. Isabel Amparo Brambila

Coordinador de Ponencias Magistrales: Dr. José Manuel Zorrilla Ríos

Coordinadores de Simposium:

Nutrición de Rumiantes en Agostadero: Dr. José Manuel Zorrilla Ríos

Hidrología de Pastizales: Dr. Miguel Agustín Velásquez Valle

Uso Múltiple del Pastizal (Manejo de Fauna Silvestre): Dr. Alfonso Ortega

Educación en Manejo de Pastizales: Dr. José Dueñez Alanís

Fauna Silvestre y Opciones Productivas: Dr. Alberto Lafón Terrazas

Coordinador de Cursos y Talleres: Mtro. Sergio H. Contreras Rodríguez

Coordinador de Logística: Mtro. Emmanuel Rodrigo Marín Orozco

Coordinador de Visitas a Ranchos: Dr. David Sánchez Chipres

Coordinador de Invitación a Ponentes: Mtro. Salvador González Luna

Dr. Ramón Gutiérrez Luna

Dr. Carlos E. Aguirre Calderón

Coordinador de Comité Científico: Dr. Ramón Gutiérrez Luna

Revisores de ponencias:

Dr. Carlos E. Aguirre Calderón

M.C. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez

Dr. Miguel Agustín Velásquez Valle

Dr. José Manuel Zorrilla Ríos

Dr. Pedro Jurado Guerra

Dr. Daniel Rodríguez Tenorio



Elaboración de Memoria

Dr. Luis Roberto Reveles Torres

Coordinador de Actividades Culturales: Carlos Díaz de León Mena

Coordinador de Invitación a Productores: Dr. Miguel Merlos Barajas

Coordinador de Registro de Asistentes: Lic. René Ibarra Franco

Coordinador de Coctel de Bienvenida: Ing. Guillermo Huitrón Moyo

Coordinador de Cena de Clausura: Ing. Abraham S. Mena Castañeda

Coordinador de Constancias y Diplomas: Lic. Juan Arturo Ruiz Pereyra

Coordinador de Transporte: Lic. Eduardo Jiménez Antimo

Coordinador de Stands de Expositores: Mtro. Juan Pablo Mena Castañeda

Coordinador de Coffee Break: Mtro. Emmanuel Rodrigo Marín Orozco



PRESENTACIÓN

La producción animal como parte básica de la cadena trófica humana tiene su fundamento en un adecuado manejo de los pastizales. El pasto no debe de considerarse como una entidad accesoria que puede ser sustituida por cualquier otro tipo de fuente alimenticia, sino como la base natural del sistema de producción agua-suelo-planta-animal que nos proporciona satisfactores estratégicos para una mejor vida. Si consideramos a los pastos desde el punto de vista energético, ahí se inicia la transferencia que hace la naturaleza de la energía del sol tomada por las plantas y aprovechada por los animales para transformarla en leche, carne, lana y otros satisfactores para nuestra vida diaria. El manejo de los pastizales comprende la aplicación de conocimientos técnicos y científicos (sanidad, manejo, administración y alimentación) para que el sistema de producción (pasto y ganado) sea más eficiente.

La interacción de los factores agua, suelo, clima y manejo condiciona el éxito o fracaso de una adecuada explotación animal. La disponibilidad del agua es fundamental para el desarrollo de las plantas del pastizal, pero el tipo de suelo es estratégico por sus características físicas y químicas como soporte del pasto y su desarrollo, entre más crezca un pasto, más nutrientes extrae del suelo, pero éstos nutrientes pueden restituirse ya sea por excretas de animales o por una adecuada fertilización, el clima sobre todo en los últimos años ha jugado un papel crucial en el desarrollo de la producción agrícola en general donde tal vez los pastos sean los más tolerantes ante un cambio climático cada vez más acentuado y desde luego el manejo que debe considerar elementos como los sistemas de rotación, por otra parte la carga animal resulta determinante para el adecuado desarrollo y producción de los pastizales, además de la conservación de los recursos naturales del mismo.

Jalisco ocupa el primer lugar en la producción de leche en bovinos y el segundo en la producción de carne con un millón doscientas mil toneladas anuales que representan el 11.5% de la producción nacional y que junto con Veracruz que ocupa el primer lugar del país redondean el 25%. La producción animal depende en mayor medida de la cantidad y calidad del pasto, el potencial genético del animal y el medio ambiente. Los pastizales son la fuente más barata de alimentación animal que existe en cualquier parte del mundo, pues tienen bajo costo de producción, producen continuamente, esto es proporcionan varios cortes, protegen los terrenos contra la erosión y proporcionan una fuente importante para la nutrición. Sin embargo un manejo pertinente es la única forma de asegurar su correcto aprovechamiento, de ahí la importancia de la celebración de este VII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales que contempla entre sus temáticas, asuntos primordiales como el calentamiento global y las opciones productivas, la nutrición de rumiantes en agostadero, la hidrología de pastizales, la vida silvestre y su interacción con los pastizales, el mejoramiento y el uso múltiple de los pastizales, además se ofrecerán talleres el ajuste de la carga animal y la nutrición de rumiantes, así como un concurso de fotografía con el tema; “Los Recursos Naturales del Pastizal”. También será un espacio para conocer de los adelantos en la materia y reflexionar sobre diversos enfoques productivos más eficientes y en respuesta directa a los escenarios que plantea el cambio climático, sin duda la participación y aporte de connotados especialistas a nivel internacional contribuirán al logro pleno de los objetivos de este importante evento, la Universidad de Guadalajara se congratula de recibirlos en sus instalaciones.

MESA DE TRABAJO

FAUNA SILVESTRE





ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA MEDIANTE FOTOGRAFÍAS AÉREAS

BIOMASS ESTIMATES BY AERIAL PHOTOGRAPHS

Obed G. Gutiérrrez¹, Alicia Melgoza², Carmelo Pinedo² y Karen A. Corrales³

¹ Estudiante de Posgrado, ² Maestro-Investigador, ³ Estudiante de Licenciatura, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Resumen

Existen diferentes técnicas de campo para medir la cobertura y producción en pastizales, pero comúnmente son tardadas y costosas. La técnica de fotointerpretación y su análisis espacial son herramientas alternativas que facilitan estas mediciones. El objetivo del presente trabajo fue estimar la producción de biomasa aérea a partir de fotografías digitales tomadas en un ángulo perpendicular al suelo (NADIR). Como parte de un programa nacional, se estableció un sitio permanente de monitoreo (SPM) en el Rancho Pozos ubicado en Aldama, Chihuahua. En este trabajo se presentan los datos del 2013-2015. La biomasa se obtuvo con cortes y la cobertura a partir de una fotografía aérea con el software CobCal 2.1. Se encontró una relación positiva entre la producción de biomasa y la cobertura, con valores de $R^2=0.75$ a $R^2=0.92$. Se concluye que es posible estimar la producción de biomasa en un pastizal halófito mediante el uso de fotografías tomadas a NADIR. Se recomienda para estudios posteriores el uso de índices de vegetación e imágenes satelitales de alta resolución para la estimación de cobertura y producción de biomasa.

Palabras clave: CobCal 2.1, Biomasa aérea, Estimación, Fotografía aérea.

Abstract

There are different field techniques to measure cover and production of grasslands; however they are usually time-consuming and costly. Techniques such as photointerpretation and its respective analysis represent alternative tools, which facilitate the measurements. The objective of this study was to estimate the biomass production from digital photographs taken at NADIR. As part of a national program, a permanent site monitoring (SPM) was established in Rancho Pozos located in Aldama, Chihuahua. In this paper data corresponding to the period 2013-2015 is presented. An aerial photograph (NADIR) was taken in each sampling unit together with a measurement of biomass production. A positive relationship between biomass production and coverage in photographs, with values of R^2 between 0.75 and 0.92 were found. It is concluded that the estimation of biomass production is possible in a halophyte grassland by using photographs taken at NADIR. For future research it is recommended to use vegetation indexes and high resolution satellite imagery for the estimation of biomass production and coverage.

KeyWords: CobCal 2.1, Aboveground biomass, Estimation, Aerial Photography.

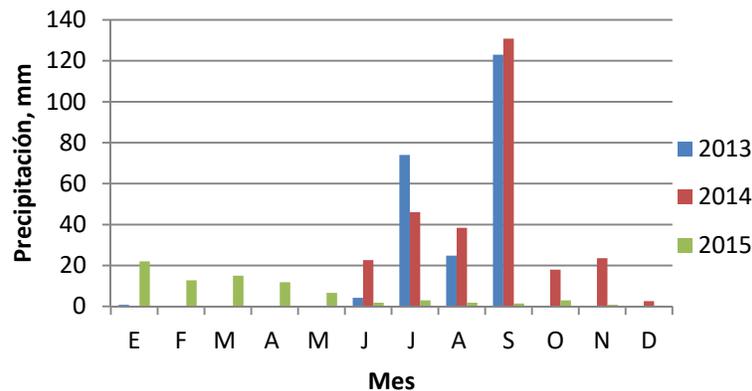
Introducción

Existen diferentes técnicas convencionales que se utilizan para medir la cobertura y producción en un área, las cuales son tardadas y costosas. Sin embargo, el conocimiento sobre los de estos atributos son la base para determinar planes de manejo. Una de las técnicas comúnmente utilizadas para medir producción es el corte de biomasa (Sorensen *et al.*, 2012). Asimismo, la cobertura vegetal se ha medido con diferentes técnicas, desde la línea de Canfield (Canfield, 1941) hasta la intercepción de puntos (Herrick, 2009), entre otras.

Existen alternativas para medir producción y cobertura de una manera fácil y rápida. Una de ellas es la fotointerpretación de imágenes digitales, videografía e imágenes de satélite integradas en Sistemas de Información Geográfica. Éstas facilitan el análisis espacial de variables de vegetación. La disponibilidad de computadoras, software y aparatos de captura de imágenes digitales favorece el análisis de la vegetación a gran escala geográfica (Hansen *et al.*, 2003). Para esto se utilizan diferentes softwares tales como: Samplepoint, ImageJ Corel, ENVI, CobCal en sus diferentes versiones (Booth *et al.*, 2006; Rasband, 2007; Gutiérrez-Guzmán *et al.*, 2015; Pérez *et al.*, 2015). El uso de nuevas herramientas permite realizar el trabajo de una manera más barata y sencilla. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estimar la producción de biomasa aérea a partir de fotografías digitales tomadas a NADIR.

Materiales y Métodos

El SPM se estableció en el Rancho Pozos, Lat 29° 05' N y Long 105° 56' O en el municipio de Aldama, en el estado de Chihuahua. El tipo de vegetación es un pastizal halófito dominado por tobozo (*Hilaria mutica*), con presencia de mezquite (*Prosopis glandulosa*). Los datos de precipitación se tomaron de una estación de monitoreo del INIFAP (Gráfica 1).



Gráfica 1. Distribución de la precipitación en los tres años de monitoreo en pastizales halófitos en Aldama, Chihuahua.

El SPM consistió de dos transectos de 1500 m cada uno en forma de cruz (Figura 1). Dentro de cada SPM se distribuyeron nueve estaciones de muestreo (EM) de 1.0 ha cada una, espaciadas cada 300 m en forma de cruz. Cada EM se dividió en cuatro cuadrantes con dos transectos en forma de cruz de 100 m cada uno. En cada cuadrante de la EM se ubicó un punto al azar para realizar los muestreos (PM) de las variables.



SOMMAP

Durante el mes de octubre de cada año, en cada uno de los 36 PM (4 por EM) se tomó fotografía NADIR y se cortó la biomasa. La unidad de muestreo consistió de un círculo de 1.6 m de diámetro (2.02 m^2), el cual se lanzó al azar en cada cuadrante. Una vez ubicado el PM se procedió a tomar la fotografía a una altura de 3.2 m. Para la toma de la fotografía digital a NADIR (Figura 2), se utilizó una cámara fotográfica digital Sony Cyber-shot DSC3000 de 10.1 mega pixeles.

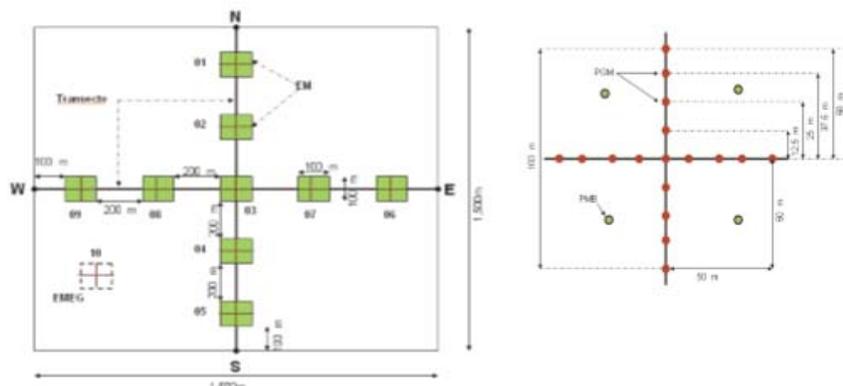


Figura 1. A la izquierda: diseño del sitio permanente de monitoreo (SPM). A la derecha: detalle de cada estación de monitoreo (EM) y puntos de muestreo (PM).

En la parte central del PM se colocó una marca de referencia al momento de la fotografía. Posteriormente se utilizó esta marca para el corte de biomasa a una altura de 5 cm. Toda la biomasa presente en la unidad de muestreo se recolectó y se colocó en bolsas de papel previamente identificadas para su secado. El secado de las muestras se realizó en una estufa de aire forzado a una temperatura promedio de $65 \text{ }^\circ\text{C}$ por un periodo de 48 horas.



Figura 2. Fotografía aérea tomada a NADIR en un pastizal halófito en Aldama, Chih.

En el procesamiento de las imágenes NADIR se utilizó el programa de clasificación de imágenes CobCal 2.1 (Ejemplo; Figura 3); para lo que se utilizó la metodología propuesta por Ferrari *et al.* (2009). Dicho software facilita el análisis de las fotografías de forma sencilla y eficaz para calcular los porcentajes de cobertura (Minguez, 2014)

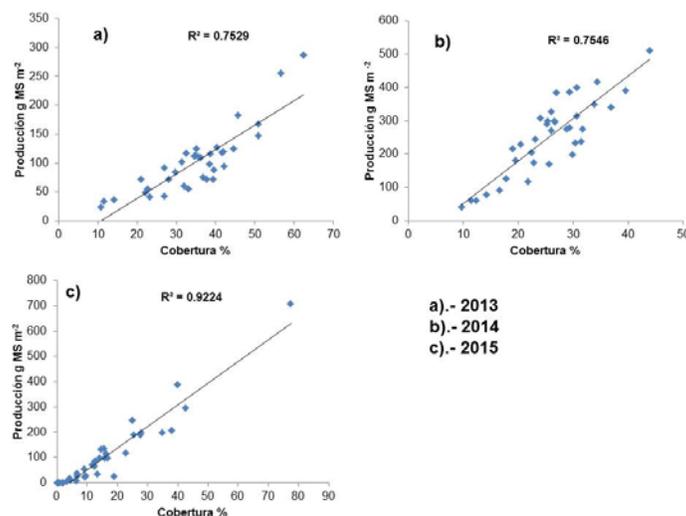


Figura 3. Ejemplo del resultado de una imagen a NADIR procesada con el programa CobCal 2.1.

Para el análisis de los datos se consideraron todas las fotografías para cada año ($n=36$). En una segunda etapa se consideraron los promedios de cada EM ($n=8$ en 2013 y 2014 y $n=9$ en 2015). El análisis estadístico de los datos se realizó con los procedimientos PROC CORR y PROC REG del paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

Resultados y Discusión

La producción promedio durante los tres años de medición fue variable. Se cosecharon, 1012.7, 1248.9 y 1150.7 kg ha^{-1} de materia seca para los años 2013, 2014 y 2015. En la Gráfica 2 se muestra como la producción esta correlacionada positivamente con la cobertura en imágenes tomadas a NADIR en cada uno de los PM. Los coeficientes de determinación fueron de 0.75 para los dos primeros años de muestreo y para el tercer año (2015) aumentó a 0.92.



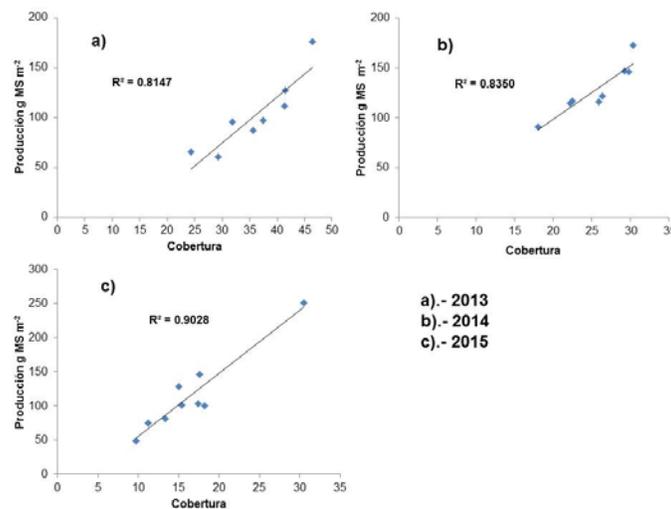
Gráfica 2. Correlación entre producción de biomasa y cobertura obtenida de fotos tomadas a NADIR durante 3 años de monitoreo ($n = 36$ por año) en un pastizal halófito en Aldama, Chih.

La Gráfica 3 muestra que al utilizar los promedios de cada EM, la correlación entre la cobertura y la producción de biomasa aumenta; de 81 y 92 %. Los resultados obtenidos por Gutiérrez-Guzmán *et al.* (2015) resultaron ser muy similares a los obtenidos en este estudio; al encontrar una relación entre el 81 y 89 % entre la cobertura y la producción de biomasa. Todo esto indica

que los métodos de teledetección pueden mejorar la caracterización de la distribución y la estimación de la biomasa (Askne *et al.*, 2013; Yan *et al.*, 2013).

Conclusiones y Recomendaciones

Es posible estimar la producción de biomasa en un pastizal halófito mediante el uso de fotografías digitales. Con base en los resultados obtenidos, una alternativa para estudios posteriores sería el uso de fotografías obtenidas de vehículos aéreos no transportados (drones) para estimar biomasa, entre otras variables de vegetación. Esto pudiera darle un sentido más práctico a esta actividad.



Gráfica 3. Correlación entre producción de biomasa y cobertura obtenida de fotos tomadas a NADIR con base en los promedios para cada estación de muestreo (n = 8 para 2013 y 2014; n = 9 en 2015).

Literatura Citada

- Askne Jan I. H, Johan E. S. Fransson, Maurizio Santoro, Maciej J. Soja and Lars M.H. Ulander. 2013. Model-based biomass estimation of a hemi-boreal forest from multitemporal tanDEM-X acquisitions. *Remote Sens.* 5: 5574-5597
- Booth, D. T., S. E. Cox and R. D. Berryman. 2006. Point sampling digital imagery with 'Samplepoint'. *Environmental Monitoring and Assessment.* 123:97-108
- Ferrari, D. M, O. R. Pozzolo y H. J. Ferrari. 2009. Desarrollo de un software para la estimación de la cobertura vegetal. INTA PROCISUR Informa. Marzo 2009: 5pp.
- Gutiérrez-Guzmán, U. N., E. Castellanos-Pérez, J. J. Quiñones-Vera, J. S. Serrato-Corona, J. J. Martínez-Ríos, I. Orona-Castillo e I. Chairez-Hernández. 2015. Cobertura vegetal estimada por fotografías digitales relacionada con la biomasa en un sitio de pastizal del norte de México. *PHYTON* 84:312-318
- Hansen, M. C., R. S. DeFries, J. R. Townshend, M. Carroll, C. Dimiceli and R. A. Sohlberg. 2003. Global percent tree cover at a spatial resolution of 500 meters: First results of the MODIS vegetation continuous fields algorithm. *Earth Interactions* 7:1-15.
- Minguez, V. 2014. Efecto de distintos cultivos de cobertura sobre la diversidad específica de arvenses, mediante el análisis digital de imágenes. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UN Mar del Plata, Balcarce, Argentina. 89pp



- Pérez, R. A., M. Pérez, A. Lavarello, V. Pagani, D. Mangold y M. Galetto. 2015. Manejo ecológico de *Cynodon dactylon* mediante verdeos consociados. Un proceso de investigación acción participativa en el sur de Santa Fe. *Rev. Fac. Agron.* 114:38-44.
- Nicotra, A. B., M. J. Cosgrove, A. Cowling, C. D. Schlichting and C. S. Jones. 2008. Leaf shape linked to photosynthetic rates and temperature optima in South African Pelargonium species. *Oecologia* 154:625-635.
- SAS Institute Inc. 2006. SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Sorensen, G. E., D. B. Wester and S. Rideout-Hanzak. 2012. A non-destructive method to estimate standing crop of purple threeawn and blue grama. *Rangeland Ecology & Management* 65:538-542.
- Yan F., B. Wu and Y. Wang. 2013. Estimating aboveground biomass in Mu Us Sandy Land using Landsat spectral derived vegetation indices over the past 30 years. *Journal of Arid Land*, 5:521-530.



EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES DE ESPECIES FORRAJERAS PARA EL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) EN UN ECOSISTEMA DE PINO Y ENCINO
NUTRITIONAL VALUE OF POTENTIAL FODDER SPECIES CONSUMED BY WHITE TAILED DEER (*Odocoileus virginianus*) IN AN OAK AND PINE ECOSYSTEM

Teresita Amezcua¹ y Leonor Sanginés¹

¹ Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

Resumen

El venado cola blanca presenta gran potencial para promover la restauración y conservación de los ecosistemas donde vive. El objetivo de este trabajo fue conocer la cantidad de biomasa vegetal disponible y evaluar las características nutricionales de ésta y cada una de las especies vegetales, mediante el análisis químico de las mismas. El estudio se realizó en un ecosistema de pino y encino. La materia seca (MS) de las especies vegetales recolectadas, fue de 12.7% a 52.3% con un promedio de 31.5%; 13.2% proteína cruda (PC), con un rango de 7.2% a 22.8%; 8.6% de cenizas (C) (3.4% a 20.8%), 3.7% de extracto etéreo (EE) (1.6% a 11.5%); 41.5% de fibra detergente neutro (FDN) (20.8% a 70.5%). La biomasa se recolectó en época de lluvias y secas, en la primera se encontró una producción en base seca de 1,830 kg/ha y en la segunda fue de 1,262 kg/ha. Para biomasa vegetal disponible en lluvias se obtuvo 34% de MS, 10% PC, 9.0% C, 2.5% EE, 64% de FDN y 3kcal/g de energía bruta (EB). En secas los valores encontrados de MS fueron de 46%, 6.6% PC, 9.5% C, 2.5% EE, 72% FDN y 2.8kcal/g EB. Se concluye que la zona estudiada es adecuada como hábitat para los venados, ya que el 68.4% de las especies vegetales presentan el potencial para cubrir las necesidades de mantenimiento del venado cola blanca en cuanto a proteína cruda.

Palabras clave: sistemas silvopastoriles, conservación, restauración de ecosistemas, fauna silvestre, desarrollo sustentable, ungulados.

Introducción

El venado cola blanca, es la especie de venado más distribuida en México, existen 14 subespecies, abarcando todo el País con excepción de la Península de Baja California. Habita casi todos los tipos de vegetación, desde los bosques templados, hasta matorrales xerófilos, y desde las tierras bajas hasta sistemas montañosos con altitudes de hasta 3000 msnm (Ortiz *et al.*, 2005). Este mamífero presenta una gran adaptabilidad en diferentes hábitats (Villarreal-Espino, 2002, Leopold, 1959). El ecosistema que corresponde al bosque de pino y encino, también es conocido como la zona ecológica templada subhúmeda. Los géneros más representativos de este ecosistema son los pinos (*Pinus* spp) y encinos (*Quercus* spp), existiendo una alta diversidad en los extractos herbáceos y arbustivos. Abarca las regiones montañosas del país y presenta un clima marcadamente estacional con inviernos fríos y secos, y veranos cálidos y húmedos (Rzedowski, 1978). Los factores principales de destrucción de este ecosistema han sido la urbanización, la extensión del suelo agrícola y ganadero y la extracción de madera (Challenger, 1998). Con las condiciones adecuadas, el venado cola blanca cuenta con un gran potencial para promover la restauración y conservación de los ecosistemas de que forma parte.

El objetivo de este trabajo, al analizar el potencial forrajero de las plantas comestibles por el venado cola blanca, es colaborar en un esfuerzo conjunto de instituciones y organizaciones para la restauración y mantenimiento del ecosistema al repoblar estas áreas con venado cola blanca y lograr de esta manera, no solo un beneficio ecológico para toda la zona afectada, sino también para los habitantes del lugar.



Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se realizó en el bosque de pino y encino ubicado en el norte del estado de Morelos y el sur del Distrito Federal. La zona específica de estudio se localiza en la ladera poniente del volcán Las Palomas, que abarca tanto al Municipio de Huitzilac como a la Delegación de Tlalpan en el D.F, con una extensión de aproximadamente 42.5 ha. La colecta de especies vegetales se realizó en época de lluvias, durante octubre de 2006, mientras que la biomasa disponible potencialmente comestible, se realizó tanto en la época de lluvias (octubre de 2006) como la de secas (abril 2007). Para la toma de muestras vegetales y biomasa se trazaron 6 líneas en el área de estudio con límites en ambos lados (transectos en barra) (Bautista *et al.* 2004). La metodología de muestreo fue una modificación de un diseño utilizado en estudios del venado cola blanca por Ezcurra y Gallina (1981) y Galindo y Weber (1998). La cantidad de biomasa vegetal disponible (considerando porciones potencialmente comestibles de la planta, a aquellas que mantengan un diámetro menor de 4 mm en el tallo), se recolectó realizando cinco lanzamientos sistemáticos de un cuadro de 25 cm. x 25 cm. para el aforo, posicionando los cuadros a una distancia de un metro entre uno y otro a lo largo del transecto (Bautista y col. 2004). Se obtuvo el peso en húmedo de la biomasa recolectada en cada punto. Posteriormente, las muestras se sometieron a secado en estufa a 60°C, se registró el nuevo peso y se obtuvo el valor de humedad del material vegetativo. Una vez secas fueron molidas en un molino de martillos utilizando una malla del No. 10 y almacenadas a temperatura ambiente en recipientes herméticos. Para identificar cuales eran las especies vegetales potencialmente comestibles, se utilizó la observación directa de plantas ramoneadas y rastros como huellas de venado y excretas en la zona, información bibliográfica y conocimiento local. Las determinaciones del análisis químico proximal se realizaron de acuerdo con los métodos establecidos por la A.O.A.C. (2005), que incluyen el contenido de humedad (método 930.04), proteína cruda por el método de Kjeldahl (Nx6.25) (método 955.04), cenizas (por calcinación a 550°C) (método 930.05), extracto etéreo (método 962.09) y fibra bruta (método 920.39). La energía bruta (EB) se determinó por medio de bomba calorimétrica. En cuanto al análisis estadístico, para la determinación química de la biomasa vegetal disponible se utilizó análisis de varianza con diferente número de repeticiones, siendo las variables de respuesta: cantidad de materia seca, proteína, cenizas, extracto etéreo, fibra cruda y energía bruta ($P < 0.05$). Para el análisis de las especies vegetales potencialmente comestible se utilizó un análisis de estadística básica descriptiva, teniendo como variables: materia seca, proteína cruda, cenizas, extracto etéreo y fibra detergente neutro. La diferencia entre medias se hizo mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Resultados y Discusión

Para tener una comprensión más clara de la vegetación existente en el bosque, las especies fueron clasificadas en arbóreas, arbustivas, herbáceas y gramíneas.

El porcentaje de materia seca en cuanto a las especies se encontró en un rango de 52.2% (± 5.73) encino (*Quercus sp.*) a 12.7% (± 0.62) *Sedum bourgaei* con una media de 31.5% (± 9.6). El 40% de las plantas tuvo un rango de materia seca del 20% al 30%, 25% de ellas entre 40% y 50% y un 20% entre 30% y 40%. En cuanto a proteína cruda, el mayor valor lo presentó la Jarilla (*Senecio cinerarioides.*) con 22.8% (± 5.2), el menor fue el zacatón (*Mulemberghia macrura*) con 7.2% (± 0.95) y una media de 13.2% (± 4.82). El 60% de las especies se encontraron en un rango de 10 al 15%. El venado requiere para su mantenimiento básico en machos y hembras mayores de un año un porcentaje de proteína cruda del 7-10%, hasta 14-20% para crecimiento de astas, maternidad, lactancia y cervatillos menores de un año. (Berteaux, *et al.* 1998, Hiller, 1996, Villarreal-Espino, 2006), lo cual nos indica en un inicio que la cantidad de proteína cruda encontrada en las especies de este ecosistema cubren con las necesidades proteicas del venado en todas sus etapas fisiológicas. En cuanto a cenizas,



el porcentaje más alto se encontró en *Lithospermum distichum*, una planta que fue recolectada a ras del suelo, lo cual podría explicar la cantidad de minerales encontrados en esta especie, con un porcentaje de 20.8 (± 1.0), mientras que el encino (*Quercus laurina*), presentó una cantidad de 3.4% (± 0.72), con una media entre las especies de 8.6% (± 3.48). Para extracto etéreo, el valor más alto se presentó en la escobilla (*Baccharis conferta*) con 11.5% (± 0.86) y el menor en la cenicilla (*Helianthemum glomeratum*) con 1.6% (± 0.25). La media fue de 3.7% (± 2.09). El venado se ha adaptado a alimentos con menor proporción de paredes celulares, ya que presentan una capacidad limitada para digerirlas (Hofmann 1988). Al observar los resultados de FDN, en la mayoría de las especies, a excepción de las gramíneas, el contenido celular es mayor al 50%, lo cual nos indica que son plantas que podrían tener una buena digestibilidad. El zacatón (*Muhlenbergia macroura*) fue la especie con mayor contenido de fibra con 70.5% (± 3.53); mientras que la planta que menor contenido presentó, fue el trueno (*Pernettya prostrata*) con 20.8% (± 4.47) (Figura 1).

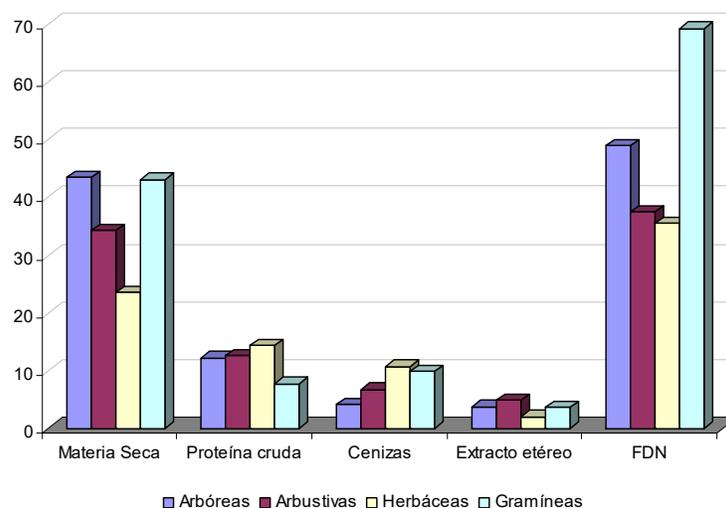


Figura 1. Porcentaje de los diferentes componentes nutricionales por tipo de crecimiento en las especies vegetales del volcán Las Palomas

La cantidad de biomasa vegetal potencialmente comestible encontrada en la zona, fue mayor en época de lluvias con una media de 1830.6 kg/ha, mientras que para la época de secas ésta fue de 1262.3 kg/ha con una diferencia estadísticamente significativa entre las dos épocas ($P < 0.05$). Esto nos puede dar un índice de la capacidad de carga de este sitio para el venado, tomando en cuenta que un venado consume aproximadamente el 3% de su peso vivo en materia seca. Pero hay que tomar en cuenta que para tener un dato en cuanto a capacidad de carga en un ecosistema con animales silvestres, se tienen que observar varios parámetros como son el índice de recuperación de la vegetación después del pastoreo, la natalidad y la mortalidad de la especie animal en cuestión y la competencia que pueda existir con otras especies herbívoras que habitan en la zona. Por otro lado, no toda la biomasa calculada en este estudio está disponible para el consumo de los animales ya que no se conoce cuál es la cantidad de especies consumidas por éstos. En cuanto al análisis químico de la misma (cuadro 1), se observó un porcentaje de materia seca de 33.9% (± 8.76) en época de lluvias y de 45.9% (± 13.25) en época de secas. Para proteína cruda, se encontró en lluvias un promedio de 10.1% (± 5.15) y de 6.6% (± 3.43) en secas. Tanto en contenido de materia seca como en porcentaje de proteína cruda se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos épocas ($P < 0.05$). En cuanto a cenizas, estas estuvieron presentes en un porcentaje del



8.8% (± 2.47) en época de lluvias, y 9.5% (± 2.01) en época de secas. El extracto etéreo fue de 2.5% (± 0.97) en lluvias y 2.5% (± 0.89) en secas. Tanto en los análisis de cenizas como los de extracto etéreo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las dos épocas del año ($P > 0.05$). La cantidad de energía en época de lluvias fue de 3.0 Kcal/g (± 0.39), siendo en secas 2.8 Kcal/g (± 0.33). La cantidad de FDN, fue diferente en ambas épocas, con un porcentaje de 64.21 en época de lluvias, mientras que en secas éste fue de 71.71%. Tanto en la cantidad de energía como en FDN, existieron diferencias estadísticamente significativas entre ambas épocas ($P < 0.05$). La dieta del venado cola blanca varía considerablemente según la temporada o estación del año y de una región a otra, lo cual es parte de los factores que le dan su gran capacidad de adaptación (Leopold, 1959).

Cuadro 1. Análisis químico proximal de la biomasa vegetal potencialmente comestible en ambas épocas del año

Época	Lluvias	Secas
Materia Seca (%)	33.98*	45.91*
	± 8.76	± 13.25
Proteína Cruda (%)	10.12*	6.62*
	± 5.15	± 3.43
Cenizas (%)	8.87	9.57
	± 2.47	± 2.01
Extracto Etéreo (%)	2.55	2.55
	± 0.97	± 0.89
Fibra Detergente Neutro (%)	64.21*	71.71*
	± 9.53	± 9.40
Energía (kcal/g ms)	3.01*	2.82*
	± 0.39	± 0.33

* Indica diferencias estadísticamente significativas entre épocas ($P > 0.05$)

Conclusiones

El trabajo de investigación indica que la ladera poniente del volcán Las Palomas, es un lugar adecuado como hábitat para los venados, ya que el 68.4% de las especies presenta el potencial de cubrir las necesidades de mantenimiento del venado cola blanca, mientras que 31.6% las necesidades de gestación, crecimiento y producción de astas.

Literatura Citada

- AOAC. 2005. Official methods of analysis, 19th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
- Bautista, F., González, H. y Palacio, J. Editores. 2004 *Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales*. UNAM, UADY, CONACYT, INE. México.
- Berteaux, D., Crête, M, Huot, J., Maltais, J. y Ouellet, J. P. 1998. *Food Choice by White-Tailed Deer in Relation to Protein and Energy Content of the Diet: a Field Experiment*. *Oecologia*. 115: 84-92.
- Challenger, A. 1998. *Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro*. CONABIO, INE, Sierra Madre. México.
- Ezcurra, E. y Gallina, S. 1981. *Biology and Population Dynamics of White-Tailed Deer in Northwestern Mexico*. En: Folliot, y Gallina, S. *Deer Biology, Habitat Requirements, and Management in Western North America*. Instituto de Ecología. Xalapa. México.
- Galindo-Leal, C. y Weber, M. 1998. *El Venado de la Sierra Madre Oriental. Ecología, Manejo y Conservación*. EDICUSA-CONABIO. México.
- Hiller, Ilo. 1996. *The White-Tailed Deer*. Texas A&M University Press.
- Hofmann, R. 1988. *Anatomy of the Gastro-Intestinal Tract*. En: Church, D. (Editor). *The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice Hall. N.J. U.S.A. p.14-43.
- Leopold, A. 1959. *Fauna Silvestre De México*. Editorial Pax. México.



- Ortiz, T.; Gallina, S.; Briones, M. y González, G. 2005. *Densidad Poblacional y Caracterización del Hábitat del Venado Cola Blanca (Odocoileus virginianus oaxacensis, Goldman y Kellog, 1940) en un Bosque Templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México*. Acta Zoológica Mexicana. 21(3):65-78.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa, México.
- Villarreal-Espino, O. 2002. *El Grand-Slam de Venado Cola Blanca Mexicano, Una Alternativa Sostenible*. Archivos de Zootecnia. 51:187-193.
- Villarreal-Espino, O.; Franco, J.; Rodríguez, J.; Campos, L.; Castillo, J.; Cortés, I. y Guevara, R. 2006. *Composición Botánica de la Dieta del Venado Cola Blanca (Odocoileus virginianus), en la Mixteca Poblana*. X Simposio sobre venados en México, Ing. Jorge Villarreal González. México, D. F.



¿LA DENSIDAD DE SEMILLAS EN EL SUELO INFLUYE EN LA SELECCIÓN DE HÁBITAT INVERNAL DE GORRIONES DEL GÉNERO *AMMODRAMUS*? DOES THE DENSITY OF SEEDS IN THE SOIL INFLUENCES THE SELECTION OF WINTER HABITAT OF SPARROWS *AMMODRAMUS* GENDER?

Francisca G. Cabanillas¹, José H. Martínez², Alberto Macías³, Martín E. Pereda², Erin Strasser⁴

¹ Programa de Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-Mezquitil km 11.5. (FGiisela@gmail.com).

^{2,4} Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED. Carretera Durango-Mezquitil, km 11.5. 34000. Durango, Durango. México. (che_hugol@hotmail.com), (conplandg@hotmail.com).

³ Universidad Estatal de Sonora, cuerpo académico de recursos naturales. Hermosillo, Sonora, México. 83100. (alberto.macias@ues.mx).

⁴ Bird Conservatory of the Rockies CO, USA.

Resumen

Los gorriones de género *Ammodramus* son aves de pastizal migratorias que presentan una reducción en sus poblaciones, tal situación se agrava con la poca información disponible sobre sus requerimientos de hábitat invernal en México. El objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de semilla disponible en el suelo y estimar su relación con la selección de hábitat invernal de gorriones del género *Ammodramus*, en un Área Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP) del Desierto Chihuahuense. Para ello, durante el invierno de 2015 se recolectaron 45 muestras de semillas en el suelo, se utilizó gorriones con radiotransmisor y la telemetría como técnica de ubicación de sitio exacto al inicio y final de la temporada invernal, en presencia y ausencia de *Ammodramus savannarum* y *Ammodramus bairdii*, tomando como variable de respuesta la densidad de semillas g/m². Los datos obtenidos se ajustaron a los supuestos de normalidad mediante la prueba de shapiro-wilk, de los sitios de localización de las aves por especie y de los sitios al azar. Los resultados muestran que existen diferencias altamente significativas $p \leq 0.01$ entre sitios que usaron las aves de ambas especies y los tomados al azar, así como diferencias en la disponibilidad de semilla al inicio del invierno y al final del mismo. Este estudio aporta información valiosa del uso de hábitat invernal para esta especie en México y, además, se requiere más información para la conservación de estas especies.

Palabras clave: *Ammodramus savannarum*, *Ammodramus bairdii*, pastizal, hábitat invernal, semilla en el suelo.

Introducción

La tendencia en la composición y abundancia de las especies de aves de pastizal puede considerarse como un indicador del grado de conservación e integridad de los ecosistemas a largo plazo (Pertz, 2007). Sus poblaciones han disminuido más que cualquier otro grupo de aves (Sauer *et al.*, 2014) debido a cambios en el paisaje y en el uso y cambio de suelo (Askins *et al.*, 2007). Dentro de este grupo de aves, se encuentran algunas especies cuyas poblaciones han ido en mayor decremento que otras y de distinto estatus de importancia para su conservación tri nacional en América del Norte (Berlanga *et al.*, 2010). La transformación acelerada de los pastizales naturales en tierras destinadas a actividades agrícolas y ganaderas afecta de manera particular a



las aves de pastizal, cuya reproducción depende de forma estricta de estos ambientes, por lo tanto, la capacidad de carga de estos ecosistemas durante el invierno puede resultar cada vez menor (Pool *et al.*, 2014).

Las aves granívoras constituyen una fracción importante de los vertebrados (Ponce *et al.*, 1996), ya que sus poblaciones están fuertemente reguladas por la disponibilidad de alimento (Schluter y Repasky, 1991), considerando lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de semilla disponible en el suelo y estimar su relación con la selección de hábitat invernal de gorriones del género *Ammodramus*, en un área prioritaria para la conservación de pastizales del desierto chihuahuense. La hipótesis a probar fue que la cantidad de semilla disponible en el suelo influye en la selección y uso de hábitat invernal de aves del género *Ammodramus*.

Material y Métodos

Localización y descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en la región prioritaria para la conservación de pastizales (APCP) denominada Cuchillas de la Zarca (CEC y TNC, 2005), forma parte del Desierto Chihuahuense en México y comprende el sur del estado de Chihuahua y el norte del estado de Durango, con una superficie de 6,297 km², entre 105° 04' 30.86'' O y 24° 41' 41.28'' N, y 104° 57' 07.48'' O y 25° 27' 04.24'' N. La vegetación en el área de estudio se compone de matorral xerófilo (91%) y pastizal natural (9 %) (Rzedowski, 1981). El estrato arbustivo está conformado por especies de los géneros *Larrea*, *Prosopis*, *Acacia*, *Ephedra*, *Nolina*, *Opuntia*, *Juniperus*, *Quercus*; el estrato herbáceo por los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Buchloe*, *Melinis*, *Muhlenbergia*, etc. (COTECOCA, 1978).

Metodología

Se colocó un transmisor de telemetría sujeto con un arnés hecho de elástico (Rappole y Tipton, 1991) sobre la espalda del ave, del modelo PicoPip 379 de LOTEK®, de 0,6 g de peso, con una duración de la batería de 40 días aproximadamente (Beyer y Panjabi, 2010), se determinó la dirección y ubicación de cada una de las aves con transmisor con la ayuda del receptor radio Biotracker de LOTEK®, y auriculares David Clark® modelo H10-00-4, para una mejor recepción de la señal, para luego ser liberados en el mismo sitio de captura.

Se realizaron 15 detecciones de *Ammodramus bairdii*, 15 para *Ammodramus savannarum* y 15 al azar, al inicio y al final de la temporada invernal, utilizando diferentes individuos para conocer el efecto que se tiene en las especies. La localización de las aves se llevó a cabo todos los días y se registró cada punto mediante un navegador GPS Garmin® modelo Etrex Vista.

Las muestras de semillas fueron tomadas utilizando un aro metálico de 8.8 cm de diámetro, este fue insertado en el suelo a una profundidad de 0.5 cm, con ayuda de una espátula y una brocha, las muestras de suelo que contiene las semillas fueron depositadas en sobres de papel de 10 x 15 cm. Las muestras al azar, en ausencia de aves fueron tomadas de la misma manera, los puntos de muestreo se obtuvieron con en el programa estadístico Excel, se desarrolló la función estadística



“aleatorio”, para que nos arrojara los puntos de donde se tomaría las muestras de suelo (Desmond *et al.*, 2008). Una vez que se tuvo el punto donde se localizó el ave, se colocó una bandera como referencia central para caracterizar la vegetación a cinco metros a la redonda, se midió altura y porcentaje de cobertura: pasto, hierba y arbusto, así como el porcentaje de suelo desnudo y otras coberturas como, piedras, cactus o excremento de bovinos. Las muestras de semillas, se separó del suelo con el empleo de tamices y estereoscopios 10x40. Para cada transecto se obtuvo la biomasa del banco de semillas por unidad de área (kg/ha) con el empleo de una balanza analítica (Desmond *et al.*, 2008).

Análisis estadístico

Se realizó ANAVA, según los procedimientos de Steel y Torrie, (1986), para un diseño completamente al azar, teniendo como variable de respuesta la cantidad de semilla en el suelo (g/m^2) se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk), de los sitios de localización por especie y de los sitios al azar donde no había aves con transmisor, mediante el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS.

Resultados y Discusión

La densidad total de semillas fue de 88.6 g/m^2 al inicio y final de la temporada invernal.

Cuadro 1. Densidad de semilla y atributos de la vegetación (promedio \pm ee) de los sitios donde se localizaron gorriones baird (BAIS), gorrión chapulín (GRSP) y sitios al azar sin aves, en un pastizal del desierto chihuahuense

Variable	BAIS	GRSP	Azar
Densidad (g/m^2)	0.87 ± 0.17^a	1.18 ± 0.22^a	$0.31 \pm 0.06^{b*}$
Altura de pasto (cm)	39.66 ± 2.57^a	41.43 ± 3.92^a	$39.86 \pm 4.91^{a**}$
Cobertura de pasto (%)	75.03 ± 4.07^a	82.2 ± 2.40^a	$83.96 \pm 2.46^{a**}$
Altura de arbusto (cm)	61.15 ± 10.25^a	45.65 ± 5.04^a	$31.4 \pm 5.36^{b**}$
Cobertura de arbusto (%)	6.33 ± 1.27^a	4.86 ± 0.87^b	$3 \pm 0.62^{b**}$
Altura de hierba (cm)	28.2 ± 3.28^a	26.3 ± 3.42^a	$22.7 \pm 3.76^{a**}$
Cobertura de hierba (%)	2.36 ± 0.84^a	2.66 ± 1.29^a	$2.96 \pm 1.14^{a**}$
Suelo desnudo (%)	7.33 ± 1.82^a	6.63 ± 1.37^a	$5.2 \pm 1.43^{a**}$
Otra cobertura (%)	5.63 ± 1.04^a	4.26 ± 1.07^a	$4.83 \pm 1.05^{a**}$

en la Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), Cuchillas de la Zarca.

* Literales distintas entre medias señalan diferencias altamente significativas de Tukey $p \leq 0.001$

**Comparación de medianas por kruskal-wallis pruebas con valor de $z = 1.96$



Cuadro 2. Resultados análisis de varianza para las variables de cobertura y altura de vegetación (análisis de kruskal-wallis) y densidad de semilla (ANOVA), de localizaciones de aves *Ammodramus bairdii* (BAIS), al inicio y final de temporada invernal en un pastizal del desierto chihuahuense en la Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), Cuchillas de la Zarca.

Variable	BAIS	
	Inicio	Final
Densidad (g/m ²)	0.98±0.31	0.77±0.18
Altura de pasto (cm)	45.33±1.84	34±4.40
Cobertura de pasto (%)	71.6±6.92	78.46±4.39
Altura de arbusto(cm)	51.57±7.47	70.73±19.14
Cobertura de arbusto (%)	4.06±1.01	8.6±2.29
Altura de hierba(cm)	39±2.49	17.4±4.66
Cobertura de hierba (%)	3.06±1.57	1.66±0.64
Suelo desnudo (%)	10.8±3.38	3.86±0.75
Otra cobertura (%)	3.93±0.81	7.33±1.85

Cuadro 3. Densidad de semilla y atributos de la vegetación (promedio ± ee) de los sitios donde se detectó el gorrion chapulín en dos momentos de su estancia invernal en un pastizal del desierto Chihuahuense en la Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales (APCP), Cuchillas de la Zarca.

Variable	GRSP	
	Inicio	Final
Densidad (g/m ²)	1.95±0.34	0.41±0.07
Altura de pasto (cm)	48.46±3.81	34.4±6.49
Cobertura de pasto (%)	75.33±3.24	89.06±2.60
Altura de arbusto(cm)	59.17±8.5	32.13±2.56
Cobertura de arbusto (%)	6.2±1.43	3.53±0.93
Altura de hierba(cm)	34.66±4.98	17.93±3.71
Cobertura de hierba (%)	4.13±2.57	1.2±0.2
Suelo desnudo (%)	11±2.23	2.26±0.37
Otra cobertura (%)	4.53±1.03	4±1.91

Cuadro 4. Densidad de semilla y atributos de la vegetación (promedio ± ee) de los sitios al azar donde no se detectaron ninguna de las especies en estudio

Variable	Azar	
	Inicio	Final
Densidad (g/m ²)	0.41±0.11	0.20±0.05
Altura de pasto (cm)	28±4.69	51.73±7.61
Cobertura de pasto (%)	78.06±4.24	89.86±1.52
Altura de arbusto(cm)	27.53±5.36	35.26±9.40
Cobertura de arbusto (%)	3.13±1.05	2.86±0.70
Altura de hierba(cm)	27.73±6.10	17.66±4.20
Cobertura de hierba (%)	5±2.19	0.93±0.15
Suelo desnudo (%)	7.8±2.69	2.6±0.55
Otra cobertura (%)	6.73±2.01	2.93±0.26



Muchos estudios sobre la selección del hábitat de las aves de pastizal (Cody 1985, Wilson y Belcher, 1989, Davis y Duncan, 1999, McCoy *et al.*, 2001) han demostrado que las aves prefieren sitios con características específicas estructurales de la vegetación. Cody (1985) sugirió que la selección de hábitat por las aves en los pastizales se basa principalmente en la altura de la vegetación y la densidad. Los resultados obtenidos muestran que las especies de estudio seleccionan su hábitat por la disponibilidad de semilla en el suelo, más que por refugio, ya que no existieron diferencias en la cobertura de la vegetación a excepción de la cobertura de arbusto, que fue menor en las muestras de al azar a las seleccionadas por *A. bairdii* y *A. savannarum*. Milesi, (2006), menciona en su trabajo que la estructura de la vegetación está asociada a una compleja distribución espacio-temporal de las semillas, pero en términos generales los sitios con mayor cobertura tienen mayor cantidad de semillas disponibles en el suelo.

En la variable de densidad de semilla (g/m^2), BAIS obtuvo 0.87 g/m^2 menos que GRSP 1.18 g/m^2 pero mayor que al azar que obtuvo 0.31 g/m^2 . Para la altura y cobertura de pasto no existieron diferencias significativas entre la selección de hábitat de estas dos especies y las muestras al azar, en la variable de altura de arbusto no hubo diferencias significativas entre las dos especies estudiadas, más sin embargo existen diferencias significativas con las muestras al azar, donde de nuevo la altura fue menor, que en los lugares seleccionados por las aves. En la cobertura de arbusto si existieron diferencias entre los lugares seleccionados por *A. bairdii* y *A. savannarum*, para BAIS el porcentaje de cobertura fue 6.33% mientras que para GRSP fue de 4.88%. En las muestras de al azar y GRSP no existieron diferencias, pero si con los lugares seleccionados por BAIS con una alta diferencia de 3.33%. Para las variables de altura, cobertura de hierba, suelo desnudo y otras coberturas no existieron diferencias significativas para ninguna las muestras en presencia y ausencia de aves. Robinson y Sutherland, (1999), ilustran cómo la comprensión de la dieta, las preferencias de hábitat y el suministro de alimentos puede ser muy valiosa para comprender la distribución de las aves, demuestran que las preferencias de los hábitats pueden estar relacionados con la disponibilidad de alimentos. Por lo tanto, para las especies se alimentan de semillas, la densidad de aves está directamente relacionada con la densidad de semillas en el suelo. El trabajo realizado por Morones y colaboradores, (1997), en el Monte Central, Argentina, compararon la disponibilidad de semillas para evaluar la probable causa del cambio estacional en la ocupación del hábitat en aves, la distribución de las aves granívoras invernantes en el bosque abierto y arbustos, en su mayoría eran consistentes con la hipótesis de que la selección del hábitat en el invierno se ve influenciada principalmente por los alimentos, es decir, ambos hábitats apoyan la disponibilidad de semillas invernada y la densidad de aves, a pesar de sus diferencias en la estructura de la vegetación.



Conclusiones

Las aves seleccionan su hábitat por la disponibilidad de semilla en el suelo y no por refugio, ya que se encontraron en pastizal, hierba y arbusto. Se requiere más información para la conservación de estas especies y aporta información valiosa del uso de hábitat invernal para esta especie en México.

Literatura Citada

- Askins, R. A., Chavez, R. B. C., Dale, Haas, C. A., Herkert, J. R., Knopf, F. L., Vickery, P. D. 2007. Conservation of grassland birds in North America Understanding ecological processes in different regions. Ornithological Monographs. Vol. 64. P. 92.
- Berlanga, H., Kennedy, J.A., Rich, T.D., Arizmendi, M.C., Beardmore, J.C., Blancher, P.J., Butcher, G. S., Couturier, A. R., Dayer, A. A., Demarest, D. W., Easton, W. E., Gustafson, M., Lñigo, E. E., Krebs, E. A., Panjabi, A. O., Rodriguez, C. V., Rosenberg, K. V., Ruth, J. M., Santana, C. E., Vidal R. M., Will, T. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Lab. Of Ornithology, Cornell University. Ithaca, New York.
- Beyer, L., Panjabi, A. 2010. Desert Grassland Bird Conservation: Is Low Winter Survival Driving Population Declines? Phase II. Annual. Report I-MXPLAT-NPS-09-02 Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, 13 pp.
- Commission for Environmental Cooperation (CEC) and The Nature Conservancy (TNC). 2005. North American central grasslands priority conservation areas. Technical report and documentation. Montreal, Quebec. P. 153.
- Cody, M. L. 1985. Habitat selection in grassland and open-country birds. In Habitat Selection in Birds (M. L. Cody, Ed.). Academic Press, New York. P. 191-226.
- COTECOCA. SAG. 1978. Coeficientes de agostaderos de la República Mexicana: estado de Durango. S.A.G. México D.F.
- Cueto V. R., Marone, L. and López de Casenave, J. 2001. Seed preferences by birds effects of the desing of feeding-preference experiments. Journal of Avian Biology. Vol. 32, p.p. 275-278.
- Davis, S. K., and Duncan, D. C. 1999. Grassland songbird occurrence in native and crested wheatgrass pastures of southern Saskatchewan. In Ecology and Conservation of Grassland Birds of the Western Hemisphere. Studies in Avian Biology, p. 211-218.
- Desmond, M. J., Méndez, G. C., Abbott, L. B. 2008. Winter Diets and Seed Selection of Granivorous Birds in Southwestern New Mexico. Studies in Avian Biology. Vol. 37. P.101-112..
- Mccooy, T. D., Ryan, M. R. Burger Jr, L. W., and Kurzejeski, E. W. 2001. Grassland bird conservation: CPIvs CP2 platings in Conservation Reserve program fields in Missouri American Midland Naturalist vol. 145, p. 1-17.
- Milesi, F. A. 2006 Selección de sitios de alimentación por aves granívoras en el desierto del Monte Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Nosedal J. 1984. Estructua y utilización del follaje de las comunidades de pájaros en bosques templados del valle de México. Acta Zoológica Mexicana (ns) vol. 6 pp 1-45.
- Morone, I., Lopez de casenave, J., and Cueto V. R. 1997. Patterns of hábitat selection by wintering and breeding granivorus birds inthe central Monte desert, Argentina. Revista Chilena de HistoriaNatural. Vol. 70 p. 73-81.
- Pool, B.D., Panjabi, A., Macias, D. A. and Soljhem, D. 2014. Rapid Expansion of Croplands in Chihuahua, Mexico Threatens Declining North American Grassland Bird Species. *Biological Conservation*, 170, 274-281.
- Ponce, M. A., Brandín J., Ponce M. E. 1996. Composición, distribución espacial y variación estacional de la avifauna de los llanos surorientales del Estado Guárico, Venezuela. Ecotropicos. Vol. 9. P. 21-32.
- Pertz, G.D. 2007. Grassland bird monitoring at Herbert Hoover National Historic Site, Iowa. 2005-2006 State report. U.S. Department of Interior. National Park Service. Fort Collins Co. U.S.A. P. 29.



- Rappole, J. H., and Tipton, A. R. 1991. New Harness Design for Attachment of Radio Transmitters to Small Passerines (Nuevo Diseño de Arnés para atar transmisores a Passeriformes Pequeños), *Journal of Field Ornithology*. Vol. 62. P. 335-337.
- Robinson, A. R., and Sutherland, J. W. 1999. The winter distribution of seed-eating birds: habitat structure, seed density and seasonal depletion. *Ecography*, vol. 22 p. 447-454.
- Rzedowski, J. 1981. *Vegetación de México*. LIMUSA. México. P. 505.
- Sauer, J. R., J. E. Hines, J. E. Fallon, K. L. Pardieck, D. J. Ziolkowski, Jr., and W. A. Link. 2014. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2012*. Version 02.19.2014. USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.
- Steel, R. y J. Torrie. 1986. *Bioestadística: principios y procedimientos*. 2ª Edición, Ed. McGraw-Hill. México, DF.
- Wilson, S. D., and Belcher, J. W. 1989. Plant and bird communities of native prairie and introduced Eurasian vegetation in Manitoba, Canada. *Conservation Biology* vol.3 p. 39-44.



CARACTERIZACIÓN VEGETAL Y USO DE PERCHA POR ALCAUDÓN VERDUGO (*Lanius ludovicianus*) EN EL DESIERTO CHIHUAHUENSE MEXICANO.

CHARACTERIZATION AND USE OF PLANT HANGER LOGGERHEAD SHRIKE (*Lanius ludovicianus*) IN MEXICO'S CHIHUAHUAN DESERT.

José A. Carrillo¹, José H. Martínez², Irene Ruvalcaba³, Martín E. Pereda², Erin Strasser⁴.

¹ Programa de maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-Mezquital km 11.5. (biojosecarrillo@gmail.com).

² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED. Carretera Durango-Mezquital Km 11.5. 34 000. Durango, Durango. México (che_hugo1@hotmail.com), (conpland@hotmail.com).

³ Laboratorio de Biología de la Conservación, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Ciudad Universitaria, San Nicolás de los Garza, 66451 Nuevo León, México.

⁴ Bird conservancy of the rockies CO, USA.

Resumen

Se realizaron monitoreos de aves de pastizales en la Región Prioritaria para la Conservación de Pastizales (RPCP) de Cuchillas de la Zarca, al sur del estado de Chihuahua y norte del estado de Durango, con el objetivo de caracterizar la vegetación, el tamaño, especie y uso de percha por parte de alcaudón verdugo (*Lanius ludovicianus*) ave migratoria de los pastizales. Se analizaron 93 perchas de 10 individuos distintos (n = 93, media = 9.3); con las variables de altura, cobertura de pasto, hierba, arbustos, suelo desnudo, otras coberturas (rocas, troncos, excretas), cobertura lineal de percha y altura mayor de pasto. Las perchas se clasificaron en naturales, en el caso de Huizache (*Acacia farnesiana*), Tascate (*Juniperus deppeana*), Cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) y Agave (*Agave vivipara*), y artificiales como cables eléctricos y postes de cerco, dividiéndose por uso en perchas de descanso o caza. Se estimó un promedio general de altura de percha de 3.2798 m. Para los promedios generales de cobertura, el mayor fue para pasto con el 72.4946 %, y el menor para hierba con 1.9462 %, así como un promedio de altura mayor de pasto de 52.1827 cm. De las 93 perchas analizadas, 76 % pertenecen a Huizache, sugiriendo una preferencia por parte de *Lanius ludovicianus*, mientras que Agave obtuvo el 1 % con un registro. Falta información sobre la ecología invernal de aves de pastizales chihuahuenses, y características como la estructura y el porcentaje de cobertura de los diferentes tipos de vegetación, son de vital importancia para estas aves.

Palabras clave: alcaudón verdugo, monitoreo, ave de pastizal, Desierto Chihuahuense.



Introducción

Los pastizales son los ecosistemas más degradados y afectados por las actividades humanas a nivel mundial, con una pérdida estimada mayor al 50% (Hoekstra *et al.*, 2005), principalmente debido a la conversión agrícola (White *et al.*, 2000).

La conversión de los pastizales a agricultura ha comenzado a afectar grandes áreas del Desierto Chihuahuense, particularmente en el noreste de México (Panjabi *et al.*, 2010). Como consecuencia, las aves asociadas a este ecosistema han sufrido los declives poblacionales más fuertes que cualquier otro grupo de aves de Norteamérica (Herkert, 1995), de manera que más del 75% de sus especies muestran tendencias negativas (Sauer *et al.*, 2008).

Dentro del grupo de aves de pastizal, se encuentran algunas especies cuyas poblaciones han disminuido en mayor grado que otras y que tienen distinto estatus de importancia para su conservación trinacional en América del Norte (Berlanga *et al.* 2010). Una de estas aves es el llamado Alcaudón verdugo (*Lanius ludovicianus*), especie que en algunos lugares de Norteamérica está designada como necesitada de conservación y que presenta una continua disminución en sus poblaciones cuyas causas pueden estar asociadas a la pérdida de cría y/o hábitat invernal (Kridelbaugh, 1981., Smith y Kruse, 1992). El alcaudón verdugo habita en pastizales y otros hábitats con escasa vegetación, donde la vegetación leñosa dispersa y otros sustratos proporciona sitios de percha para la búsqueda de alimento (Gawlik y Bildstein, 1990).

La tendencia en la composición y abundancia de las especies de aves de pastizal puede considerarse como un indicador del grado de conservación e integridad de los ecosistemas a largo plazo (Pertz, 2007). Esta situación ha estimulado el interés por entender mejor la biología de estas aves y por buscar conocimientos que permitan diseñar estrategias de conservación exitosas (Igl y Ballard, 1999).

Por lo que el objetivo del presente estudio, es aportar información sobre las caracterización, tamaño, especie y uso de percha por parte de *Lanius ludovicianus* en una región agroecológica perteneciente al Desierto Chihuahuense de México.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

El área de estudio se localiza en la región prioritaria para la conservación de pastizales (RPCP) denominada Cuchillas de la Zarca (Karl y Hoth, 2005), (Figura 1), que forma parte del Desierto Chihuahuense. Comprende el norte de Durango y el extremo sur de Chihuahua, con una superficie de 6,297 km² entre las coordenadas geográficas extremas 24°41'41.28"N a 25°27'04.24"N y 104°57'07.48"O a 105°04'30.86"O. La vegetación se compone de matorral xerófilo (91%) y pastizal natural (9%) (Rzedowski, 2006).



El estrato arbustivo lo forman especies de los géneros: *Larrea*, *Prosopis*, *Acacia*, *Ephedra*, *Nolina*, *Opuntia*, *Juniperus* y *Quercus*; el estrato herbáceo está compuesto por los géneros: *Bouteloa*, *Aristida*, *Buchloe*, *Andropogon*, *Melinis*, *Muhlenbergia*, *Sporobolus*, *Heteropogon* y *Pleuraphis*.

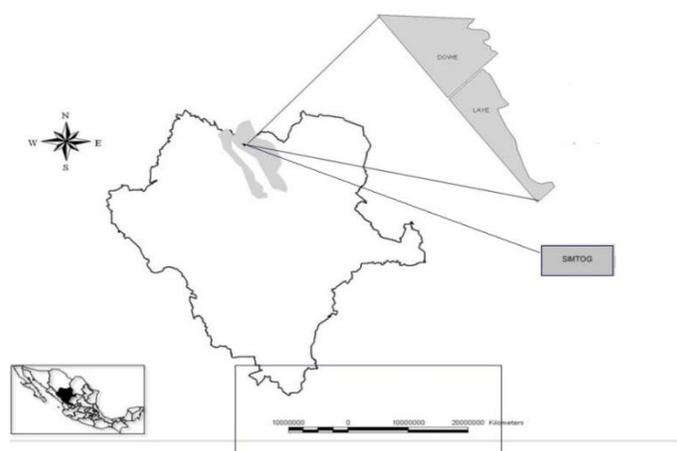


Figura 1. Localización de la región prioritaria para la conservación de pastizales de Cuchillas de la Zarca, México. Se muestran los predios utilizados para llevar a cabo la investigación.

Se utilizó el método de observación directa para localizar los sitios de los cuales *Lanius ludovicianus* se sirve para cazar y descansar. Esto se llevó a cabo con la ayuda de unos binoculares de la marca EAGLE OPTICS® RANGER con un aumento y ángulo de apertura de 10 x 42.

Los sitios ubicados como perchas regulares se clasificaron en: naturales, en el caso de Huizache (*Acacia farnesiana*), Tascate (*Juniperus deppeana*), Cardenche (*Cylindropuntia imbricata*) y Agave (*Agave vivipara*), y artificiales como cables eléctricos y postes de cerco. Además se dividieron respecto a su uso, como perchas de descanso o caza. Una vez ubicadas se numeraron con un marcador indeleble y se georeferenciaron con un GPS marca GARMIN® ETREX-VISTA, con la finalidad de caracterizar vegetación y suelo desnudo. Esto se realizó colocando círculos de 5 m de radio, tomando la percha como el centro y registrando el porcentaje cubierto por pasto, hierba, suelo desnudo y otro tipo de cobertura (como materia orgánica, rocas, excretas), así como la altura del pasto y hierba (Levandoski *et al.*, 2008).

Análisis estadístico

Para calcular los promedios en las variables de altura de percha, coberturas de pasto, hierba, arbustos, suelo desnudo, otras coberturas (troncos, rocas excretas), cobertura lineal de percha y altura de pasto, así como el error estándar (EE) de los registros de *L. ludovicianus*, se utilizó estadística univariada mediante el paquete estadístico SAS/STAT® (SAS Institute Inc. 2004) con los procedimientos PROC UNIVARITE y PROC FORMAT.



Resultados y Discusión

En cuanto a la preferencia de percha hay una clara orientación hacia el uso del huizache, la cual se atribuyó a las ventajas que ofrece su morfología, como proporcionar protección de los depredadores. Esto se asume debido a que se observó una amplia diferencia respecto a los otros tipos de percha, y la elección de una especie distinta se asoció más a la nula disponibilidad de huizache que a la preferencia por otro tipo de percha. Su porcentaje por frecuencia de registro se puede observar en la figura 2.

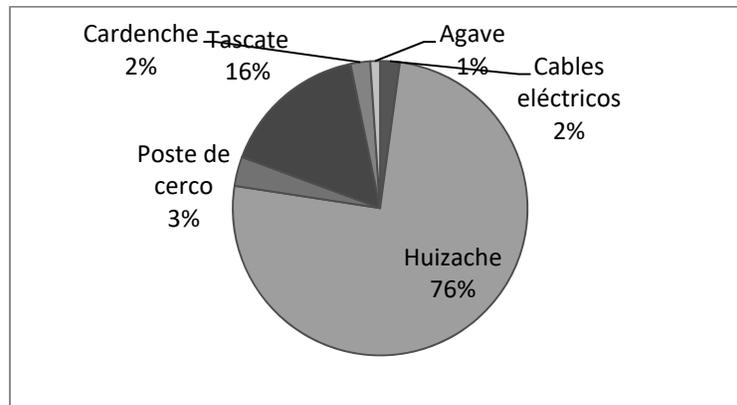


Figura 2. Registro de perchas evaluadas.

Los resultados generales indican una dominancia en la cobertura de pasto (cuadro 1), lo que concuerda con lo establecido por Martínez y colaboradores (2011). Esta elección se puede atribuir al tipo de presas utilizadas por *Lanius ludovicianus* relacionadas directamente con esta característica de hábitat.

Cuadro 1. Promedios generales de variables analizadas (n=93, $\alpha=0.05$).

	Altura (m)	Pasto (%)	Hierba (%)	Arbusto (%)	Suelo desnudo (%)	Otros (%)	Cobertura lineal aérea (%)	Altura mayor del pasto (cm)
\bar{Y}	3.2798	72.4946	1.9462	6.0215	13.2903	6.4193	3.6574	52.1827
E.E	0.1562	1.8685	0.4069	0.5227	1.4420	1.0107	0.2063	2.1267

El análisis de las variables a nivel individual, arrojó diferencias significativas entre algunos individuos (cuadro 2). Estos pueden ser explicados por las condiciones de impacto por actividad ganadera que presentaron las distintas zonas donde fueron registradas las perchas. Estos resultados apoyan las conclusiones por Michaels y Cully (1998), en las que indica que *Lanius ludovicianus* prefiere hábitat de la sabana y los pastizales abiertos en el borde del bosque.



Cuadro 2. Tabla de medianas individuales.

Individuo	N	Altura (m)	Pasto (%)	Hierba (%)	Arbustos (%)	Suelo desnudo (%)	Otros (%)	Cobertura lineal de percha (m)	Altura de pasto (cm)
1	12	3.78 ^a	68.83 ^b	2.66 ^a	4.66 ^a	16.58 ^a	7.25 ^a	4.01 ^a	56.41 ^a
2	12	3.28 ^a	69.50 ^b	0.83 ^b	4.66 ^a	18.33 ^a	6.66 ^a	4.36 ^a	54.00 ^b
3	8	3.02 ^a	71.75 ^b	1.37 ^a	3.75 ^b	18.50 ^a	3.75 ^b	2.64 ^b	62.62 ^a
4	3	4.99 ^a	67.33 ^b	4.33 ^a	5.00 ^a	8.66 ^a	28.66 ^a	1.62 ^b	48.33 ^b
5	12	3.85 ^a	67.33 ^b	4.00 ^a	9.33 ^a	12.83 ^a	6.50 ^a	4.05 ^a	44.58 ^b
6	12	2.37 ^b	79.16 ^a	0.50 ^b	3.58 ^b	11.00 ^a	4.91 ^b	2.69 ^b	38.16 ^b
7	10	2.75 ^b	87.20 ^a	1.10 ^a	3.80 ^b	5.60 ^b	2.30 ^b	2.97 ^b	50.20 ^b
8	7	3.44 ^a	81.14 ^a	1.00 ^a	7.14 ^a	5.57 ^b	3.71 ^b	4.49 ^a	54.14 ^a
9	7	2.82 ^a	72.85 ^b	1.42 ^a	11.14 ^a	10.42 ^a	4.14 ^a	3.24 ^a	73.14 ^a
10	10	3.49 ^a	59.80 ^b	3.33 ^a	8.20 ^a	18.90 ^a	9.90 ^a	4.86 ^a	49.60 ^b

D. E.

*Valores con diferente literal por columna son significativamente diferentes (Kruskal-Wallis, $\alpha=0.05$, $z=1.96$).

Conclusiones

La preferencia mostrada por parte de *Lanius ludovicianus* hacia perchas con altas coberturas de pasto, indican lo importante que es para esta ave el mantener en buen estado las áreas de pastizales nativos. La adecuación en las prácticas ganaderas será fundamental para la conservación de esta especie.

Literatura Citada

- Berlanga, H., Kennedy, J. A., Rich, T. D., Arizmendi, M. C., Beardmore, C. J., Blancher P. J., Butcher, G. S., Couturier, A. R., Dayer, A. A., Demarest, D. W., Easton, W. E., Gustafson, M., Iñigo-Elias, E., Krebs, E. A., Panjabi, A. O., Rodriguez-Contreras, V., Rosenberg, K. V., Ruth, J. M., Santana-Castellon, E., Vidal, R. M. y Will, T. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Lab. of Ornithology, Cornell University. Ithaca, New York.
- Gawlik, D. E. y Bildstein, K. L. 1990. Reproductive success and nesting habitat of Loggerhead shrikes in north-central South Carolina. *The Wilson Bulletin* 102:37-48.
- Herkert, J. R. 1995. An analysis of midwestern breeding bird population trends: 1966-1993. *American Midland Naturalist* Vol.134: p. 41-50
- Hoekstra, M. J., Boucher, M. T., Ricketts, H. T., Roberts, C. 2005. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*. Vol. 8, p. 23 -29.
- Igl, L.D. y Ballard, B. M. 1999. Habitat associations of migrating and overwintering grassland birds in southern Texas. *The Condor* 101:771-782.



- Karl, J.W. y Hoth, J. 2005. North American central grasslands priority conservation areas: technical report and documentation. Commission for Environmental Cooperation and The Nature Conservancy. Montreal, Quebec.
- Kridelbaugh, A. L. 1981. Population trend, breeding and wintering distribution of Loggerhead Shrikes (*Lanius ludovicianus*) in Missouri. Trans. Mo. Acad. Sci. Vol.15. p. 111-119.
- Levandoski, G., Panjabi, A., Sparks, R., 2008. Wintering bird inventory and monitoring in priority conservation areas in Chihuahuan Desert grasslands in Mexico: 2008 results. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, Colorado. Final technical report I-MXPLAT-TNC08-02.
- Martínez, G. J. H., Wehwinkel, C., Pereda, S. M. E., Panjabi, A., Levandoski, G., Corral, R. J., Díaz, M. R. 2011. Relación entre la cobertura del suelo y atributos de la vegetación invernal con *Ammodramus bairdii*, Audubon 1844, en el noroeste México. Agrociencia vol.45 no.4 México.
- Michaels, H. L. y Cully, J. F. Jr. 1998. Landscape and fine scale habitat associations of the loggerhead shrike. *The Wilson Bulletin* 110:474-482.
- Murray, S., Rohweder, M. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Grassland Ecosystems. Washington, D.C. World Resources Institute.
- Panjabi, A., Younberg, E., Levandoski, G. 2010. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahuan Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007 - 2010. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-MXPLAT-08-03. P. 83.
- Pertz, G.D. 2007. Grassland bird monitoring at Herbert Hoover National Historic Site, Iowa. 2005-2006 State report. U.S. Department of Interior. National Park Service. Fort Collins Co. U.S.A. P. 29.
- Rzedowski, J., 2006. Ira. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Sauer, J. R., Hines, J. E., Fallon, J. 2008. The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966-2007. U.S. Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, Maryland.
- SAS, Institute Inc. (2004). SAS® 8.1 Language reference. North Carolina. U.S.A.
- Smith, E.L., Kruse, K. C. 1992. The relationship between land use and the distribution and abundance of Loggerhead Shrikes in south-central Illinois. *J. Field Ornith.* Vol. 63 p.420-427.
- White, R.P., Murray, S., Rohweder, M. 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Grassland Ecosystems. Washington, D.C. World Resources Institute

MESA DE TRABAJO

NUTRICION DE RUMIANTES





HIPOMAGNESEMIA EN BOVINOS PASTOREANDO UN PASTIZAL NATURAL EN OTOÑO EN EL ESTADO DE ZACATECAS, MÉXICO

HYPOMAGNESAEMIA IN CATTLE GRAZING NATURAL RANGE IN AUTUMN IN THE STATE OF ZACATECAS, MÉXICO

Miguel Márquez Madrid^{1*}, Ricardo David Valdez Cepeda¹, Héctor Gutiérrez Bañuelos², Fidel Blanco Macías¹, Rómulo Bañuelos Valenzuela².

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte. C. Cruz del Sur 100, Col. Constelación, El Orito, CP 98094, Zacatecas, Zac. México. Tel. +52 (492) 9246284 Ext. 117.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cordobel, Enrique Estrada, Carr. Zacatecas-Fresnillo Km. 36.5. Enrique Estrada, Zacatecas, México. + 52 (478) 9850202.

*Autor de contacto:ac10279@chapingo.mx

Resumen

Los minerales son nutrientes esenciales en la nutrición del ganado. El insuficiente consumo de magnesio causa hipomagnesemia en los bovinos. El objetivo del trabajo fue determinar el contenido de magnesio, calcio, potasio, sodio y el riesgo de hipomagnesemia en el forraje del pastizal en la estación de otoño en tres Ranchos productores de ganado bovino del estado de Zacatecas. Se obtuvieron muestras de forraje del pastizal en cada Rancho en la temporada de crecimiento activo del forraje. El forraje se secó a 60 °C durante 48 hr, luego se molió en un molino con criba de 1 mm. Cinco gramos de ese forraje se incineró y las cenizas resultantes fueron digeridas en ácido clorhídrico y ácido nítrico. La concentración de minerales se determinó por espectrofotometría de absorción atómica. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar. La concentración media de magnesio en los forrajes de los tres Ranchos fue menor al nivel crítico mínimo para vacas a inicio de lactancia (2.0 g kg⁻¹ MS de la dieta). La concentración de sodio en el forraje de los tres Ranchos fue menor al requerimiento de los bovinos en sus diferentes estados fisiológicos. Si no se ofrece suplementación de magnesio y sodio, en los tres Ranchos las vacas en lactación y gestación son propensas para desarrollar hipomagnesemia, pues la concentración de magnesio en el forraje fue menor a 1.2 g kg⁻¹ MS. Además, la pequeña concentración de sodio en el forraje, puede ser un factor adicional que induce la hipomagnesemia.

Palabras clave: hipomagnesemia; Magnesio; Sodio; Potasio; Calcio.

Abstract

Minerals are essential nutrients in livestock nutrition. Inadequate magnesium intake causes hypomagnesemia in cattle. The objective of this study was to determine the content of magnesium, calcium, potassium, sodium and the risk of hypomagnesemia in rangeland forage in the autumn season in three ranches producing cattle in state of Zacatecas. Rangeland forage samples were obtained at each Rancho in the active growing season forage. The forage was dried to 60 °C for 48 hr, then he ground in a mill with a sieve 1 mm. Five grams of the forage is cremated and the resulting ashes were digested in hydrochloric acid and nitric acid. The concentration of minerals is determined by atomic absorption spectrophotometry. The data are analyzed in a completely randomized design. The average concentration of magnesium in forages of the three Ranchos was less than the minimum critical level for early lactation cows (2.0 g kg⁻¹ DM diet). The sodium concentration in the forage of the three Ranchos was below requirement of cattle in different



physiological states. If sodium magnesium supplementation is not offered, Ranches in three cows in lactation and gestation are prone to develop hypomagnesemia, because the magnesium concentration in the feed was less than $1.2 \text{ g kg}^{-1} \text{ DM}$. Furthermore the small sodium concentration in the feed, can be an additional factor inducing hypomagnesemia.

Key words: Hypomagnesaemia; Magnesium; Sodium; Potassium; Calcium.

Introducción

En el estado de Zacatecas, la ganadería bovina bajo pastoreo extensivo es el sistema de producción predominante. Este se caracteriza porque el ganado bovino productor de carne para alimentarse pastorea grandes extensiones de terreno con vegetación natural, donde la capacidad de carga animal es variable, aunque relativamente baja, debido a la baja productividad del forraje, como consecuencia directa de la escasa y errática precipitación pluvial que ocurre en las tierras de pastoreo.

Los pastos son la fuente natural de minerales para el ganado en pastoreo, pero no siempre satisfacen los requerimientos (McDowell y Arthinton, 2005). El Magnesio (Mg) es un elemento mineral esencial para la nutrición del ganado, participa en la formación de huesos y dientes, y en los procesos biosintéticos en el complejo Mg-ATP; es un activador enzimático, interviene en el mantenimiento del potencial eléctrico a través de las membranas nerviosas y musculares y ayuda a disminuir la irritabilidad de los tejidos (NRC, 2000; McDowell y Arthinton, 2005).

Diversos estudios reportan que pequeñas concentraciones de Mg en las plantas que consumen los rumiantes pueden inducir a que estos padezcan una enfermedad denominada tetania de los pastos (Grunes y Welch, 1989). Esta enfermedad se caracteriza por pequeñas concentraciones de magnesio en el plasma y en el líquido cefalorraquídeo del rumiante (NRC, 2000).

La tetania de los pastos o tetania hipomagnesémica como también se le conoce es una enfermedad metabólica compleja. Esta enfermedad es más común en vacas productoras de carne durante la lactancia o al final de la gestación; en vacas que pastorean pastos a finales de invierno y principios de primavera o consumen forrajes cosechados con bajo contenido de magnesio (NRC, 2000; Underwood y Suttle, 2003). La tetania de los pastos también se ha detectado a lo largo de todo el año (Pechin *et al.*, 2011). Esta enfermedad se presenta más en animales maduros, ya que con la edad pierden capacidad para remover Mg de los huesos (Rook and Storry, 1962), en cambio, los terneros jóvenes puede movilizar, cuando menos 30 % del Mg del esqueleto cuando tienen deficiencia (Blaxter *et al.*, 1954).

La tetania hipomagnesémica puede surgir, no solo de una deficiencia de Mg en el pasto que consume el ganado (menor al 0.20 % de materia seca; NRC, 2000), si no, también cuando el contenido de magnesio en el alimento es el adecuado, pero la presencia de otros minerales impiden su absorción y utilización. Pues, altas concentraciones de potasio (K) y de calcio (Ca) en la dieta pueden reducir la absorción o disponibilidad del Mg en el rumen (NRC, 2000). De tal forma que, una relación de $K/(Ca+Mg)$ de 2.2 o mayor predispone a la tetania de los pastos (Grunes y Welch, 1989). El sodio (Na) es otro mineral que contribuye a la absorción del Mg. En dietas con baja concentración de Na, cuando se incrementa este mineral, mejora la absorción del Mg (Martens *et al.*, 1987).



La información del contenido de Mg, Ca, K y Na en la dieta de bovinos pastoreando en la época de otoño en el estado de Zacatecas es escasa, situación que limita la formulación de suplementos minerales. Razón por la cual, el objetivo de éste estudio fue determinar el contenido de magnesio, calcio, potasio, sodio y el riesgo de hipomagnesemia en el forraje del pastizal en la estación de otoño en tres Ranchos de producción de ganado bovino del estado de Zacatecas.

Materiales y Métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en tres unidades de producción de ganado bovino productor de carne (rancho 1, 2 y 3) localizadas en el estado de Zacatecas, México. Las coordenadas geográficas del rancho 1, 2 y 3 son: 23° 39' N y 103° 27' O, 23° 16' N y 102° 47' O, 23° 27' N y 103° 41' O, respectivamente, la altitud oscila de 2,088 a 2,270 msnm. En los tres ranchos prevalece el clima (BS₁kw) semiseco, con lluvias en verano, precipitación pluvial de 400-500 mm al año y temperatura media anual de 16 a 18 °C (García, 1988). La topografía es irregular con pequeñas planicies, lomeríos bajos y colinas; sus suelos son calizos de origen *in-situ*, de profundidad somera y textura franco-arenosa.

La vegetación en el área de pastoreo del rancho 1 y 3 es pastizal mediano abierto, con una capacidad de carga de 10 ha⁻¹ año⁻¹. En el rancho 2, es pastizal mediano abierto asociado a nopaleras y al matorral microfilo, la capacidad de carga es de 13 ha⁻¹ año⁻¹ (COTECOCA-SARH, 1980). Las especies forrajeras más importantes incluyen: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacate lobero (*Lycurus phleoides*), zacate tres barbas (*Aristida arizonica* y *Aristida divaricada*), zacate matorralero (*Muhlenbergia porteri*) y zacate hoz (*Microchloa kunthii*).

Procedimiento de muestreo y determinaciones

Se obtuvieron cuatro muestras de forraje del pastizal en cada rancho a principio de la estación de otoño (octubre de 2013), mediante el método de simulación de pastoreo "Hand plucking" (Wayne, 1964), cortando los pastos o parte de los pastos que los bovinos consumían. Las muestras se depositaron en bolsas de papel para posteriormente secarlas en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 48 hr (Fick *et al.*, 1979). Posteriormente las muestras fueron molidas en un molino Wiley con criba de un mm y se almacenaron en empaque hermético hasta su análisis. De cada muestra molida se tomó una porción de 5 g para someter a combustión la materia orgánica, en una mufla marca Felisa, a una temperatura de 500 °C durante 6 horas. Las cenizas resultantes fueron digeridas en ácido clorhídrico y ácido nítrico.

La cuantificación de la concentración de magnesio, calcio, potasio y sodio se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, usando la metodología de Fick *et al.* (1979) y el manual para espectrofotometría de absorción atómica (Perkin Elmer, 1996). Para predecir el grado de riesgo de hipomagnesemia, se calculó un índice mediante la ecuación: $[(g\ kg^{-1}\ K * 25.574) \div (g\ kg^{-1}\ Ca * 49.9) + (g\ kg^{-1}\ Mg * 82.264)]$, con un valor de 2.2 o más indica riesgo.

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar. La variable de respuesta a analizar fue la concentración de Mg, Ca, K y Na en forraje. Las fuentes de variación fueron los ranchos

muestreados. Los datos se analizaron aplicando análisis de varianza mediante el procedimiento estadístico GLM (SAS, 2001). Las medias se compararon con la prueba de rango múltiple de Tukey a un $\alpha=0.05$.

Resultados y Discusión

Los valores de la concentración media de los macrominerales en los forrajes se presentan en el Cuadro 1. Los Ranchos manifestaron diferencias significativas únicamente en las concentraciones de magnesio ($P<0.05$).

La concentración media de Mg en los forrajes de los tres Ranchos fue menor al nivel crítico mínimo para vacas a inicio de la lactancia (2.0 g kg^{-1} MS de la dieta; NRC, 2000). Únicamente el forraje del Rancho 2 aportó suficiente Mg para becerros en crecimiento. Según Bohman *et al.* (1980) con base en la concentración de Mg en el forraje, se han utilizado criterios para evaluar el peligro de tetania para vacas de carne lactantes o gestantes, indican que en forrajes con una concentración de Mg menor a 1.2 g kg^{-1} MS, es propenso el desarrollo de la tetania. En el estudio los tres Ranchos registraron valores inferiores, por consiguiente es probable que los bovinos sean propensos a desarrollar tetania de los pastos.

Únicamente en el Rancho 2 la concentración de Ca en el forraje fue inferior al requerido por el ganado. De la misma forma, sólo en el rancho 3, la concentración de K en el forraje fue insuficiente para cubrir las necesidades de vacas en gestación e inicio de lactancia. En los ranchos 1 y 2 las concentraciones de K estuvieron por encima de los requerimientos del ganado, pero sin considerarse niveles excesivos ($>2 \%$ de materia seca; NRC, 2005) que pudieran inducir el desencadenamiento de la hipomagnesemia (Pechin *et al.*, 2011). Consecuentemente, los bajos niveles de K en los 3 ranchos contribuyeron a que el grado de riesgo de hipomagnesemia no rebasará el umbral de riesgo de 2.2, según la relación potasio/calcio+magnesio (Cuadro 1). La concentración de sodio en el forraje de los tres Ranchos fue menor al requerimiento de los bovinos en sus diferentes estados fisiológicos. De no suplementar este mineral la hipomagnesemia debido a la deficiencia de Mg puede incrementarse, pues cantidades pequeñas de Na en la dieta disminuye la disponibilidad de Mg (Martens *et al.*, 1987).

Cuadro 1. Concentraciones medias de minerales, nivel de significancia y valores de referencia en el forraje del pastizal en la temporada de crecimiento en el estado de Zacatecas

Minerales	Rancho ^W			EEM ^X	Pr>F	Valor de referencia ^Y	
	1	2	3			Becerrros en crecimiento	Vaca en lactación
Magnesio (g kg^{-1} MS)	0.67 ^a	1.05 ^b	0.77 ^a	0.0063	0.022	1.0	2.0
Calcio (g kg^{-1} MS)	2.12 ^a	1.78 ^a	2.33 ^a	0.0103	0.075	1.9-7.3	2.2-3.8
Potasio (g kg^{-1} MS)	7.16 ^a	7.16 ^a	5.71 ^a	0.0394	0.236	6.0	7.0
Sodio (g kg^{-1} MS)	0.50 ^a	0.40 ^a	0.38 ^a	0.0055	0.664	0.6-0.8	1.0
K/(Mg+Ca) ^Z	1.138	1.045	0.813				<2.2

^WMedias en la misma fila, sin literal en común son distintas ($p<0.05$, Tukey); ^XError estándar de la media; ^YNivel mínimo para cubrir requerimientos del ganado bovino (McDowell y Arthington, 2005; NRC, 2000); ^Z Para predecir el grado de riesgo de hipomagnesemia, se utilizó la ecuación: $[(\text{g kg}^{-1} \text{ K} * 25.574) \div (\text{g kg}^{-1} \text{ Ca} * 49.9) + (\text{g kg}^{-1} \text{ Mg} * 82.264)]$, mayor a 2.2 indica riesgo [adaptada de Grunes y Welch (1989)].



Conclusiones

En los tres Ranchos las vacas en lactación y gestación son propensas a desarrollar hipomagnesemia, pues la concentración de Mg en el forraje fue menor a 1.2 g kg^{-1} de materia seca, cantidad inferior a los requerimientos. La concentración de sodio en el forraje no suministro los requerimiento de los bovinos en sus diferentes estados fisiológicos, si no se suplementa este mineral puede agravar a un más la hipomagnesemia.

Es recomendable formular mezclas minerales que aporten las cantidades y proporciones de Mg, Ca, K y Na para ofrecer a los bovinos en los Ranchos donde las concentraciones de estos minerales no cubrieron los requerimientos.

Literatura citada

- Blaxter KL, Rook JAF, MacDonald AM. 1954. Experimental magnesium deficiency in calves: Clinical and pathological observations. *J. Comp. Pathol. Therap*; (64):157–175.
- Bohman, V. R., Stuart, D. M., and Hackett, E. I. 1980. Nevada hays and grass tetany. *Nevada Ag Expt. Sta. Bull. B-46*, Univ. of Nevada.
- COTECOCA-SARH. 1980. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memoria de los Coeficientes de Agostadero del estado de Zacatecas y Aguascalientes. México.
- Fick K, McDowell L, Miles P, Wilkinson N, Funk J, Conrad J. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2da ed. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358 p.
- García E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF.
- Grunes DL, Welch RM. 1989. Plant Contents of Magnesium, Calcium and Potassium in Relation to Ruminant Nutrition. *J ANIM SCI*;(67):3485-3494.
- Martens, H., O.W.Kubel, G.Gabel, and H.Honig. 1987. Effects of low sodium intake on magnesium metabolism of sheep. *J. Agric. Sci. Camb.* 108:237–243.
- McDowell LR, Arthington JD. 2005. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. 4ª ed. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 94 p.
- NRC (National Research Council). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventh Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C., USA. 248p.
- Pechin, GH, Cseh S, Kenny O. 2011. Hipomagnesemia en vacas de cría en un campo de la zona del caldenal. *Ciencia Veterinaria.* 13(1):70-75.
- Perkin Elmer. 1996. Analytical Methods for Atomic Absorption Spectroscopy. United States of America. 300 p.
- Rook JAF, Stony JE. 1962. Magnesium in the nutrition of farm animals. *Nutr Abstr Rev.* 32:1055–1077.
- SAS (Statistical Analysis System). 2001. SAS/STAT User's Guide. SAS Publishing, Cary, NC.,
- Underwood EJ, Suttle NF. 2003. Los Minerales en la Nutrición del Ganado. 3ª Ed. Zaragoza, España. 633 p.
- Wayne CC. 1964. Collection forages samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *Journal of Animal Science*;(23):265-270.



CALIDAD DEL FORRAJE DE UN PASTIZAL NATURAL EN OTOÑO EN EL ESTADO DE ZACATECAS, MÉXICO

QUALITY OF FORAGE IN NATURAL RANGELAND IN AUTUMN IN THE STATE OF ZACATECAS, MEXICO

Miguel Márquez Madrid^{1*}, Ricardo David Valdez Cepeda¹, Héctor Gutiérrez Bañuelos², Fidel Blanco Macías¹, Raúl Rene Ruiz Garduño¹.

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro-Norte. C. Cruz del Sur 100, Col. Constelación, El Orito, CP 98094, Zacatecas, Zac. México. Tel. +52 (492) 9246284 Ext. 117.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El Cordobel, Enrique Estrada, Carr. Zacatecas-Fresnillo Km. 36.5. Enrique Estrada, Zacatecas, México. + 52 (478) 9850202.

*Autor de contacto:ac10279@chapingo.mx

Resumen

La productividad animal está en función de la cantidad y calidad nutritiva del forraje que consumen los animales en pastoreo. El objetivo de éste estudio fue determinar la calidad relativa del forraje y el contenido de proteína en el forraje del pastizal natural en la estación de otoño en tres Ranchos de producción de ganado bovino del estado de Zacatecas. Se obtuvieron muestras de forraje del pastizal en cada Rancho a inicio de la estación de otoño. El forraje se secado a 60 °C durante 48 hr, luego se molió en un molino con criba de 1 mm. A ese forraje se le determinó el contenido de proteína cruda y la calidad relativa del forraje. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, aplicando análisis de varianza mediante el procedimiento estadístico GLM, las medias se compararon con la prueba de rango múltiple de Tukey a un $\alpha=0.05$. Al factor Rancho se asociaron diferencias significativas ($p<0.001$) para la calidad relativa del forraje. Para el contenido de proteína, las diferencias entre Ranchos fueron no significativas. La proteína del forraje en el Rancho 2 (68.78 g kg¹) y 3 (66.11 g kg¹), no suministro los requerimientos para vacas preñadas en el tercio medio de la gestación, en el Rancho 1 (89.13 g kg¹), aportó los requerimientos para vacas preñadas en el último tercio de gestación, pero no los que necesita una vaca amamantando becerro. El índice de calidad relativa del forraje en los tres Ranchos equivale aproximadamente el 50% de los requerimientos.

Palabras clave: proteína cruda; requerimientos nutricionales; bovinos carne.

Abstract

Animal productivity is a function of the quantity and nutritional quality of forage consumed by grazing animals. The objective of this study was to determine the relative quality of forage and protein content in the forage of natural rangeland in the autumn season in three ranches cattle production in the state of Zacatecas. Rangeland forage samples were obtained at each Ranch at the beginning of the autumn season. Forage brought to 60 °C for 48 hours, then ground in a mill with 1 mm sieve. In this forage crude protein content and relative forage quality is determined. The data are analyzed in a completely randomized design, using analysis of variance using the statistical procedure GLM, the mean compare to the multiple range test of Tukey to $\alpha = 0.05$. At Ranch factor were associated with significant differences ($p < 0.001$) for the relative forage quality. For the protein content, differences were not significant Ranch. Protein forage in Ranch 2 (68.78 g kg¹) and 3 (66.11 g kg¹), not supply the requirements for pregnant cows in the middle third of pregnancy, in Ranch 1 (89.13 g kg¹), supply requirements for pregnant cows in the last third of gestation, but



not those who need a cow suckling her calf. The index of relative quality of forage in the three Ranch is approximately 50% of the requirements.

Key words: crude protein; nutritional requirements; beef cattle.

Introducción

En la región norte de México, la calidad nutritiva de la dieta seleccionada por rumiantes en pastoreo depende de la época del año (Reyes *et al.*, 2012). En esta zona la nutrición del ganado bovino en pastoreo es influenciada por los cambios estacionales en la calidad nutritiva de los pastizales, los cuales afectan la composición de la dieta y la selectividad del pastoreo del ganado (Obeidat *et al.*, 2002).

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) distingue entre la calidad del forraje y el valor nutritivo del forraje a pesar de que estos términos se usan indistintamente. Ellos refieren que el valor nutritivo del forraje típicamente se refiere a la concentración de la energía disponible (nutrimentos digestibles totales) y a la concentración de proteína cruda, y por el contrario, la calidad del forraje es un término más amplio que incluye, además del valor nutritivo, al consumo de forraje.

Las proteínas, junto con la energía son los nutrimentos más importantes para el ganado ya que soportan los microorganismos del rumen que a su vez degradan el forraje (Newman *et al.*, 2006). Para valorar la calidad del forraje se han desarrollado varios índices. Uno de ellos, es el índice de calidad relativa del forraje (RFQ, siglas en inglés) que fue diseñado por investigadores de la Universidad de Wisconsin, utiliza la digestibilidad de la fibra para estimar el consumo, así como los nutrimentos digestibles totales del forraje ((Jeranyama, 2004). El índice de calidad de forraje es mejor que el índice de valor relativo del forraje que también se utiliza para valorar la calidad del forraje, pues el índice de RFQ refleja mejor el rendimiento que se puede esperar del ganado alimentado con forrajes. Otras ventajas de la RFQ es que diferencia las leguminosas de las gramíneas; también se puede convertir en requerimientos de energía para mantenimiento y producción, además al multiplicarlo por 0.0123 da una estimación de la ingesta del total de nutrimentos digestibles (TND) y el TND puede ser convertido a energía neta (Moore y Undersander, 2002).

La información relativa a la calidad de la dieta que ingieren los bovinos en pastoreo en el centro norte de México es escasa, por tal razón, el objetivo de éste estudio fue determinar la calidad relativa del forraje y el contenido de proteína en el forraje del pastizal natural en la estación de otoño en tres Ranchos de producción de ganado bovino del estado de Zacatecas.

Materiales y Métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en tres Ranchos que producen ganado bovino productor de carne localizados en el estado de Zacatecas, México. Las coordenadas geográficas del Rancho 1, 2 y 3 son: 23° 39' N y 103° 27' O, 23° 16' N y 102° 47' O, 23° 27' N y 103° 41' O, respectivamente, la altitud oscila de 2,088 a 2,270 msnm.



En los tres Ranchos prevalece el clima (BS₁kw) semiseco, con lluvias en verano, precipitación pluvial de 400-500 mm al año y temperatura media anual de 16 a 18 °C (García, 1988). La topografía es irregular con pequeñas planicies, lomeríos bajos y colinas; sus suelos son calizos de origen *in-situ*, de profundidad somera y textura franco-arenosa.

La vegetación en el área de pastoreo del rancho 1 y 3 es pastizal mediano abierto, con una capacidad de carga de 10 ha⁻¹ año⁻¹. En el rancho 2, es pastizal mediano abierto asociado a nopaleras y al matorral microfilo, la capacidad de carga es de 13 ha⁻¹ año⁻¹ (COTECOCA-SARH, 1980). Las especies forrajeras más importantes incluyen: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*), zacate lobo (*Lycurus phleoides*), zacate tres barbas (*Aristida arizonica* y *Aristida divaricata*), zacate matorralero (*Muhlenbergia porteri*) y zacate hoz (*Microchloa kunthii*).

Procedimiento de muestreo y determinaciones

Se obtuvieron cuatro muestras de forraje del pastizal en cada Rancho a inicio de la estación de otoño (octubre, 2013), mediante el método de simulación de pastoreo “Hand plucking” (Wayne, 1964), cortando los pastos o parte de los pastos que los bovinos consumían. Las muestras se depositaron en bolsas de papel para posteriormente deshidratarlas en una estufa a una temperatura de 60 °C durante 48 hr (Fick *et al.*, 1979), luego fueron molidas en un molino Wiley con criba de un mm y se almacenaron en empaque hermético hasta su análisis.

A las muestras de forraje se les determinó el contenido de proteína cruda (PC) mediante el método de Dumas por combustión (AOAC, 1996) utilizando el equipo LECO. La calidad relativa del forraje (RFQ) se calculó utilizando la ecuación $RFQ = (DMI, \% \text{ of BW}) * (TDN, \% \text{ of DM}) / 1.23$ (Jeranyama, 2004).

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar. Las variables de respuesta a analizar fueron la calidad relativa del forraje y la concentración de proteína cruda en el forraje. Las fuentes de variación que influyeron en las variables de respuesta fueron los Ranchos muestreados. Los datos se analizaron aplicando análisis de varianza mediante el procedimiento estadístico GLM (SAS, 2001). Las medias se compararon con la prueba de rango múltiple de Tukey a un $\alpha=0.05$ (Steel y Torrie, 1997).

Resultados y Discusión

Los valores del contenido de proteína cruda y la calidad relativa del forraje se presentan en el Cuadro 1. Al factor Rancho se asociaron diferencias significativas ($p<0.001$) para la calidad relativa del forraje. Para el contenido de proteína, las diferencias entre Ranchos fueron no significativas.

El contenido de proteína en el forraje del pastizal del Rancho 1 y 2 mostró pequeña variabilidad y en el Rancho 3, alta variabilidad. Mientras que, en la calidad del forraje, los tres Ranchos mostraron pequeña variabilidad.



El forraje del Rancho 1 presentó los mejores valores nutricionales, registró la mayor cantidad de proteína cruda y calidad relativa del forraje. En contraste, en el forraje del Rancho 3, fue donde se obtuvieron los valores nutricionales más desfavorables y por consiguiente, en el forraje del Rancho 2, los valores fueron intermedios.

Cuadro 1. Contenido de proteína y calidad relativa del forraje del pastizal natural en otoño (2013) en tres Ranchos en el estado de Zacatecas, México

Variable	Rancho 1		Rancho 2		Rancho 3		p
	Media	CV	Media	CV	Media	CV	
PC (g kg ⁻¹)	89.13 ^a	5.40	68.78 ^a	7.06	66.11 ^a	27.88	0.033
RFQ	62.60 ^a	3.21	53.69 ^b	6.02	53.41 ^b	3.90	0.001

PC=Proteína cruda; RFQ =Calidad relativa del forraje; CV=Coefficiente de variación; ^{ab}=Medias en la misma fila, sin literal en común son distintas ($p < 0.05$, Tukey).

El bajo contenido de PC del forraje en el Rancho 2 (68.78 g kg⁻¹) y 3 (66.11 g kg⁻¹), no cubre los requerimientos mínimos necesario de este nutriente (69.0-71.0 g kg⁻¹) para vacas preñadas en el tercio medio de la gestación (NRC, 1984). En cambio, la concentración de PC en el forraje del Rancho 1 (89.13 g kg⁻¹), cubre los requerimientos (76-82 g kg⁻¹) para vacas preñadas en el último tercio de la gestación, pero no los que necesita (91.0-106.0 g kg⁻¹) una vaca amamantando su becerro en los primeros cuatro meses postparto (NRC, 1984). En la estación de otoño, Reyes-Estrada *et al.* (2014), determinaron en un pastizal natural en el estado de Durango, México, una concentración de 72.6 g kg⁻¹, que es intermedia a los valores registrados en el presente estudio.

La calidad relativa del forraje fue pequeña en el Rancho 2 y 3, y mejor en el Rancho 3. Sin embargo, en los tres Ranchos los valores de la calidad del forraje se consideran muy pequeños, pues Newman *et al.* (2006) sugieren que las necesidades nutricionales, con base en el índice de calidad relativa del forraje son de 100-120 para vaquillas de 18-24 meses de edad y para vaca seca. Al comparar los requerimientos con el valor del forraje analizado, se observa que en los tres Ranchos el forraje aporta aproximadamente del 50 % de los requerimientos.

Conclusiones

El contenido de proteína en el forraje del pastizal natural en la estación de otoño en los tres Ranchos de producción de ganado bovino del estado de Zacatecas que fueron evaluados es insuficiente para que el ganado manifieste su potencial productivo.

La calidad relativa del forraje del pastizal natural estudiado en los tres Ranchos aporta la mitad de los requerimientos de los bovinos carne en pastoreo.

Literatura Citada

AOAC. 1996. Official Methods of Analysis. 16th ed. Assoc. Off Anal Chem, Arlington, VA.

COTECOCA-SARH. 1980. Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero. -Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Memoria de los Coeficientes de Agostadero del estado de Zacatecas y Aguascalientes. México.

Fick K, McDowell L, Miles P, Wilkinson N, Funk J, Conrad J. 1979. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2da ed. Universidad de Florida, Gainesville, Florida, USA. 358 p.



- García, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF
- Jeranyama, P. 2004. Understanding relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ).
- Moore J. E., and Undersander, D. J. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. In *Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium* (Vol. 32, pp. 16-29).
- Newman Y. C., Lambert, B., and Muir, J. P. 2006. Defining forage quality. *Texas Cooperative extension. The Texas A & M University System*.
- Newman, Y. C., Lambert B., and Muir J. P. 2009. Defining Forage Quality. Department of Agriculture, Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL
- NRC. 1984. National Research Council Nutrient Requirements of Beef Cattle (6th Ed.). National Academy Press, Washington, DC.
- Obeidat BS, Thomas MG, Hallford DM, Keisler DH, Petersen MK, Bryant WD, Garcia MD, Narro L, Lopez R. 2002. Metabolic characteristics of multiparous Angus and Brahman cows grazing in the Chihuahua desert. *J Anim Sci*; (80):2223–2233.
- Reyes O, Murillo M, Herrera E, Gutiérrez E, Juárez AS, Cerrillo A. 2012. Influencia de la época del año en indicadores nutricionales y metabólicos de bovinos en pastoreo en el norte de México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46,(4).
- Reyes-Estrada, O., Murillo-Ortiz, M., Herrera-Torres, E., Gurrola-Reyes, J. N., & Carrete-Carreón, F. O. 2014. Cambios estacionales en consumo, composición química y degradabilidad ruminal de la dieta seleccionada por novillos en pastoreo. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2), 97-106.
- SAS. Statistical Analysis System. 2001. SAS/STAT User's Guide. SAS Publishing, Cary, NC., USA.
- Steel DRG, Torrie JH. 1997. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª ed. Mc Graw-Hill. México, D. F. 622 p.
- Wayne CC. 1964. Collection forages samples representative of ingested material of grazing animals for nutritional studies. *Journal of Animal Science*; (23):265-270.



CONSUMO Y VALOR NUTRICIONAL DE LA DIETA SELECCIONADA POR GANADO BOVINO EN AGOSTADERO EN EL NORTE DE MÉXICO

INTAKE AND NUTRITIONAL VALUE OF DIET SELECTED FOR CATTLE RANGELAND FROM NORTH MEXICO

Osvaldo Reyes^{1*}, Manuel Murillo¹, Esperanza Herrera¹,
Francisco O. Carrete¹, J. Natividad Gurrola² y Juan F. Sánchez¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Carretera Durango al Mezquital km 11.5 Durango, Dgo. México.

²CIIDIR Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional.

[*reyesosvaldo@hotmail.com](mailto:reyesosvaldo@hotmail.com)

Resumen

El objetivo del presente fue determinar el consumo y valor nutricional de la dieta seleccionada por bovinos en agostadero del norte de México. Se emplearon cuatro novillos fistulados de rumen (350 ± 3 kg PV), se desarrollaron ocho periodos de muestreo. El consumo de materia seca (CMS kg/d) presentó una tendencia lineal de Febrero a Mayo e incremento en Julio y Agosto ($P < 0.01$), disminuyó de Septiembre a Octubre causando un efecto cuadrático ($P < 0.05$). El contenido de proteína cruda (PC) incremento de Febrero a Abril, y bajó durante Mayo ($P < 0.01$), un incremento se observó en los meses de Julio y Agosto (10.6 y 12.5 %, respectivamente), durante Septiembre y Octubre la PC se redujo, dando un efecto cúbico ($P < 0.02$). La fibra detergente neutro y detergente acida (FDN y FDA) declinaron linealmente ($P < 0.01$). La digestibilidad *in vitro* aumento de forma lineal en Febrero (57.6 %) a Mayo (60.3 %) ($P < 0.02$), incremento durante Julio (67.4 %) y Agosto (68.3 %), en Septiembre y Octubre se redujo 66.2 y 65.8 % lo que causo un efecto cuadrático ($P < 0.03$). Del presente se concluye que existe un efecto del periodo sobre el consumo y valor nutricional de la dieta de bovinos en agostadero y que durante la época seca se presentan condiciones que dificultan el óptimo estado nutricional y productivo del hato ganadero, se sugiere establecer un programa de suplementación alimenticia considerando los valores reportados y requerimientos establecidos.

Palabras clave: Consumo, composición química, dieta, bovinos, pastoreo.

Abstract

The objective of this study was to determine intake and nutritional value of diet selected for cattle rangeland from north Mexico. Were used four rumen cannulated steers (350 ± 3 kg BW), eight sampling periods were developed. The dry matter intake (DMI kg/d) has a linear trend from February to May and increased in July and August ($P < 0.01$), decreases from September to October causing a quadratic effect ($P < 0.05$). The crude protein content (CP) increase from February to April, and low during May ($P < 0.01$), an increase CP was observed in the months of July and August (10.6 and 12.5 %, respectively), during September and October It was reduced, giving a cubic effect ($P < 0.02$). The neutral detergent fiber and acid detergent (NDF and ADF) declined linearly ($P < 0.01$), the *in vitro* digestibility increased linearly in February (57.6 %) to May (60.3 %) ($P < 0.02$), increased during July (67.4 %) and August (68.3 %) in September and October decreased 66.2 and 65.8 % which caused a quadratic effect ($P < 0.03$). In the present conclude that there is a period effect on intake and nutritional value of the diet of cattle on rangeland and



conditions that hinder optimal nutritional and productive status of the herd, presented during the dry season is suggested to establish a nutritional supplementation program considering the reported values and requirements established.

Keywords: intake, chemical composition, diet, bovines, grazing.

Introducción

Los agostaderos de las zonas semiáridas del desierto Chihuahuense del norte de México, se caracterizan por su comportamiento en cuanto a su producción forrajera y calidad de la misma, las cuales dependen de la época del año, el aporte de nutrientes de la dieta seleccionada por rumiantes en pastoreo extensivo es afectado por el estado fenológico de las plantas consumidas ya que la etapa de crecimiento de los pastizales depende de la temporada de lluvias la cual se presenta durante el verano, dicha etapa generalmente tiene una duración de 90 a 120 días, periodo en el ganado dispone de forrajes en cantidad y calidad, posterior a ello se presenta una reducción en el aporte de nutrientes de la dieta. A causa del avance en la madurez y posterior dormancia del pastizal (Villalobos *et al.*, 2000; Murillo *et al.*, 2013). Una alternativa que se ha implementado para reducir los efectos y eficientar la utilización del pastizal es la suplementación (Karn, 2000). Sin embargo, para desarrollar estrategias efectivas de suplementación alimenticia, es necesario conocer el consumo y el valor nutricional de la dieta seleccionada por rumiantes en pastoreo, para de esta forma tener bases sólidas para el establecimiento de necesidades nutrimentales del ganado a través de diferentes épocas del año, sin embargo la información disponible es limitada. En el presente estudio se asume que existe un efecto del periodo de pastoreo sobre el consumo y valor nutricional de la dieta de ganado bovino en agostadero. El objetivo del presente estudio fue el evaluar el efecto del periodo de pastoreo sobre el consumo y valor nutritivo de la dieta de ganado bovino en un agostadero de la región semiárida del norte de México.

Material y Métodos

Área de estudio. Corresponde a un pastizal clasificado como mediano arbosufrutescente en lomeríos del malpaís de la región central del Estado de Durango, México (COTECOCA, 1979). El clima es seco templado con lluvias en verano (BS₁K), se localiza a 104° 32' LO y 24° 22' LN y con una altitud de 1938 msnm. La vegetación del área es dominada por los pastos: rosado (*Melinis repens* Willd), mota (*Chloris virgata*), navajita (*Bouteloua gracilis*), tres barbas anual (*Aristida adsencionis*) y popotillo plateado (*Andropogon barbinodis*), además de hiuzaches (*Acacia tortuosa*), mezquites (*Prosopis juliflora*), nopales (*Opuntia spp*), gatuños (*Mimosa biuncifera*), así como una variedad importante de hierbas anuales.

Unidades experimentales. Se emplearon cuatro novillos fistulados del rumen (350 ± 3 kg de PV).

Periodos de muestreo. Se desarrollaron ocho periodos de muestreo con una duración de doce días cada uno, los primeros quince días de cada periodo fueron considerados de adaptación y se realizaron durante los meses representativos de la época seca (Febrero, Marzo, Abril y Mayo) y de la época de lluvia (Julio, Agosto, Septiembre y Octubre).

Consumo. Durante cada periodo de adaptación a los novillos se les suministro vía la cánula ruminal de Sesquióxido de Cromo (Cr₂O₃; 10 g/novillo/día) como marcador de la ingesta. Los tres primeros días de cada periodo de muestreo, se tomaron directamente del recto de cada animal muestras fecales, para estimar la producción total de heces se determinó la concentración de Cr₂O₃ en las



heces (Jordon *et al.*, 2002). El consumo se calculó dividiendo la producción total de heces entre la fracción indigestible de la dieta (Villanueva *et al.*, 2003).

Valor nutricional. Los días cuatro y cinco de cada periodo se tomaron muestras de la dieta seleccionada mediante la técnica de evacuación ruminal (Cline *et al.*, 2009). A las muestras obtenidas se les determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) (AOAC, 1999); fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (L) (Van Soest *et al.*, 1991); digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (Huntington y Burns, 2007).

Análisis estadístico. Los datos se analizaron en un diseño completamente al azar, el modelo incluyó efectos para los periodos de muestreo, las medias se compararon mediante contrastes lineal, cuadrático y cúbico, se empleó el paquete estadístico SAS (2003).

Resultados y Discusión

Consumo. El consumo de materia seca (CMS kg/d) presento una tendencia lineal de Febrero a Mayo e incremento en Julio y Agosto ($P < 0.01$; Cuadro 1). El cual disminuyo de Septiembre a Octubre causando un efecto cuadrático ($P < 0.05$). Otros estudios reportan resultados similares sobre el comportamiento del consumo de la dieta ganado bovino en pastoreo en diferentes periodos (Jhonson *et al.*, 1998; Cline *et al.*, 2009). El comportamiento del observado durante los meses que comprenden la época seca pueden ser explicados a partir de baja calidad del forraje disponible, ya que el pastizal se encuentra en la etapa de madurez y ello causa que el ganado se vuelva más selectivo (McCullum y Galyeen, 1985; Funk *et al.*, 1987; McCracken *et al.*, 1993).

Cuadro 1. Consumo y valor nutricional de la dieta seleccionada por ganado bovino en agostadero.

	Periodo								Contraste ¹				
	Feb	Mar	Abr	May	Jul	Ago	Sep	Oct	EE	P	L	Q	C
CMS (kg/d)	4.4	4.4	4.5	4.6	6.8	7.1	6.3	6.1	1.23	0.05	0.01	0.05	0.21
MO (%)	91. 7	92.3	90.8	91.0	90.3	88.2	89.4	91.7	0.52	0.34	0.17	0.21	0.11
PC (%)	4.2	4.4	5.5	5.0	10.6	12.5	8.3	7.8	0.97	0.01	0.01	0.38	0.02
FDN (%)	78. 3	77.5	74.5	72.8	64.7	63.1	65.3	66.6	1.13	0.01	0.01	0.15	0.53
FDA (%)	59. 5	57.3	56.4	55.2	46.3	44.6	49.3	51.3	1.33	0.02	0.01	0.23	0.27
L (%)	7.8	7.4	7.1	6.6	4.7	4.0	5.6	6.2	0.67	0.01	0.03	0.11	0.05
DIVMO (%)	57. 6	58.2	59.3	60.3	67.4	68.3	66.2	65.8	0.32	0.23	0.02	0.03	0.61

¹Nivel de significancia observada para el contraste: L = lineal; Q = cuadrático; y C = cubico.

P: Nivel de significancia observada



Valor nutricional. El contenido de proteína cruda (PC) de la dieta incremento de Febrero a Abril, y bajo durante Mayo ($P < 0.01$), un significativo incremento se observó en los meses de Julio y Agosto (10.6 y 12.5 %, respectivamente), durante Septiembre y Octubre la PC se redujo, dando un efecto cúbico ($P < 0.02$). El aumento en la concentración de proteína de la dieta registrada en los meses de Julio y Agosto coincide con el periodo de lluvias, etapa donde se da el mayor crecimiento de los pastizales en la región. En contraste McCracken *et al.* (1993) reporta una concentración de nitrógeno relativamente constante en la dieta consumida por bovinos conforme avanza el periodo de madurez del forraje, atribuyendo ese comportamiento a la selectividad del ganado. Resultados similares fueron reportados por Patterson *et al.* (2003).

La fracción fibra detergente neutro y detergente acida (FDN y FDA) declinaron linealmente ($P < 0.01$), un ligero aumento se presentó en Agosto y Septiembre, ello causado por el avance de la época. Obeidat *et al.* (2002) reporta concentraciones menores de FDN de la dieta consumida por bovinos en un pastizal del desierto Chihuahuense, dichas diferencias pueden ser atribuidas a la composición botánica de la dieta. Moreno (2008) al evaluar la calidad nutritiva de la dieta de bovinos en pastoreo reporta concentraciones similares de FDN, FDA y lignina (L) a las registradas en el presente estudio. El comportamiento en el contenido de la fracción fibra de la dieta puede ser explicado a partir del estado fenológico del recurso forrajero presente en el agostadero el cual es consumido por el hato ganadero de la región.

La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) aumento de forma lineal en Febrero (57.6 %) a Mayo (60.3 %) ($P < 0.02$), incremento durante Julio (67.4 %) y Agosto (68.3 %), en Septiembre y Octubre se redujo 66.2 y 65.8 % lo que causo un efecto cuadrático ($P < 0.03$). McCollum *et al.* (1985) reporta una digestibilidad similar durante el mes de Agosto (66.5 %) y de forma similar presenta una reducción en la digestibilidad conforme avanza el periodo de pastoreo. Olson *et al.* (1994) al evaluar la digestibilidad de la dieta de novillos en pastoreo reporta resultados similares a los observados en este estudio. Gelvin *et al.* (2004) al determinar la digestibilidad *in vitro* de la dieta consumida por bovinos en un pastizal nativo reporta una reducción lineal de Julio (58.5 %) a Octubre (41.3 %). La baja digestibilidad durante los meses de Febrero a Mayo es atribuida al aumento en las fracciones de la fibra por el avance en la madurez y dormancia del pastizal, el incremento en la digestibilidad durante los meses de Julio, Agosto y Septiembre coinciden con la temporada de lluvia en la región lo que propicia un aumento en la calidad del forraje y por ende en la digestibilidad de la dieta consumida (Funk *et al.*, 1987; Johnson *et al.*, 1998). Se consideran como forrajes de alta calidad a las muestras con un contenido mayor de 10 % de proteína y 60 % de digestibilidad, forrajes con valores inferiores son considerados de baja calidad (Mass *et al.*, 1999).

Conclusiones

En el presente estudio se concluye que existe un efecto del periodo sobre el consumo y valor nutricional de la dieta de ganado bovino en agostadero y que los meses comprendidos entre Febrero y Mayo presentan valores que dificultan el óptimo estado nutricional y productivo del hato en apacentamiento, por lo anterior se sugiere establecer un programa estratégico de suplementación alimenticia considerando los valores reportados y requerimientos establecidos, así como proporcionar al hato minerales durante todo el año.



Literatura Citada

- AOAC, 1994. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington.
- COTECOCA, 1979. Durango. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. Editorial Calypso. SARH. Durango, México.
- Cline, H. J., B. W. Neville, G. P. Lardy, and J. S. Caton. 2009. Influence of advancing season on dietary composition, intake, site of digestion, and microbial efficiency in beef steers grazing a native range in western North Dakota. *Journal of Animal Science*. 87:375-383.
- Funk, M. A., M. L. Galyean, M. E. Branine, and L. J. Krysl. 1987. Steer grazing blue grama rangeland throughout the growing season. I. Dietary composition, intake, digesta kinetics and ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*. 65:1342-135.
- Gelvin, A. A., G. P. Lardy, S. A. Soto-Navarro, D. G. Landblom, and J. S. Caton. 2004. Effect of field pea-based creep feed on intake, digestibility, ruminal fermentation, and performance by nursing calves grazing native range in western North Dakota. *Journal of Animal Science*. 82:3589-3599.
- Huntington, G. B., and J. C. Burns. 2007. Afternoon harvest increases readily fermentable carbohydrate concentration and voluntary intake of gamagrass and switchgrass baleage by beef steers. *Journal of Animal Science*. 85:276.
- Jhonson, J. A., Caton, J. S., Poland, W., Kirby, D. R., Dhuyvetter, D. V. 1998. Influence of Season on Dietary Composition, Intake, and Digestion by Beef Steers Grazing Mixed-Grass Prairie in the Northern Great Plains. *Journal of Animal Science*. 76:1682-1690.
- Jordon, D. J., T. J. Klopfenstein, and D. C. Adams. 2002. Dried poultry waste for cows grazing low-quality winter forage. *Journal of Animal Science*. 80:818.
- Karn, J. F. 2000. Supplementation of yearling steers grazing Northern Great Plains Rangeland. *Journal of Range Management* 53(2):170-175.
- Mass, R. A., G. P. Lardy, R. J. Grant, and T. J. Klopfenstein. 1999. *In situ* neutral detergent insoluble nitrogen as a method for measuring forage protein degradation. *Journal of Animal Science*. 77:1565-1571.
- McCullum, F. T., and M. L. Galyean. 1985. Cattle grazing blue grama rangeland II. Seasonal forage intake and digesta kinetics. *Journal Range Management*. 38:543-546.
- McCullum, F. T., M. L. Galyean, L. J. Krysl, and J. D. Wallace. 1985. Cattle grazing blue grama rangeland. I. Seasonal diets and rumen fermentation. *Journal Range Management*. 38:539-542.
- McCracken, B. A., L. J. Krysl, K. K. Park, D. W. Holcombe, and M. B. Judkins. 1993. Steers grazing endophyte-free tall fescue: seasonal changes in nutrient quality, forage intake, digesta kinetics, ruminal fermentation, and serum hormones and metabolites. *Journal of Animal Science*. 71:1588-1595.
- Moreno, R. C. 2008. Calidad nutritiva, parámetros de fermentación ruminal y cinética ruminal del forraje consumido por bovinos en pastoreo en dos épocas del año. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. México.
- Murillo, O. M., O. Reyes, E. Herrera, H. Martínez, and G. Villareal. 2013. Annual and seasonal variation in nutritive quality and ruminal fermentation patterns of diets in steers grazing native rangelands. *African Journal of Agricultural Research*. 8(33):4408-4413.
- Obeidat, B. S., M. G. Thomas, D. M. Hallford, D. H. Keisler, M. K. Petersen, W. D. Bryant, M. D. Garcia, L. Narro, and R. Lopez. 2002. Metabolic characteristics of multiparous Angus and Brahman cows grazing in the Chihuahuan Desert. *Journal of Animal Science*. 80:2223-2233.
- Olson, K. C., J. S. Caton, D. R. Kirby, and P. L. Norton. 1994. Influence of yeast culture supplementation and advancing Seaton on stress grazing mixed-grass prairie in the northern Great Plains: I. Dietary composition, intake, and in situ nutrient disappearance. *Journal of Animal Science*. 72:2149-2157.
- Patterson, H. H., T. J. Klopfenstein, D. C. Adams, and J. A. Musgrave. 2003. Supplementation to meet metabolizable protein requirements of primiparous beef heifers: I. Performance, forage intake, and nutrient balance. *Journal of Animal Science*. 81:800-811.
- SAS, 2003. SAS User's Guide (Release 9.1): SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.
- Villalobos, G.C., V. E. González, y S. J. A. Ortega. 2000. Técnicas para estimar la degradación de la proteína y materia orgánica en el rumen y su importancia en rumiantes en pastoreo. *Técnica Pecuaria México*. 38(2):119-134.
- Villanueva, J. F., J. J. Bustamante, J. A. Bonilla, and J. V. Rubio. 2003. Nutritional value of diet and forage and nutrient intake by grazing cattle of evergreen seasonal forest ecosystem. In: FMVZ-UAY editors. Proc Sixth International Symposium on the Nutrition Herbivores. Mexico. p. 467.



EVALUACIÓN DEL CONSUMO Y EFECTO DE LA HARINA DE HOJA Y PLANTA COMPLETA ENMELAZADA DE *Ricinus communis* L. EN BORREGAS GESTANTES.

EVALUATION OF CONSUMPTION AND EFFECT OF FLOUR LEAF AND COMPLETE PLANT WITH MOLASSES FROM *Ricinus communis* L. IN PREGNANT SHEEP.

Rosa Alejandra Del Viento C. y José Manuel Palma G.*

Centro Universitario de Investigación Agropecuaria
Universidad de Colima
Carretera Colima – Manzanillo Km 40. Tecomán, Colima.

*Palma@ucol.mx

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el consumo y esclarecer si la ingestión de harina de la lámina de hojas o la planta completa de *Ricinus communis* enmelenada genera signos de intoxicación o abortos en borregas gestantes. Para lo cual, se formaron 3 grupos de 4 hembras gestantes, a las cuales se les ofertó: harina de hoja de *R. communis* (HRc); planta completa de *R. communis* enmelenada (PCRc+M) y un grupo control sin el alimento en cuestión. Las hembras pastaron diariamente por 7 h antes de la oferta de los tratamientos. Se observó una mayor preferencia por la HRc al no ser sustituida por alimento previamente ingerido, siendo contrario para la PCRc+M; no hubo presencia de abortos, intoxicación o muertes por el consumo de ésta planta. Por lo que se concluye que la HRc y la PCRc son una alternativa para la alimentación de pequeños rumiantes.

Palabras clave: ovinos, nutrición, consumo, gestación.

Introducción

La necesidad de resolver el problema de cantidad y calidad de la alimentación de rumiantes en el trópico, induce a explorar nuevas fuentes de alimento, en particular de tipo proteico para subsanar las deficiencias que existen en el periodo de estiaje.

Una posible fuente no convencional de forraje para la alimentación animal es el empleo de *Ricinus communis* L. (higuerilla), como lo señala recientemente Del Viento *et al.* (2014) quienes observaron el consumo de hojas de higuerilla en pastoreo asociada de forma natural a *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 por bovinos, estos autores encontraron que la lámina de la hoja de ésta planta posee un valor de proteína cruda (N x 6.25) de 21.98±1.03 % y una degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de 93.21±4.06 % a las 48 horas, además de considerar que ésta planta es resistente bajos niveles hídricos, razón que la señala como alternativa en la alimentación de rumiantes.

Aunque previamente Tokarnia *et al.* (1975) demostraron efectos adversos en bovinos en sistema nervioso, inclusive muerte en animales cuando estos consumieron hoja a una dosis mayor de 5 g MS/kg PV sin adaptación previa. Dichos efectos se debieron a un compuesto tóxico conocido como ricinina, causante de



los signos nerviosos (salivación, caminata en círculos, tremor muscular y muerte). Por otra parte, Artuz y Restrepo (2002), en una revisión señalaron que el aceite de ricino se ha utilizado como una alternativa para generar el aborto en mujeres. Motivo por el cual, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el consumo y esclarecer si la ingestión de harina de la lámina de hojas o de planta completa de *R. communis* genera signos de intoxicación o abortos a borregas gestantes.

Materiales y Métodos

El ensayo se llevó a cabo en Tamuín San Luis Potosí, en el Rancho “La Noria”. Se utilizaron 12 borregas de tres meses de gestación, de la raza Pelibuey de 39 ± 4 Kg, a las cuales se les aplicó una semana previa a la prueba: un hematínico (5 ml/animal: 0.15 g Cocadilato de sodio; 0.01 g Citrato de hierro; 0.25mg Acetato de cobalto; 0.25 mg Sulfato de cobre; 0.02 mg Cloruro de magnesio; 0.25 mcg Vitamina B₁₂), selenio (0.5 ml/45kg de PV) y febendazol (5 mg/5kg PV).

Se establecieron tres tratamientos con cuatro repeticiones que consistieron en: harina de la planta completa de higuierilla + melaza (PCRC+M), harina de hoja de higuierilla (HRC) y un control, al cual no se le ofertó higuierilla. El ensayo tuvo una duración de 30 días.

Las borregas pastaron juntas de 7:30 am a 2:30 pm en praderas con una combinación de estrella mejorado (*Cynodon nlemfuensis*), brizanta (*Brachiaria brizantha*) y pasto carretero (*Bothriochloa pertusa*) con una producción de biomasa promedio de 0.401 ton MS/ha. Después del pastoreo los animales se separaron en corrales de acuerdo a los tratamientos. Dentro de los corrales a los animales correspondientes se les ofertó la PCRC+M y la HRC. La prueba se inició con una oferta de 5 gMS por Kg PV/animal de ambos tratamientos (195 g MS/animal), la cual equivale a la dosis tóxica reportada por Tokarnia *et al.* (1975) cuando utilizó hojas de *R. communis* en bovinos, la oferta se ajustó diariamente basada en la dinámica de consumo de las borregas y buscado que existiese un rechazo del 5%.

La planta completa, así como la hoja de la higuierilla fueron recolectadas, deshidratadas y molidas para obtener la harina; la harina de la PCRC se enmelezó diariamente previo a la oferta a relación de 2:1.

Las variables evaluadas fueron preferencia y dinámica de consumo de los tratamientos con higuierilla (g MS/día), la presencia de abortos y signologías de intoxicación del animal al consumir la higuierilla (convulsiones, temores musculares e incoordinación).

Para el análisis de la presencia de abortos y signos de intoxicación se empleó una prueba de Chi-cuadrada y para la preferencia de consumo un analisis completamente al azar con prueba de Tukey para la diferencia multiple de medias, ambos por medio del paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II.

Resultados

La dinámica de consumo de los tratamientos con higuierilla (g MS/día), se muestra en la figura 1 donde se observó un incremento gradual del consumo de la hoja durante los 30 días de evaluación, sin verse afectada por el cambio de potrero, aspecto que se hace notar en el tratamiento de PCRC+M, dondó cada cambio de potrero (días 12, 19 y 26) marcó una disminución del consumo; en el día 18, todas las hembras se escaparon

del potrero asignado, pastando fuera, fenómeno que influyó también en el deceso del consumo de la PCRc+M, apuntando que los animales la consumen dependiendo de la cantidad de alimento previamente ingerido.

Las hembras del tratamiento de HRc tuvieron consumos en promedio 263 g MS/animal/día, con un mínimo de 48.5 g y un máximo de 503.3 g, mientras que para la planta completa (valores calculados sin melaza) se obtuvieron consumos 189.7 g MS/animal/día (mínimo de 57.2 g y 294.0 g máximo), siendo la HRc la mayor consumida ($P=0.0097$); en ninguno de los casos se presentaron abortos o signología de intoxicación.

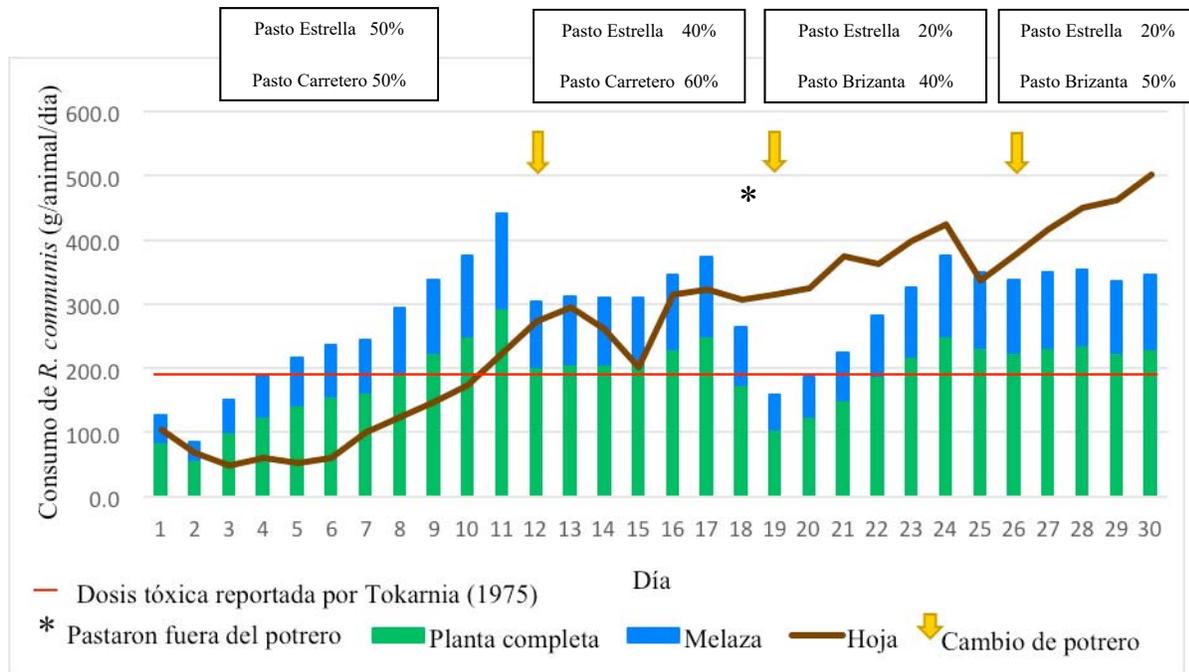


Figura 1. Dinámica de consumo de harina de planta completa enmelazada y hoja *R. communis* por borregas gestantes.

Discusión

Pruebas recientes describen que la hoja de higuierilla tiene una alta gustocidad comparada con el resto de las partes morfológicas solas (Lara *et al.*, 2016) o enmelazadas (Lara, 2015) (hoja+peciolo; tallo y planta completa), mismo fenómeno observado en el presente ensayo donde tuvieron preferencia por la HRc comparada con la PCRc+M.

Tokarnia *et al.* (1975) utilizaron becerros destetados a los que les ofertaron el forraje de higuierilla los cuales con consumos superiores a 5.0 g MS/kg PV presentaron signología de intoxicación e incluso muerte, siendo esto diferente a lo observado en las hembras, las cuales llegaron a consumir hasta 12.9 g MS/Kg PV sin la presencia de signos intoxicación o muertes, similar a lo reportado por Lara *et al.* (2016), en ovinos en desarrollo con consumos de 16.4 g MS/animal de la lámina de la hoja de higuierilla. Esto se puede explicar por el comportamiento de eufagia donde el animal experimenta nuevos alimentos teniendo bajos consumos al inicio y estos van aumentando al paso del tiempo (Provenza y Balph, 1995), lo que puede asumir que los animales tuvieron un acostumbramiento a los metabolitos secundarios de esta planta.



Artuz y Restrepo (2002), señalaron que el aceite de ricino se utiliza como elemento de un método para provocar el aborto en mujeres, esto por la presencia de alcaloides que provocan de forma directa o indirecta contracciones uterinas, metabolito secundario que también se encuentra presente en las hojas, tallos y raíces (Ibrahem *et al.*, 2014); sin embargo no hubo presencia de abortos en las hembras.

Conclusión

La ingesta de la harina de la lámina de hoja y de la planta completa enmelazada de *Ricinus communis* L. no generó ningún efecto nocivo en borregas gestantes, teniendo éstas una mayor preferencia de consumo por la hoja de *R. communis*.

Literatura Citada

- Aruz, M. A. y Restrepo, H. 2002. El aborto inducido. Una visión histórica de su manejo. *Colom Méd.* 33 2:65-71.
- Del Viento, A.; Lara, C. y Palma, JM. 2014. Higuierilla (*Ricinus communis* L.) ¿Forraje proteico alternativo para el ganado en sistemas silvopastoriles? XLI Reunión de la AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México.
- Ibrahem, O.; Maimako, R. F. 2014. Evaluation of alkaloids and cardiac glycosides contents of *Ricinus communis* Linn. (Castor) whole plant parts and determination of their biological properties. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research* 6(3): 34-42
- Lara, C. 2015. Efecto asociativo de *Ricinus communis* L. sobre la punta de caña de azúcar para rumiantes. Tesis de maestría. Universidad de Colima. México.
- Lara, C.; Del Viento, A. y Palma, J. M. 2016. Preferencia y consumo de diferentes partes morfológicas de *Ricinus communis* L. (higuierilla) por ovinos. *Rev. AIA*. En imprenta.
- Provenza, F. D. and Balph, D. F. 1995. Applicability of five diet selection models to various foraging challenges ruminants encounter. Hughes, R.N, Behavioral mechanism of food selection. United Kingdom. *Nato Asi Subseries G.* 20: 423-460.
- Statgraphic Centurion XV. 2007. StatPoint Inc. USA.
- Tokarnia, C. H., Dobereiner, J. y Canella, C. 1975. Intoxicación experimental en bovinos por hojas de *Ricinus communis*. *Pesquisa agropecuaria brasileira.* 10 8: 1-7.



VALOR ALIMENTICIO Y PRODUCCIÓN LÁCTEA ESTIMADAS DE MATERIALES DE TRITICALE DE HÁBITO DE CRECIMIENTO DE PRIMAVERA COSECHADOS EN EMBUCHE Y GRANO MASOSO

FEEDING VALUE AND MILK PRODUCTION ESTIMATED TO TRITICALE MATERIALS OF WINTER GROWTH HABIT AT BOOT AND SOFT GRAIN

Terrazas P J G^{1*}, Béjar H M², Ammar K³ y M A Guerrero Ch⁴. ¹INIFAP-C.E.Delicias-km 2.5 carr. Delicias-Rosales C.P.33000 Delicias, Chihuahua, Méx., ²CIRENA, ³CIMMYT y ⁴ALCODESA, S.A. terrazas.jose@inifap.gob.mx.

Resumen

En doce triticales de primavera se calculó y estimó componentes del valor alimenticio y producción de leche por vaca y hectárea al cosecharse en los estados de desarrollo de embuche y grano masoso suave. La concentración de FDN en promedio de todos los triticales en embuche fue de 54.6% y aumento a 58.2% en grano masoso y la digestibilidad *in vitro* estimada de esta fibra disminuyó de 75.3 a 57.3% al avanzar la madurez de embuche a grano masoso. En embuche se calculó una alta densidad energética que origina una clase de calidad excelente y muy buena por lo que se estimó una alta producción diaria de leche por vaca y es un forraje útil para vacas en ordeña. En grano masoso el valor alimenticio del forraje fue malo y adecuado para vaquillas. En base a la producción de leche estimada por hectárea los triticales sobresalientes fueron el 7, 4, 1 y 3.

Palabras clave: Triticale primavera, valor alimenticio, producción de leche estimada.

Abstract

In twelve triticales of spring growth habit were calculated and estimated components of feeding value at harvesting in the growth stages of boot and soft grain. The concentration of NDF in average of all triticales in boot was from 54.6% and increased to 58.2 % in the soft grain, the digestibility *in vitro* of this fiber showed a reduction from 75.3 to 57.3% as plants mature from boot to soft grain. In boot the plants were estimated in high density energetic that originated an excellent and very good quality class therefore it originated a high daily milk production per cow and it is useful forage for cows in milking. In the soft grain stage the feeding value of forage was bad and adequate for heifers. Based on the milk production per hectare estimated the most surpassing triticales were: 7, 4, 1, and 3 and they exceeded the witness.

Key words: Triticale, spring, feeding value, estimated milk production.

Introducción

El principal componente de los forrajes es la fibra detergente neutra-FDN y está compuesta por la hemicelulosa de la cual la mitad es potencialmente digestible, la celulosa que es menos accesible a la digestión y la lignina que es un componente no digestible que aumenta con el avance de la maduración de las plantas forrajeras.

La FDN es una fuente potencial de energía pero la cantidad que aporta depende de que tan digestible es y su estimación en el laboratorio es difícil por lo que para su predicción se ha basado en su relación que existe con la digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

La otra porción de los forrajes es el contenido celular el cual es casi totalmente digestible.

Un problema importante con los forrajes en raciones para ganado lechero son sus efectos negativos de la cantidad y digestibilidad de la FDN en el consumo de materia seca por las vacas. Por lo que



al caracterizar la calidad nutritiva de un forraje si se determina su digestibilidad se debe estimar el consumo de materia seca.

En actividades de evaluación y selección de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera al determinar el rendimiento de forraje, los constituyentes nutritivos y la digestibilidad se puede calcular su concentración energética, el consumo potencial de forraje y la producción de leche por vaca por día y por hectárea, ésta es una información muy útil para seleccionar a los materiales de triticale que tienen una mayor producción estimada de leche por hectárea.

El propósito de este escrito es mostrar información de la selección de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera más adecuados para utilizarse en la producción de leche después de dos ciclos de evaluación.

Materiales y Métodos

Las actividades experimentales se realizaron en el 2015 en una propiedad de un productor cooperante del municipio de Rosales, Chihuahua, en esta localidad el suelo es de textura franco arcillosa de buena fertilidad y en el 2015 fue en una siembra comercial de un lote agrícola en el municipio de Meoqui, Chihuahua con suelo de fertilidad baja de textura franco arenosa, en ellas se sembraron el 29 de diciembre del 2014 y 2015 diez materiales avanzados procedentes de CIMMYT y se usó como testigo a la variedad Bicentenario y la línea experimental Ardilla de triticales de hábito primaveral, se sembró a una densidad de 160 kg/ha de semilla, las parcelas fueron de 12 m² y 16 m² para los ciclos 2015 y 2016 respectivamente, en las que se formaron hileras de 18.5 cm de separación para simular el paso de una sembradora de granos pequeños. Los triticales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La fertilización de establecimiento fue de 80-60-0 kg/ha y de mantenimiento 80 kg/ha de nitrógeno al amacolte a los 57 días después de la siembra, en el ciclo 2014-2015 se aplicaron siete riegos con fechas de: 29 dic 2014, 7 feb, 24 feb, 11 mar, 31 mar, 16 abr y 7 de mayo. En el ciclo 2015-2016 los riegos se aplicaron en las siguientes fechas: 29 de dic del 2015, 5 de mar, 6 de abril y 22 de abril del 2016. El control de malezas se realizó el 6 de febrero con la aplicación de 20 g/ha de Thifensulfuron metil. El rendimiento de forraje se estimó con el corte de 4 hileras de 1 m de largo, se desechó 0.5 m de las orillas, esta cosecha se desarrolló en las etapas de crecimiento 45 y 85 de la escala de Zadocks que corresponden al embuchamiento hinchado y grano masoso medio. En el Laboratorio de Control de Calidad de ALCODESA, S.A. se les determinó y calculó en dos repeticiones lo siguiente: Minerales por incineración a 550 °C, Proteína bruta: (PB) Kjeldahl (N X 6.25), Fibras ácido y neutro detergente: ADF y NDF con el analizador de fibras ANKOM., Grasa: (EE) Weende, Digestibilidad celular de la materia seca: con el método de pepsina-celulasa de (Aufreder 1982), Digestibilidad de la materia orgánica con la fórmula: Dig MO= (0.63 x Dig MS) + 29.7, La FDN indigestible: FDN indig= (785 - ((8.62 x Dig MO))/10, El consumo de forraje, la ENL, la producción de leche vaca/día se estimaron en base al PreValim del INRA (Baumont *et al.* 1999). Valor relativo del forraje en % = VRF = (110/NDF x TND), donde TND son nutrientes digestibles totales = Energía digestible/ 0.449 (NRC 2001). La producción de leche por hectárea se calculó con la cantidad de materia seca necesaria para producir un litro de leche y el rendimiento por hectárea de forraje en base a MS de cada material. La clasificación de la calidad del forraje de los triticales se realizó con la siguiente escala: Donde DE= Densidad energética, EN/= Energía de lactación y US= Unidades de consumo.



Clasificación de la calidad de forrajes.

Clase	DE= (ENI/US)
Excelente	Mayor de 1.60
Muy buena	1.50-1.59
Buena	1.40-1.49
Mediana	1.30-1.39
Mala	Menor de 1.30

2014. Lab. Control de Calidad de ALCODESA, S.A.

Resultados y Discusión

La concentración de FDN promedio del forraje de todos los materiales de triticale y el testigo cuando las plantas se cosecharon en estado de crecimiento de embuche fue de 54.6% y aumentó a un 58.2% al cosecharse en grano masoso (cuadro 1 y 3), mientras que su digestibilidad *in vitro* estimada disminuyó de un 75.34 a 57.36% al avanzar la madurez de embuche a grano masoso respectivamente.

La hemicelulosa estimada disminuyó al madurar las plantas, posiblemente se movilizó la fracción mas disponible para formar granos.

En embuche en el forraje de todos los materiales de triticale presentaron una alta concentración de energía neta de lactancia en cada unidad de consumo por lo que presentaron la mayor densidad energética que originó una clase de calidad del forraje excelente y muy buena (cuadro 1) y se estimó un mayor consumo de MS y una más alta producción de leche por vaca por día, en nueve materiales de triticale la calidad del forraje se clasificó como excelente en 9 triticales y muy buena en 3 (cuadro 1).

Cuadro 1. Características del valor alimenticio del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de embuche promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016.

Material de triticale	FDN Indigestible % MS	FDN digestible % MS	Digestibilidad FDN % FDN	VRF %	Densidad energética	Clase de calidad	Consumo kg MS/vaca/día	Leche Litros/vaca/día
1	10.81	42.25	79.83	150.1	1.64	Excelente	16.86	22.54
2	13.27	41.37	75.23	141.1	1.58	Muy buena	16.47	20.29
3	12.75	42.61	77.00	138.5	1.57	Muy buena	16.32	19.55
4	11.07	40.76	78.53	152.5	1.66	Excelente	17.01	22.52
5	12.61	41.24	76.45	143.6	1.60	Excelente	16.69	20.49
6	13.21	42.22	76.23	137.5	1.56	Muy buena	16.49	19.13
7	11.69	42.16	78.02	146.1	1.63	Excelente	17.12	22.41
8	8.68	42.63	79.90	150.0	1.65	Excelente	16.91	22.41
9	11.03	43.10	79.20	143.9	1.63	Excelente	17.09	21.94
10	11.45	42.71	79.06	145.7	1.62	Excelente	16.87	21.86
Bicentenario	11.79	41.46	78.12	148.1	1.61	Excelente	16.61	21.37
Ardilla	8.84	43.21	83.07	156.4	1.72	Excelente	18.4	26.08



Cuadro 2. Producción de leche estimada por hectárea y eficiencia para producir leche del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de desarrollo de embuche promedio de los años 2015 y 2016. Rosales, Chihuahua, México, 2016.

Material de triticale	Leche por hectárea litros/ha	Producción relativa* %	Eficiencia litros de leche por kg de MS
1	6,766	113.0	1.311
10	6,558	109.5	1.279
7	6,538	109.2	1.279
4	6,524	108.9	1.305
2	6,176	103.1	1.217
3	6,135	102.4	1.189
5	6,087	101.7	1.234
Ardilla	6,055	101.1	1.422
Bicentenario	5,986	100.0	1.254
6	5,887	98.3	1.153
8	5,734	95.7	1.269
9	5,359	89.5	1.259

*En relación a la var Bicentenario.

Al cosechar el forraje en estado de crecimiento de embuche la producción de leche estimada por hectárea que combina el rendimiento de forraje con su calidad nutritiva los materiales de triticale superaron al testigo en un 1 a 13% (cuadro 2) y fueron más eficientes para producir leche, ya que se necesita menos cantidad de forraje para producir un litro de leche (cuadro 2).

Cuadro 3. Características del valor alimenticio del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de grano masoso medio promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016.

Material de triticale	FDN Indigestible % MS	FDN digestible % MS	Digestibilidad FDN % FDN	VRF %	Densidad energética	Clase de calidad	Consumo kg MS/vaca/día	Leche litros/vaca/ día
1	23.59	33.89	58.88	107.4	1.23	Mala	14.285	8.83
2	22.84	34.89	59.40	104.8	1.22	Mala	14.120	8.415
3	22.89	34.89	60.30	108.7	1.25	Mala	14.195	9.22
4	22.75	35.05	60.64	107.7	1.22	Mala	13.977	8.54
5	22.05	35.62	61.70	111.3	1.33	Mediana	15.140	11.665
6	25.14	35.59	59.31	98.0	1.14	Mala	13.610	6.215
7	22.73	33.26	59.57	112.5	1.25	Mala	14.250	9.037
8	25.20	34.59	57.91	99.4	1.14	Mala	13.322	5.765
9	24.64	33.32	56.19	101.1	1.15	Mala	13.962	6.54
10	23.12	34.85	60.06	106.9	1.20	Mala	13.860	7.91
Bicentenario	22.65	35.20	60.85	108.5	1.21	Mala	13.703	8.297
Ardilla	23.71	34.72	59.50	106.1	1.23	Mala	14.397	9.043



Cuadro 4. Producción de leche estimada por hectárea y eficiencia para producir leche del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de desarrollo de grano masoso medio promedio de los años 2015 y 2016. Rosales, Chihuahua, México, 2016.

Material de triticale	Leche por hectárea litros/ha	Producción relativa* %	Eficiencia litros de leche por kg de MS
5	13,645	131.5	0.767
7	13,195	127.2	0.652
4	12,172	117.3	0.611
1	11,898	114.7	0.615
3	11,581	111.6	0.649
Ardilla	10,751	103.6	0.620
Bicentenario	10,372	100.0	0.605
2	9,723	93.7	0.594
10	9,854	95.0	0.568
9	8,625	83.1	0.465
6	8,374	80.7	0.457
8	8,084	77.9	0.432

*En relación a la var Bicentenario.

Por su calidad nutritiva el forraje de los triticales cosechado en embuche y al conservarse en forma de heno o ensilado puede formar parte del forraje en raciones para vacas lecheras.

Al cosechar el forraje en grano masoso solo en el material de triticale 5 su calidad fue mediana, mientras que en el resto de los demás triticales la calidad de su forraje se clasificó como mala (cuadro 3). Los materiales de triticale aquí evaluados presentaron altos rendimientos de leche por hectárea, (cuadro 4) en parte porque se cosechan para ensilarse con un alto contenido de materia seca de 40 a 45%.

Conclusiones

En base a las características evaluadas y estimadas, los materiales más sobresalientes para cosecharse en embuche son: 1, 10, 7, 4, 2 y 3 mientras que en grano masoso fueron: 5, 7, 4, 1, 3 y Ardilla para cosecharse en ambos estados de madurez los más destacados fueron: 7, 4, 1 y 3.

Literatura Citada

- Aufrere J. 1982. Etude de la prevision de la digestibilite des fourrages par un methode enzymatique. Ann. Zootech. 31 :13-30.
- Baumont R, Champciaux P, Agabriel J, Andrieu J, Aufrere J, Michalet-Doreau B, Demarquilly C. 1999. An integrated tool to predict feed value for ruminants : PrevAlim for INRAtion. INRA Prod. Anim. 12, 183-194, Theix, Fr.
- NRC. 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th. Ed. Natl. Acad. Sci. Washington, DC, USA



VALOR NUTRICIONAL DEL FORRAJE SECO DE MARALFALFA CULTIVADO EN DURANGO, MÉXICO.

NUTRITIONAL VALUE OF MARALFALFA DRY FORAGE CULTIVATED IN DURANGO, MEXICO

Gilberto Calderón^{1*}, Osvaldo Reyes², Juan F. Sánchez², Maribel Guerrero²,
Francisco O. Carrete², Manuel Murillo² y Heriberto Maldonado¹.

¹Maestría Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
Constitución 404 Sur, Zona Centro. Durango, Dgo. Méx. CP. 34000.

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

Carretera Durango al Mezquital km 11.5 Durango, Dgo. México.

*cinchkler@hotmail.com.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue determinar el valor nutricional del forraje seco de maralfalfa cultivado en el Estado de Durango, México. Se evaluaron cuatro cortes 30, 45, 60 y 75 días, posteriores al rebrote, los cuales fueron secados directamente al sol. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar. No se observaron diferencias en el contenido de proteína cruda de las muestras evaluadas ($P > 0.05$), con un contenido promedio entre muestras de 7.14% de proteína. El mayor contenido de fibra detergente neutro fue registrado en el corte de 60 días (72.44%), en contraste con el corte a 45 días (63.98%; $P < 0.05$). En cuanto al contenido de la fibra detergente ácida y lignina no se encontraron diferencias entre muestras evaluadas ($P > 0.05$). La mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue observada a los 30 días (76.50%), reduciendo conforme avanzaron las fechas de muestreo, correspondiendo el menor valor el registrado a los 75 días ($P < 0.05$). Los valores registrados en el presente estudio permiten concluir que el secado al sol no es una buena opción de conservación del forraje de maralfalfa, se recomienda suministrarlo al ganado en verde picado o en caso de requerir conservar forraje se sugiere ensilarlo.

Palabras clave: composición química, digestibilidad, maralfalfa, secado al sol, Durango.

Abstract

The objective of this study was to determine the nutritional value of forage dry maralfalfa cultivated in the State of Durango, Mexico. Were evaluated four cuts 30, 45, 60 and 75 days after the regrowth, which were dried in direct sun. The data obtained were analyzed under a completely randomized design. No differences in crude protein content of the samples tested ($P > 0.05$) with an average content between samples of 7.14% protein were observed. The highest content of neutral detergent fiber was cut registered 60 days (72.44%), in contrast to cutting to 45 days (63.98%; $P < 0.05$). As for the content of acid detergent fiber and lignin were no differences between samples evaluated ($P > 0.05$). The biggest *in vitro* dry matter digestibility was observed at 45 days (76.50%), reduced as advanced sampling dates, corresponding lower values recorded at 75 days ($P < 0.05$). Registered values in this study allow to conclude that sun drying is not a good option maralfalfa forage conservation, it is recommended to supply it to cattle chopped green or if they require suggested preserve forage ensiled.

Introducción



La producción de forrajes constituye la base de la actividad ganadera y la búsqueda de alternativas en la obtención de los mismos es una pieza indispensable en la producción animal. La ganadería depende de factores como la producción de forrajes, el consumo y la digestibilidad de los mismos, este proceso limita en gran medida la capacidad de los rumiantes de transformar los recursos vegetales en productos útiles para el hombre, a nivel mundial se presenta un incremento en la demanda de productos de origen animal y por ende el crecimiento del inventario ganadero, originado por el incremento en la población humana (Duran, 2015; Ramos *et al.*, 2015). El incremento en el carga animal en los agostaderos sumado a las sequías prolongadas y recurrentes trae como consecuencia que la cantidad y calidad de la dieta seleccionada por el ganado no cubra los requerimientos nutricionales, situación que compromete parámetros productivos de los semovientes (Herrera *et al.*, 2011).

Los materiales introducidos constituyen un elemento insustituible en la amalgama de la actividad ganadera, por lo cual su cultivo y evaluación constituyen piezas fundamentales en el sector primario nacional. La maralfalfa (*Penisetum spp*) es un pasto difundido extensamente en diversas regiones de la Republica Mexicana y en fechas recientes el cultivo ha sido promocionado como una alternativa en la alimentación del ganado, ya que su alto contenido proteico y su alta producción forrajera lo vuelven un cultivo atractivo (SAGARPA, 2014).

Aparentemente, el zacate maralfalfa es una especie con altos rendimientos por hectárea, perenne, su crecimiento fisiológico y desarrollo radicular permiten mejorar la eficiencia del agua de riego. Se puede cosechar 2, 6 y hasta 12 veces por año, es resistente a plagas y enfermedades, tiene buena respuesta a la fertilización química y orgánica, contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura y la ganadería (Feuchter, 2016).

La región norte de México se observa un comportamiento estacional del cultivo, por lo que se requiere de conservar los forrajes para periodos de escasas, actividad desarrollada por agricultores y ganaderos en el mundo. El henificado y/o secado al sol es un método de conservación tradicional muy empleado en la preservación de forrajes ya que permite manteniendo en gran medida el contenido de nutrientes, así como su facilidad en la obtención y manejo forrajero. Sin embargo en Mexico y particularmente en Durango la información sobre la producción y valor nutricional de la maralfafa es limitada (Maldonado *et al.*, 2016). En este trabajo se asume que el forraje de maralfafa secado al sol conserva su valor nutricional. Por lo anterior el objetivo del presente de este estudio se fue determinar el efecto del secado al sol de forraje de maralfafa a diferentes fechas de corte.

Material y Métodos

Área de estudio. Se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. La cual se ubica en el km 11.5 de la carretera Durango al Mezquital, Durango, Dgo. México. La parcela se ubica a los 23° 57' latitud norte y 104° 34' longitud oeste y a una altitud de 1,876 m. El clima predominante del área es templado seco, con una temperatura media de 17.3 °C y una precipitación pluvial promedio de 450 mm al año (INEGI, 2003).

Toma de muestras. Fueron desarrollados cuatro muestreos a los 30, 45, 60 y 75 días después del corte de homogenización (20/08/2015). Se realizaron muestreos aleatorios simples (Ostle, 1983), se colecto el forraje de cuatro surcos de la parcela 1 m largo por cada surco, las plantas se cortaron a una altura de 5 cm del suelo con rozaderas metálicas, las muestras obtenidas fueron secadas por exposición directa al sol hasta obtener un peso constante. Y se molieron en un molino Willey a un tamaño de partícula de 1 mm para su posterior análisis químico.



Valor nutricional. A las muestras se les determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) (AOAC, 1999); fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina (L) (Van Soest *et al.*, 1991); y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) (ANKOM).

Análisis estadístico. Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño completamente al azar y para las diferencias entre medias la prueba de Tukey, se empleó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2003).

Resultados y Discusión

Valor nutricional. No se observaron diferencias en el contenido de proteína cruda de las muestras evaluadas ($P > 0.05$; cuadro 1), con un contenido promedio entre muestras de 7.14% de proteína. Juárez *et al.* (2009) al evaluar el valor nutricional de pastos tropicales reportan contenidos proteína de entre 8.0 y 6.98%, contenidos similares a los del presente estudio. El mayor contenido de fibra detergente neutro fue registrado en el corte de 60 días (72.44%), en contraste con el corte a 45 días (63.98%; $P < 0.05$). En cuanto al contenido de la fibra detergente ácida y lignina no se encontraron diferencias entre muestras evaluadas ($P > 0.05$). Sin embargo en un estudio donde se evaluó maralfalfa en cortes similares a los de este estudio se reportan contenidos superiores de proteína 10.77% en promedio entre cortes (Citalan *et al.*, 2012).

La mayor digestibilidad *in vitro* de la materia seca fue observada a los 45 d (76.50%), reduciendo conforme avanzaron las fechas de muestreo, correspondiendo el menor valor el registrado a los 75 días ($P < 0.05$). El valor nutricional de un pasto debe garantizar cubrir las exigencias nutritivas de mantenimiento de los animales, Sin embargo el nivel crítico de proteína en forrajes tropicales por debajo del 7% limita su consumo, ya que estos se caracterizan por su bajo contenido de nitrógeno, lignificación y baja digestibilidad (Pirela, 2005; Ramos *et al.*, 2015). Se consideran como forrajes de alta calidad aquellos con contenidos mayores de 10% de proteína y valores de 60% de digestibilidad, y en contraste forrajes con valores inferiores son considerados de baja calidad (Mass *et al.*, 1999).

	30 d	45 d	60 d	75 d
MS (%)	91.94a	91.94a	92.55a	92.51a
PC (%)	7.24a	6.45a	7.59a	7.58a
FDN (%)	63.98b	66.91b	72.44a	69.03ab
FDA (%)	37.83a	38.68a	40.82a	42.50a
L (%)	3.98a	3.29a	4.08a	4.22a
DIVMS (%)	76.50a	74.23ab	66.54b	65.63b

^{ab} Valores con la misma diferente letra en la misma línea son significativamente diferentes (Tukey, $P < 0.05$).

Conclusiones

En el desarrollo de la presente evaluación se observó que los días requeridos para obtener un porcentaje de humedad adecuado en la maralfalfa para su almacenaje como forraje seco eran muy prolongados, lo que hace suponer un efecto negativo por el largo periodo de exposición al sol y



otros elementos climáticos, y que posiblemente debido a la características físicas y químicas del cultivo el secado al sol no sea una adecuada opción de conservación, por los valores nutricionales encontrados. Por lo anterior se recomienda utilizar la maralfalfa mediante el corte y picado en verde y suministro al ganado de forma directa y/o en caso de requerir un proceso de conservación ensilarlo.

Literatura Citada

- ANKOM, Technology Corp., Macedon, NY.
- AOAC, 1994. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington.
- Citalan, S.L., B. Domínguez, M.A. Orantes, A. Mansur, B. Sánchez, M.C. de los Santos, J.L. Rojas, J.L. Cruz, V. Cordova, J.A. Ramos, y J.N. Nahed. 2012. Evaluación nutricional de maralfalfa (*Penisetum spp*) en las diferentes etapas de crecimiento en el rancho San Daniel, municipio de Chiapa de Corza, Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas*. 1(13)19-23.
- Duran, M.E. 2015. Efecto del sorgo en ganancias diarias de peso en becerros lactantes en regiones tropicales. Memorias del II Congreso Mundial de Ganadería Tropical. 15 al 17 de febrero. Tampico, Tamp. Méx. p. 25-29.
- Feuchter, A.F.R. 2016. Estimación de costos de producción de una pradera irrigada de zacate maralfalfa *Pennisetum purpureum shumacher*. Memorias del III Congreso Mundial de Ganadería Tropical. 14 al 16 de febrero. Tampico, Tamp. Méx. p. 61-69.
- Herrera C.J., Y. Herrera, F.O. Carrete, N. Almaraz, N. Naranjo, F. González. 2011. Cambio en la población de gramíneas en un pastizal abierto bajo sistema de pastoreo continuo en el norte de México. *Interciencia* 36(4): 300-305.
- INEGI, 2003. Anuario Estadístico Durango. México
- Juárez, S.A., M. A. Cerrillo, E. G. Órnelas E. M. Romero, J. C. Negrete, H. B. Barragan. 2009 Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Tec Pec Mex*. 47(1): 55- 67
- Maldonado, Q.H.J., Calderón, B.G., Carrete C.F.O., Reyes, E.O., Murillo, O.M. 2016. Rendimiento y caracterización morfológica del pasto maralfalfa (*Pennisetum spp*) a diferentes edades de rebrote en el Valle del Guadiana. *Semana Internacional de Agronomía*. 5 al 9 de septiembre. Gómez Palacio, Dgo. Méx. p. 332-337.
- Mass, R. A., G. P. Lardy, R. J. Grant, and T. J. Klopfenstein. 1999. *In situ* neutral detergent insoluble nitrogen as a method for measuring forage protein degradation. *Journal of Animal Science*. 77:1565-1571.
- Moore, J.E. y D. Undersander. 2002. Relative Forage Quality. *Focus in Forage*. 4(5):1-2.
- Ostle, B. 1983. Estadística Aplicada. Editorial Limusa. p 123.
- Pirela, F.M. 2005. Valor nutritivo de los pastos tropicales. *Manual de Ganadería Doble Propósito*.
- Ramos, T.O.S., Canul, S.J.R., Ku, V.J.C. 2015. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción forrajera de *Gliricidia* en Yucatán. Memorias del II Congreso Mundial de Ganadería Tropical. 15 al 17 de febrero. Tampico, Tamp. Méx. p. 18-22.
- SAGARPA, 2014. Delegación Federal en Durango. Solución a abasto de alimento para ganado con siembra de "maralfalfa": ECV. Boletín de Prensa. No. 067-2014. <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/durango/boletines/2014/agosto/Documents/B0672014.pdf>
- SAS, 2003. *Statistic Analysis System User's Guide (Release 9.1)*: SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci*. 74:3583-3597.



EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE *Dalea bicolor* EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE ZACATECAS

Daniel García¹, Héctor Gutiérrez^{1*}, Adrian R. Quero², Daniel Rodríguez¹, Alberto Muro¹, Ricardo A. Sánchez³, Luis H. Díaz¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. 98500. ²Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. ³Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México. *Autor de correspondencia: email. gtzbahector@hotmail.com Cuerpo Académico de Producción Animal UAZ-CAPA-107.

Resumen

Los agostaderos en las regiones semiáridas han sido afectados por el sobrepastoreo y la sequía recurrente. La caracterización bromatológica y nutricional de fuentes forrajeras nativas presentes en los pastizales permitirá establecer mejores estrategias de suplementación del ganado. El objetivo de esta investigación fue evaluar bromatológica y nutricionalmente la engordacabra (*Dalea bicolor*). La toma de muestras se realizó en el otoño y verano, y comprendió 20 muestreos aleatorios por estación (40 en total) en una superficie de 20 has en la región semiárida de Zacatecas. Se utilizaron métodos convencionales para la determinación de materia seca, cenizas, proteína cruda, y análisis de fibras detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA) de Van Soest mediante el equipo Ankom. Además, la energía neta para mantenimiento (ENm) se obtuvo utilizando la ecuación $1.037 - 0.0124 * \text{FDA}$ y multiplicando el resultado por 2.202 para ajustarlo a kg. Los resultados mostraron que en el otoño, la proteína cruda es mayor ($P < 0.05$) promediando 9.52 % en comparación con verano 13.5 %. Se observa un incremento ($P < 0.05$) en FDN de otoño a verano (56.4 a 63.6), en donde la FDA se mantuvo similar (43%). La ENm no presentó diferencias entre épocas, promediando 1.1 Mcal/kg. Se concluye que la proteína y la FDN son más altas en verano comparado con el otoño, siendo los valores de ENm (Mcal/kg) similares al heno de avena, con la capacidad de proveer nutrientes para el mantenimiento de los rumiantes y moderadas tasas de ganancia.

Palabras clave: *Dalea bicolor*, proteína, energía, FDN, FDA.

Introducción

Los rumiantes que pastorean la vegetación nativa de México seleccionan su dieta a partir de una amplia variedad de especies vegetales, las cuales difieren en su contenido y disponibilidad de nutrientes durante el año. Los forrajes nativos son fuente importante de nutrientes, incluso las especies arbustivas y arbóreas se consideran como alimentos proteicos. Las arbustivas forrajeras suministran alimento al ganado de acuerdo a las necesidades que éste presenta, incrementa la disponibilidad de alimentación en época de verano, coadyuva a la reforestación, aumenta la productividad vegetal y animal, asegurar la sostenibilidad a través de la intensificación apropiada



en el uso de la tierra, produce alimento para el ganado bovino como suplemento alimenticio. A la engordacabra (*Dalea bicolor*) también se le conoce como cabeza de ratón, escoba de chivo, mezquitillo (Conabio, 2009). Tiene una producción promedio de 104 gramos/planta/año. Facilidad de establecimiento, y se distribuye ampliamente. Es un arbusto de copa redondeada y muy ramificada, es considerada una excelente especie forrajera para el ganado, florece de junio a enero, con mayor abundancia de agosto a noviembre (Barneby, 1977). Es una especie nativa y perenne, cuyo forraje es de primordial importancia en las zonas áridas y semiáridas (Rzedowski, 1965). Es un arbusto comúnmente redondeado y muy ramificado, en sitios expuestos o muy infértiles, en sombra o competencia se desarrolla como un arbusto con pocas ramas delgadas y retorcidas e irregularmente ramificadas hacia la parte superior. La capacidad de prosperar en diversos ecosistemas así como la producción de forraje durante la gran parte del año (verano, otoño) la hace una especie digna de ser considerada como alternativa de producción para sitios salinos (Barneby, 1977). Se distribuye desde Chihuahua, Coahuila en el norte, hasta México y Puebla hacia el sur. En San Luis Potosí, se encuentra en las Zonas Media y Altiplano en altitudes que varían de 800 a 2800 msnm y está presente en diversos tipos de vegetación como son pastizales, arbustivo, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicale y matorral desértico micrófilo. Prefiere suelos de acarreo de origen sedimentario clasificados como fluvisoles, aunque también se encuentra en suelos derivados de rocas ígneas. Cualquiera que sea el origen, la textura del suelo donde se encuentra la especie, tiende a ser migajón, migajón-arenoso, migajón arcilloso, con diversos grados de pedregosidad (INIFAP). No obstante el potencial forrajero de ésta arbustiva, se carece de suficiente información publicada que describa su perfil nutricional, por lo que el objetivo de esta investigación fue evaluar bromatológica y nutricionalmente la engordacabra (*Dalea bicolor*) bajo dos estaciones del año, en regiones semiáridas del estado de Zacatecas.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en un predio ubicado en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas a 23° 36' 23.26'' Norte y 102° 10' 25.49 Oeste, con una elevación sobre el nivel del mar de 2013 m. En un potrero de 30 ha, se procedió a muestrear aleatoriamente la engordacabra (*Dalea bicolor*). Los muestreos se realizaron en otoño (18 de octubre) y verano (26 de julio), 20 muestreos por estación del año para un total de 40. Cabe mencionar que se fue a muestrear en las 4 estaciones del año, pero en las otras dos no se encontró fuente de forraje para analizar.

Caracterización bromatológica y nutricional

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 cenizas (Ash) incinerando las muestras a 550°C por 4 h, y por diferencia entre la materia seca (MS) y la ceniza se obtuvo la materia orgánica (MO). Las Fibras Detergentes Neutro (FDN) y Ácido (FDA) fueron analizadas de forma secuencial mediante el Ankom200 (Ankom Technology). La proteína cruda (PC) fue obtenida mediante la determinación del N total por análisis de combustión (Leco FP-428, Leco Corporation, St. Joseph,



MI) y multiplicado por el factor de corrección 6.25. La energía neta para mantenimiento (ENm) se obtuvo utilizando la ecuación $1.037 - 0.0124 * FAD$ y multiplicando el resultado por 2.202 para ajustarlo a kg (Belyea et al., 1993). Los nutrientes digestibles totales fueron obtenidos mediante $8 + 86 * ENL$.

Análisis estadístico

Asumiendo un diseño completamente al azar, se realizó la comparación de medias de todas las variables utilizando como efecto principal estación del año (otoño vs verano), utilizándose Tukey ($P < 0.05$) como prueba de poder para asumir diferencias, mediante el PROC MIXED de SAS (v 9.01).

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se presentan los valores nutricionales de la engordacabra. Se observaron diferencias estadísticas sólo en PC (%) y FDN (%). Existe muy escasa literatura que describa el potencial nutricional de la engordacabra, de hecho sólo se encontró una referencia. Beltrán (2012) reporta un porcentaje de 15.26 % de proteína cruda, 57.34 % de digestibilidad, 57.67 % de FDN y 41.25 % de FDA, aunque el autor no especifica la época del año. Los anteriores resultados varían con los reportados en el presente trabajo de investigación.

Cuadro 1. Caracterización bromatológica, nutricional y forrajera de la Engordacabra (*Dalea bicolor*) en regiones semiáridas del estado de Zacatecas.

Variable	Otoño	Verano	EEM	P
MS, %	86.2	79.8	3.69	0.086
Cenizas	13.6	9.17	2.83	0.120
PC, %	9.52 ^a	13.5 ^b	0.70	<0.001
FDN, %	56.4 ^a	63.6 ^b	1.21	<0.001
FDA, %	43.9	42.2	1.31	0.199
ENm, Mcal/kg	1.08	1.12	0.02	0.199
TND, %	50.3	52.2	1.40	0.199

^{abc}Valores con diferente literal en cada variable difieren usando como prueba de poder Tukey ($P < 0.05$).

La cantidad de PC (%) de la engordacabra se encuentra por arriba de los requerimientos de mantenimiento de los rumiantes, que se han establecido entre el 7 y el 8% (Van Soest, 1994). Además, la proteína presente en la época de verano se encuentra elevada a la mayoría de los cereales, los cuales contienen desde el 6 al 10%, comparado con el 13.5% de la engordacabra. Los requerimientos de proteína para un bovino de tamaño mediano de 182 kg en crecimiento son de 9 a 16 %, por lo que la engordacabra representa en cualquier época del año (dependiendo la tasa de ganancia del animal y el nivel de consumo de forraje) una buena fuente de proteína para el ganado.



Los valores de FDN en el verano pudieran tener un efecto de llenado del compartimento retículo-ruminal, ocasionado por un aumento de los componentes de la pared celular. Sin embargo, la lignificación de la planta, es el principal factor que afecta los componentes nutricionales. Un indicador de la lignina de las plantas es la cantidad de FDA, los cuales no variaron en la engordacabra entre estaciones del año. La cantidad de FDA se ha correlacionado con la fibra efectiva, la cual mantiene en equilibrio la microbiota ruminal, mediante la estimulación de la rumia, secreción de saliva, reciclamiento del nitrógeno, y por consiguiente una estabilidad en el pH ruminal, lo cual genera mejores condiciones para la fermentación ruminal (Nocek, 1997).

La engordacabra es una planta forrajera para el ganado, además se utiliza como planta ornamental en las zonas áridas y como planta medicinal para el tratamiento de trastornos digestivos. Representa una opción productiva para áreas con problemas de salinidad tanto del suelo como del agua. La producción esperada de materia seca es de aproximadamente 4.2 ton/ ha y puede incrementarse hasta más de 5.0 t ha, su forraje es muy apetecible para la fauna silvestre, cabras y bovinos, similarmente su semilla, que también es consumida, muestra un elevado porcentaje de proteína cruda de 37 % y 8.2 % de aceites (Romero Manzanares, 1982).

La presente arbustiva bajo estudio se pudiera considerar una mejor fuente de proteína que de energía, al sólo aportar 1.1 Mcal/kg de ENm, lo que la lleva a niveles similares al heno de avena, que se reporta con el 1.08 Mcal (NRC, 2000). No obstante, debemos considerar que bajo el manejo del pastizal, los pastos debieran ser los encargados de satisfacer los requerimientos de energía del ganado.

Conclusiones

Se concluye que la engordacabra presenta mayores concentraciones de proteína y FDN en el verano comparado con el otoño. La cantidad de energía neta para mantenimiento presenta valores parecidos al heno de avena. Por lo que independientemente de la época del año, la engordacabra, dependiendo los niveles de consumo, tiene el potencial de mantenimiento y moderadas tasas de ganancia en rumiantes.

Literatura Citada

- Belyea R.L., B. Steevens, G. Garner, J. C. Whittier, H. Sewell. Using NDF and ADF to Balance Diets. 1993. <http://extension.missouri.edu/p/G3161>. Accesado el 13/Septiembre/2015.
- Barneby, R. C., 1977. Daleae Imagines. An illustrated revision of *Errazurizia* Philippi, *Psorothamnus* Rydberg, *Marina* Liebmann, and *Dalea* Lucanus emend. Barneby, including all species of Leguminosae tribe Amorpheae Borissova ever referred to *Dalea*. Memoirs of the New York Botanical Garden. Vol. 27. The New York Botanical Garden. Bronx, New York.



- Beltran Lopez S. 2012. Coordinación general de ganadería. Enlace regional centro-norte. Estrategias de amortiguamiento de la sequía en la producción caprina. <http://www.cnspp.caprinos.org.mx/biblioteca/foroscaprinos/ponenciasforoslp2012/presentacionbeltran2012.pdf>. Catalogo taxonómico de especies de México. 2009. capital.nat. México. Conabio, México city.
- Moore J.E. and Undersander J. Relative Forage Quality: An alternative to Relative Feed Value and Quality Index. Proceeding 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 2002. pp 16-32.
- Nocek J.E. Bovine acidosis: Implications on laminitis. Journal of dairy science 1997;80(5):1005-1028. Proc Mixed de SAS (V 9.01).
- Romero Manzanares A. 1982. Estudio de tres leguminosas forrajeras arbustivas de los agostaderos del altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis profesional. Escuela de ciencias Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Rzedowski J. 1965. Vegetación del estado de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, UASLP. Acta Científica Potosina 1 y 2.
- Tecnología para la producción de Ramoncillo, engordacabra o escobilla (*dalea bicolor*), opción forrajera para sitios con problemas de sales en la zona media de S.L.P. INIFAP. Tecnología No. 46.
- Van Soest, P.J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2nd ed. Comstock, Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 1994.



RENDIMIENTO, MORFOLOGÍA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PASTO MARALFALFA (*Pennisetum spp*) A CUATRO EDADES DE REBROTE.

PERFORMANCE, MORPHOLOGY AND CHEMICAL COMPOSITION OF MARALFALFA GRASS (*Pennisetum spp*) TO FOUR REGROWTH AGES.

Heriberto de J. Maldonado¹, Gilberto Calderón¹, Francisco O. Carrete¹, Osvaldo Reyes¹, Juan F. Sánchez¹, Manuel Murillo¹ y Maribel Guerrero¹.

¹Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UJED. km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital. Durango, Dgo. México. C. P. 34170. *billy_hekid@hotmail.com.

Resumen

Se estimó el rendimiento de biomasa y materia seca, composición morfológica y composición química del pasto maralfalfa a cuatro edades de rebrote (60, 90, 120 y 150 días). El experimento se llevó a cabo en la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del estado de Durango. La dosis de fertilización fue de 60-00-00 en dos aplicaciones. Se establecieron 18 sitios de muestreo por edad de rebrote en transectos de 1.0 m. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los máximos valores de rendimiento biomasa (149.32 t/ha) y materia seca (24.05 t/ha) se registraron en la edad de rebrote de 150 días. Los máximos valores de proteína cruda (15.83%) y cenizas (15.16%) se obtuvieron al día 60. El mínimo valor de proteína cruda (5.57%) se registró a los 120 días. El mínimo valor de cenizas (10.73%) se registró a los 150 días y los mínimos valores de rendimiento de biomasa y materia seca se registraron a los 60 días. La altura de la planta, longitud de entrenudos, diámetro de nudos y diámetro de entrenudos aumentaron al incrementarse la edad del rebrote. Los porcentajes de FDN y FDA aumentaron conforme aumentó la edad de rebrote mientras que el VRF disminuyó al incrementarse la edad del rebrote, lo cual puede limitar el desempeño animal.

Palabras clave: maralfalfa, rendimiento, composición morfológica, composición química, VRF.

Abstract

Biomass and dry matter yield morphological and chemical composition was estimated under four regrowth ages (60, 90, 120 and 150 days). The experiment was carried out at the Faculty of Veterinary Medicine of the University Juarez of Durango State. The dose of fertilizer was 60-00-00 in two applications. 18 sampling sites were established by regrowth age in a meter transects. An experimental design completely randomized was used. The maximum values of biomass yield (149.32 t/ha) and dry matter yield (24.05 t/ha) were recorded at 150 days. The maximum values of crude protein (15.83%) and ash (15.16%) were obtained at day 60. The minimum value of crude protein (5.57%) was recorded at 120 days. The minimum value of crude protein (10.73%) was recorded at 150 days and the minimum values of biomass yield and dry matter yield were recorded at 60 days. The plant height, internode length, knots diameter and diameter of internodes increased with increasing age of regrowth. The percentages of NDF and ADF increased as age increased regrowth while the RFV decreased with increasing age of the regrowth which can limit animal performance.

Key words: maralfalfa, yield, composition morphology, chemical composition, RFV.



Introducción

Uno de los mayores problemas para la alimentación de rumiantes localizados en agostaderos, es la disminución de la disponibilidad de forraje durante el periodo de estiaje (Gutiérrez *et al.*, 2012). Por ello la producción de forrajes con especies cultivadas es un complemento necesario para la producción bovina (Jiménez *et al.*, 2013).

El entendimiento del proceso de crecimiento es pieza clave para conocer el potencial y las limitaciones de las plantas forrajeras en cualquier situación de manejo (Pérez *et al.*, 2004). Entre más corto sea el ciclo y con alta producción de biomasa total, más cortes se pueden realizar en un año (Pérez *et al.*, 2015). De acuerdo a Beltrán *et al.* (2005), es importante comprender el efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación en el rendimiento, composición química y persistencia de las pasturas en aras de lograr una producción pecuaria eficiente. Así mismo, conocer la distribución estacional del rendimiento de un pasto ante diferentes regímenes de cosecha, constituye una estrategia para definir el manejo óptimo del cultivo.

La maralfalfa es una especie vegetal del género *Pennisetum* con potencial forrajero (Clavero y Razz, 2009), que se introdujo en México y se ofrece actualmente como alternativa viable para cubrir la necesidad de forraje. Sin embargo, en el estado de Durango, existe información científica limitada que respalde su productividad y calidad nutricional asociadas a las prácticas de corte.

Ventura *et al.* (2015) reportan que la producción de biomasa de maralfalfa se correlaciona de manera positiva con el incremento en la edad del rebrote; sin embargo, el contenido de proteína cruda y cenizas disminuye con ésta, lo cual afecta su valor nutritivo. Con base en lo anterior se puede afirmar que desde el punto de vista del manejo de las especies forrajeras, resulta importante conocer determinados aspectos tales como su morfología, fisiología y estado de la planta al momento del corte o defoliación. Es por ello que se decidió estimar el rendimiento de biomasa y materia seca, estudiar los aspectos morfológicos del pasto maralfalfa y analizar su composición química a cuatro edades de rebrote en el Valle del Guadiana.

Materiales y Métodos

El sitio se encuentra en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), localizada en el kilómetro 11.5 de la carretera Durango-El Mezquital, con una ubicación geográfica de 23.95283° N y 104.57503° W, a una altitud de 1875 msnm. La parcela experimental cuenta con una superficie de 5,734.04 m², el suelo es franco arcilloso y el clima predominante es del tipo seco semiárido con régimen de lluvias en verano [BS₁kw (w) (e)]. Los valores anuales promedio de temperatura y precipitación son 16°C y 500 mm, respectivamente (García, 1987; Medina *et al.*, 2005).

La parcela experimental se estableció en agosto de 2015 y las evaluaciones se efectuaron cada 30 días a partir del 15 de mayo y hasta el 13 de agosto de 2016. Del 16 de febrero al 13 de agosto se aplicaron nueve riegos, dos fertilizaciones (dosis de 60-00-00); con urea como fuente de nitrógeno, se controló la maleza en forma manual y se realizó un corte de homogenización. Las evaluaciones se efectuaron a intervalos de 30 días, la primera fue el día 60 después del corte de homogenización y la última el día 150. Se establecieron 18 sitios de muestreo por edad de rebrote en transectos de 1 metro lineal. Las plantas se cortaron a una distancia de 5 cm del suelo. Se utilizó el muestreo aleatorio simple. El material cosechado se pesó con una báscula digital (TORREY L-EQ SERIES)



con capacidad para 5 kg y precisión de 0.001 kg. Se estimó el rendimiento de forraje verde por metro cuadrado y a partir de este dato se extrapolaron los resultados a la superficie de una hectárea. Se tomaron seis submuestras, las cuales se secaron hasta peso constante en una estufa de aire forzado a 55 °C. El material seco se trituró a un tamaño de partícula de 1 mm en un molino Wiley con el propósito de determinar la humedad y materia seca total y preparar la muestra para el análisis químico. Enseguida se estimó el rendimiento de materia seca. A partir de cada una de estas seis submuestras se tomó una planta, la cual, fue separada en sus componentes: hojas y tallos, éstos a su vez, en nudos y entrenudos (para el caso de los tallos), láminas y vainas (para el caso de las hojas). A cada planta se le determinó: altura y longitud de entrenudos utilizando un flexómetro (PROTUL) con unidades en milímetros y centímetros, peso (utilizando una báscula digital (CHROMIUM) con capacidad de 500 g y precisión de 0.1 g) y diámetro de los nudos y entrenudos con un calibrador vernier digital (TITAN) con un rango de 6 pulgadas (15.24 cm).

Composición química: Las muestras se analizaron para materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (CE), extracto etéreo (EE) y fibra cruda (FC) de acuerdo a las técnicas descritas por Galyean (1997). Las fracciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) y se determinaron con la metodología propuesta por Van Soest *et al.* (1991). El valor relativo del forraje se determinó de acuerdo a Moore y Undersander (2002).

Los datos se analizaron bajo un diseño experimental completamente al azar. Se compararon cuatro tratamientos correspondientes a igual número de edades de rebrote: 60, 90, 120 y 150 días. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS versión 9.1.

Resultados y Discusión

Para el rendimiento biomasa existen diferencias significativas ($P < 0.05$; cuadro 1) entre las edades de rebrote, excepto entre las edades de 90 y 120 días ($P > 0.05$; Cuadro 1). Respecto al rendimiento de la materia seca existe diferencia entre las edades a los 60 y 90 días con la edad a los 150 días. El rendimiento a los 120 días no es diferente estadísticamente al rendimiento registrado en las demás edades del rebrote ($P > 0.05$; cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de la edad del rebrote sobre el rendimiento y la composición morfológica del pasto maralfalfa

Variable	Edad del rebrote (días)				Media	EE
	60	90	120	150		
Rendimiento Biomasa (t/ha)	15.73 ^d	58.46 ^{cb}	81.76 ^{bc}	149.32 ^a	61.71	28.95
Rendimiento materia seca (t/ha)	4.52 ^b	10.91 ^b	15.16 ^{ab}	24.05 ^a	13.66	6.78
Altura de la planta (cm)	103.00 ^d	151.92 ^c	192.37 ^b	272.92 ^a	180.05	15.69
Longitud entrenudos (cm)	1.70 ^c	6.45 ^b	8.73 ^{ab}	10.02 ^a	6.72	1.49
Diámetro entrenudos (mm)	3.42 ^b	9.85 ^a	11.22 ^a	12.49 ^a	9.24	2.36
Diámetro nudos (mm)	2.46 ^c	8.43 ^b	13.72 ^a	16.29 ^a	10.22	2.01

^{abcd} Valores con la misma letra en la misma línea no son significativamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$).

A medida que aumentó la edad del rebrote también se registró un incremento en la altura de la planta ($P < 0.05$; cuadro 1). La longitud de los entrenudos se incrementó conforme aumentó la edad del rebrote ($P < 0.05$; cuadro 1). Para el diámetro de entrenudos se encontró diferencia significativa entre la edad de rebrote a los 60 días y las edades de rebrote a los 90, 120 y 150 días ($P < 0.05$; cuadro 1).

La figura 1 ilustra el porcentaje con el cual las hojas contribuyen al rendimiento de la planta y el porcentaje de los nudos dentro de los tallos. Para el porcentaje de hojas no existen diferencias significativas entre las edades a los 90 y 120 días ($P>0.05$). Para el porcentaje de nudos no existe diferencia significativa entre las edades a los 90 y 120 días ($P>0.05$).

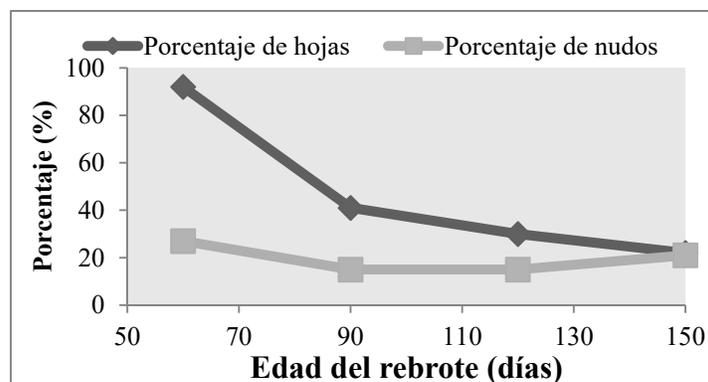


Figura 1. Porcentaje de hojas en la planta y porcentaje de nudos en los tallos de maralfalfa a cuatro edades de rebrote (60, 90,120 y 150 días).

El porcentaje de CE disminuyó conforme avanzó la edad del rebrote ($P<0.05$; cuadro 2). Valores similares de porcentaje de CE fueron reportados por Jiménez *et al.* (2014), con un rango de 10.2-16.0%. El porcentaje de PC mostró diferencias significativas entre las diferentes edades de rebrote excepto entre la edad al día 90 y las edades a los días 120 y 150 ($P<0.05$; cuadro 2). Estos valores abarcan un rango más amplio que los reportados por Jiménez *et al.* (2014), quienes obtuvieron un contenido de PC entre 6.3 y 11.4 %. El porcentaje de EE fue significativamente diferente entre la edad a los 60 días y las edades a los 90, 120 y 150 días ($P<0.05$; cuadro 2). Para el porcentaje de FC no se registraron diferencias significativas entre las edades a los 60 días y las edades a los 90 y 120 días ($P<0.05$; cuadro 2). Respecto al ELN hubo diferencias significativas entre la edad a los 120 días y las edades a los 60, 90 y 150 días ($P<0.05$; cuadro 2). Los porcentajes de FDN y FDA aumentaron conforme aumentó la edad de rebrote mientras que el VRF disminuyó al incrementarse la edad del rebrote.

Cuadro 2. Efecto de la edad del rebrote sobre la composición química del pasto maralfalfa

Variable	Edad del rebrote (días)				Media	EE
	60	90	120	150		
CE (%)	15.16 ^a	16.11 ^a	13.43 ^b	10.73 ^c	9.41	1.64
PC (%)	15.83 ^a	7.58 ^{bc}	5.57 ^c	8.66 ^b	9.41	1.64
EE (%)	2.70 ^a	2.02 ^b	1.88 ^b	1.74 ^b	2.09	0.38
FC (%)	18.94 ^c	25.19 ^b	26.22 ^b	30.06 ^a	25.10	1.43
ELN (%)	47.37 ^b	49.11 ^b	53.04 ^a	48.67 ^b	49.54	2.13
FDN(%)	62.01 ^c	66.68 ^b	68.53 ^b	73.46 ^a	67.67	1,91
FDA (%)	32.62 ^c	38.51 ^b	39.74 ^b	44.36 ^a	38.80	1.71
VRF	95.26 ^a	82.19 ^b	78.84 ^b	68.94 ^c	81.31	3.77

^{abcd} Valores con la misma letra en la misma línea no son significativamente diferentes (Tukey, $p<0.05$).



Conclusiones

El rendimiento de materia verde y de materia seca aumenta conforme se incrementa la edad del rebrote a diferencia de los valores de cenizas, proteína cruda y valor relativo del forraje, los cuales disminuyen, lo cual puede limitar el desempeño animal. El porcentaje de hojas en la planta y de nudos en los tallos disminuyen al incrementarse la edad del rebrote.

Bibliografía

- Beltrán, S., A. Hernández., E. García., J. Pérez., J. Kohashi, J. G. Herrera., A. R. Quero. y S. S. González. 2005. Efecto de la altura y frecuencia de corte en el crecimiento y rendimiento del pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) en un invernadero. *Agrociencia* 39(2):137-147.
- Clavero, T. y R. Razz. 2009. Valor nutritivo del pasto maralfalfa (*Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum*) en condiciones de defoliación. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 26:78-87.
- Galyean, M.L. 1997. *Laboratory Procedures in Animal Nutrition Research*. Department of Animal and Food Sciences Texas Tech University, Lubbock. 189p.
- García, E. 2004. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 5a. ed. México: UNAM. 90p.
- Gutiérrez L. R., Rodríguez T. D., Martínez T. G., Aguirre C. C. y Sánchez G.R.A. 2012. Bancos de proteína para rumiantes en el semiárido mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. Zacatecas, Zac. Folleto Técnico Núm. 47:32p.
- Jiménez R., P.A. Domínguez., R. Rosales., C.A. Nava y F.O. Carrete. 2014. Rendimiento y Calidad del forraje de Maralfalfa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UJED. km 11.5 Carretera Durango-El Mezquital. Durango, Dgo. México. C. P. 34170. 188:195. En línea. Disponible en: <http://inifap-durango.gob.mx/el-inifap-realiza-exitoso-dia-demostrativo-de-la-maralfalfa-en-durango/>: Consultado el día 4 de Diciembre de 2015.
- Jiménez R., Núñez O.G., González F.J. y Serna O. 2013. Esquemas de crecimiento y desarrollo de bovinos productores de carne en Durango. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. Folleto para productores Núm. 26:26p.
- Medina G.G., Díaz P.G., López H.J., Ruíz C.J.A. y Marín S.M. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango (Periodo 1961-2003). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Valle del Guadiana. Libro Técnico No. 1. 224p.
- Moore, J.E. and D. Undersander. 2002. Relative Forage Quality. *Focus in Forage* 4(5):1-2.
- Pérez, J.A., E. García., J.F. Enríquez., A.R. Quero., J. Pérez. y A. Hernández. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Tec. Pecu. Mex.* 42 (3):447-458.
- Pérez, A., Quero, A., Escalante, J., Rodríguez, M.T., Garduño, S. y Miranda, L. 2015. Fenología y análisis de crecimiento en cultivares de sorgo forrajero en el Altiplano Central de México. VI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Durango, Dgo., México. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. p. 206-210.
- Statistical Analyses System (SAS). 2003. *SAS User's Guide (Release 9.1)*: SAS Inst, Inc., Cary, NC.
- Ventura, J., Honorato, J.A., Barrera, I., Hernández, A., Quero, A.R., Calzada, J.M. y Enríquez, J.F. 2015. Rendimiento de biomasa y valor nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum glaucum x pennisetum purpureum*), a tres frecuencias de corte. VI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Durango, Dgo., México. Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales. p. 348-352.



PERFIL BROMATOLÓGICO DE *Larrea tridentata* DE UNA REGION SEMIÁRIDA DEL ESTADO DE ZACATECAS

BROMATOLOGICAL PROFILE OF *Larrea tridentata* FROM SEMI-ARID REGION OF ZACATECAS STATE

Laura A. Polín¹, Héctor Gutiérrez^{2*}, Alberto Muro², Daniel Rodríguez², Francisco J. Gutiérrez², Luis H. Díaz²

¹Unidad Académica de Agronomía. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Zacatecas-Guadalajara, Km 15.5 Cieneguillas, Zacatecas, México. ²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo km 31.5, 98500 Enrique Estrada, Zacatecas, México. *gtzbahector@hotmail.com.

Resumen

En las regiones semiáridas del norte de México existen además de pastizales, otro tipo de vegetación que a pesar de las malas condiciones en precipitaciones y de sobrepastoreo se mantienen verdes durante todo el año. El objetivo del presente trabajo fue evaluar bromatológicamente la *Larrea tridentata* durante las diferentes épocas del año. La recolección de muestras se realizó durante las cuatro épocas del año. Se recolectaron hojas de 10 plantas aleatoriamente por estación, en una superficie de 2 ha. Se realizó la determinación de materia seca (MS), cenizas (Cz) y materia orgánica (MO), mediante técnicas convencionales de la AOAC. La proteína cruda (PC) se determinó en el Leco (FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI). El diseño fue completamente al azar y el análisis estadístico se realizó mediante comparación de medias con la prueba de poder de Tukey, se determinó como efecto mayor la estación del año. En la mayoría de las variables evaluadas se observaron diferencias por lo menos en 3 épocas del año ($P < 0.05$). La MS (%) se presenta aumentada en verano e invierno (57%), seguida por primavera (54%), y con los niveles más bajos en otoño (50%). En cuanto a PC (%), los valores más elevados se presentaron en invierno y otoño (17-18%), seguido por primavera (16%) y los niveles más bajos en verano (13.6%). La *Larrea tridentata* presenta los niveles más altos de PC durante las épocas de estiaje, lo que representa una opción para el ganado en agostadero.

Palabras clave: *Larrea tridentata*, época del año, perfil bromatológico, proteína.

Abstract

There are grasslands at semi-arid regions of northern Mexico, and other vegetations that despite the poor conditions in rainfall and overgrazing remain green throughout the year. The aim of this study was to evaluate *Larrea tridentata* bromatological profile during different year seasons. Sample collection was conducted during the four year seasons. It was collected 10 randomly leaves plants per season, within an area of 2 ha, which were bromatological characterized. Dry matter (DM), ash (Cz) and organic matter (OM) was performed using AOAC conventional techniques. Crude protein (CP) was determined through Leco (FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI). Experimental design used was the completely randomized design, and statistical analysis was



performed using SAS software (PROC MIXED), by comparison of means with Tukey power test. Using as main effect the season. In most of the evaluated variables differences were observed at least in 3 seasons ($P < 0.05$). Dry matter (%) was higher in summer and winter (57%), following by spring (54%), and the lower values were observed in autumn (50%). On crude protein (%), higher values were observed on winter and autumn (17-18%), following by spring (16%) and the lower levels in summer (13.6%). Crude protein of *Larrea tridentata* was higher on dry season which is a good option for grazing cattle.

Key words: *Larrea tridentata*, season, bromatological profile.

Introducción

Los semidesiertos mexicanos se han caracterizado principalmente por escasas de alimento, en las últimas décadas la sobreexplotación de los agostaderos por el poco o nulo cuidado que se tiene en el ajuste de cargas de ganado, así como la disminución de las precipitaciones hacen que vaya en declive la producción de pastos y otras especies forrajeras que los animales seleccionan por lo apetecible, lo cual propicia a consumir otro tipo de vegetación no convencional en su alimentación (Martin and Ward, 1973). Se han realizado diversos estudios en busca de fuentes de alimento que ayuden a satisfacer las principales demandas nutricionales del ganado en estas regiones (Ortega-Nieblas *et al.*, 1996). Sin embargo aún faltan especies que por su bajo consumo no son consideradas como de impacto, aun así son de vital importancia en la producción animal en zonas áridas, tal es el caso de la *Larrea tridentata*, en la que se han observado consumos del 1 al 6 % en pequeños rumiantes, específicamente en caprinos (Lopez-Trujillo and Garcia-Elizondo, 1995, Mellado *et al.*, 1991). La gobernadora como comúnmente se le conoce, es una planta arbustiva que pertenece a la familia Zygophyllaceae, ampliamente distribuida en las zonas del desierto al norte de México y al sur oeste de Estados Unidos, en los estado que se puede encontrar están San Luis Potosí, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sonora, Zacatecas, Baja California Norte, y es ampliamente conocida por uso en la medicina tradicional (Sinnott *et al.*, 1998). Su domino se ha incrementado a 19 millones de hectáreas en respuesta a la sobreexplotación de las tierras en pastoreo (Van Auken, 2000, Whitford *et al.*, 2001). La planta mide de 1 a 3 metros de altura, ramificada y espinosa, sus hojas son opuestas de dos volantes asimétricos aproximadamente de 1cm de longitud, las hojas son brillantes y gruesas con una capa de resina secretada por glándulas de la epidermis de las estipulas. Las flores son completas con 5 pétalos amarillos y la semilla es redonda y tiene una densa concentración de vellosidades (Arteaga *et al.*, 2005). El objetivo de esta investigación fue evaluar bromatológica la *Larrea tridentata* como forraje alternativo en cada una de las estaciones del año, en regiones semiáridas del estado de Zacatecas.



Materiales y métodos

Diseño experimental

La toma de muestras se llevó a cabo en un predio del municipio de Villa de Cos, en las coordenadas 23°36'20.4"N y 102°10'28.1" con altura de 2015 msnm. Se tomaron 10 muestras al azar, por época del año, obteniendo un total de 40 muestras, los muestreos se realizaron del mes de febrero del 2015 al mes de agosto del mismo año. Una vez identificadas, se procesan en el Laboratorio de Metabolismo Animal y Fisiología Ruminal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas, ubicada en el kilómetro 31.5 de la carretera panamericana tramo Zacatecas-Fresnillo. Las Variables a evaluar son la época del año, materia seca, cenizas, materia orgánica y proteína.

Caracterización bromatológica

Las muestras se deshidrataron a 60°C durante 48h y se molieron en un molino con una criba de 1mm. Se les determinó la cantidad de cenizas incinerando las muestras a 550°C por 6 h, y por diferencia entre la materia seca (MS) y la ceniza se obtuvo la materia orgánica (MO). La proteína cruda (PC) fue obtenida con la determinación del N total por análisis de combustión (Leco FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI).

Análisis estadístico

Mediante un análisis de medias repetidas (Analysis of Repeated Measures Data), se obtuvieron comparaciones de medias mínimas cuadráticas, usando como efecto principal la estación del año (invierno, primavera, verano y otoño), además se empleó la prueba de poder Tukey para asegurar las diferencias, lo anterior usando PROC MIXED de SAS.

Resultados y discusión

El inadecuado manejo del recurso pastizal en los semidesiertos de México se caracteriza por escasas de alimento para el ganado, en algunos casos debido al sobrepastoreo y a la disminución de las precipitaciones, esto ha forzado a los rumiantes hacia el consumo de especies forrajeras no convencionales (Martin and Ward, 1973), como es el caso de la *Larrea tridentata* (Mellado et al., 1991, Lopez-Trujillo and Garcia-Elizondo, 1995). En el presente estudio se evaluó el perfil nutrimental de *Larrea tridentata* recolectado durante las cuatro estaciones del año. Los primeros reportes del valor nutrimental de este arbusto indicaron que contiene 8.06 % de Cz y 13.37 % de PC (Catlin, 1925). Sin embargo en esta investigación se observó que esta planta contiene un promedio anual 54.63 % de MS, Cz 5.82 %, MO 89.32 % y 16.21 % de PC, y se puede observar que con respecto a Cz valores inferiores en el presente estudio con un 1.10 % menos respecto a lo reportado en la literatura y para el caso de PC valores superiores de hasta 4.69 % más. En el cuadro



1 se muestran los resultados de las variables ya mencionadas y aunque los análisis de los valores mostraron diferencias del perfil bromatológico en por lo menos una estación por variable los valores porcentuales de diferencia entre máximos y mínimos para cada variable fueron 7.40 % para MS, 2.02 % para Cz, 4.25 % para MO, y 4.44 % para PC, así mismo se puede observar que la mayor concentración de MS se presenta en verano, la menor concentración de Cz en verano, la mayor concentración de MO en verano, pero para el caso de PC la mayor concentración se observó en invierno.

Cuadro 1. Caracterización bromatológica de *Larrea tridentata* en regiones semiáridas del estado de Zacatecas.

Variable	Invierno	Otoño	Primavera	Verano	EEM	P
MS, %	56.91 ^a	50.04 ^b	54.12 ^c	57.45 ^a	0.91	<0.001
Ceniza, %	6.23 ^a	5.14 ^b	6.96 ^c	4.94 ^b	0.24	<0.001
MO, %	89.07 ^a	89.71 ^a	87.12 ^b	91.37 ^c	0.46	<0.001
PC, %	18.06 ^a	17.31 ^a	15.88 ^b	13.61 ^c	0.45	<0.001

^{abc}Valores con diferente literal en cada variable difieren usando como prueba de poder Tukey (P<0.05).

Aunque los reportes en la literatura con respecto al consumos son bajos de un 1-6 % en comparación con otras plantas del pastizal y que es más comúnmente consumido por rumiantes menores como las cabras (Mellado et al., 1991, Lopez-Trujillo and Garcia-Elizondo, 1995), es importante resaltar que las hojas de este arbusto que regularmente es la parte de la planta que consumen los rumiantes, contiene un buen perfil de PC durante todo el año y principalmente en estaciones de estiaje como invierno y otoño.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en lo que respecta a las variables evaluadas de la *Larrea tridentata* muestran un valor nutritivo potencial comparable al de otras especies forrajeras. Sin embargo, es necesario realizar análisis de componentes potencialmente tóxicos que pudiera tener la planta. Se deben de realizar más estudios sobre la degradación ruminal, FDN y FDA para ver el comportamiento de este arbusto en los perfiles de AGV's así como en la degradabilidad ruminal.

Literatura citada

- ARTEAGA, S., ANDRADE-CETTO, A. & CARDENAS, R. 2005. *Larrea tridentata* (Creosote bush), an abundant plant of Mexican and US-American deserts and its metabolite nordihydroguaiaretic acid. *Journal of Ethnopharmacology*, 98, 231-239.
- CATLIN, C. N. 1925. Composition of Arizona forages, with comparative data.
- LOPEZ-TRUJILLO, R. & GARCIA-ELIZONDO, R. 1995. Botanical composition and diet quality of goats grazing natural and grass reseeded shrublands. *Small Ruminant Research*, 16, 37-47.
- MARTIN, S. C. & WARD, D. E. 1973. Salt and meal-salt help distribute cattle use on semidesert range. *Journal of Range Management*, 94-97.
- MELLADO, M., FOOTE, R., RODRÍGUEZ, A. & ZARATE, P. 1991. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Ruminant Research*, 6, 141-150.



- ORTEGA-NIEBLAS, M., VÁZQUEZ-MORENO, L. & ROBLES-BURGUEÑO, M. R. 1996. Protein quality and antinutritional factors of wild legume seeds from the Sonoran desert. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3130-3132.
- SINNOTT, R., CLARK, D. & DE BOER, K. 1998. Non-toxic therapeutic extract of *Larrea tridentata*. *PCT Int. Appl. WO*, 97-4518103.
- VAN AUKEN, O. W. 2000. Shrub invasions of North American semiarid grasslands. *Annual review of ecology and systematics*, 197-215.
- WHITFORD, W. G., NIELSON, R. & DE SOYZA, A. 2001. Establishment and effects of establishment of reosotebush, *Larrea tridentata*, on a Chihuahuan Desert watershed. *Journal of Arid Environments*, 47, 1-10.



UTILIZACIÓN DE TITHONIA DIVERSIFOLIA EN LA ALIMENTACIÓN DE OVINOS USE OF TITHONIA DIVERSIFOLIA AS FEED FOR SHEEP

Leonor Sanginés G¹, José L. Loya O², Agapito Gómez G², Teresita Amezcua¹, Esteban Vega G^{2,3} y Gerardo Del Sol G^{2,3}

¹Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. ²Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), Unidad Académica de MVZ. ³Posgrado de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, UAN.

Resumen

La meta de este trabajo es compartir resultados de dos experiencias de utilización de *Tithonia diversifolia* como parte de la dieta de ovinos en engorda. El objetivo del primero fue evaluar la sustitución de alfalfa por titionia en una dieta a base de ensilado de caña de azúcar con y sin suplementación de pulidura de arroz sobre el comportamiento productivo en corderos, en el segundo fue conocer el comportamiento productivo de ovinos en engorda, al consumir dietas que contenían fruto de guasima (30%) en el concentrado y la sustitución de *Pennisetum spp* por *Tithonia diversifolia* (20, 30, 40 y 50%); en una proporción 60:40% de forraje:concentrado. En ambos trabajos se formularon cuatro dietas, en el primero fueron: Ensilado caña (Eca) 68.6% más Titionia deshidratada (td) 29.4%; Eca 63.7% + alfalfa (a) 34.3%; Eca+td+pa; Eca 46.0%, td 22.6% y pulidura de arroz (pa) 29.4% y Eca+a+pa; 44.1%, 24.5% y 29.4 respectivamente; el segundo consistió en una proporción de 40% de concentrado (que incluyó 30% de fruto de guásima) y 60% de forraje en las dietas, (*Penisetumm spp* y *Tithonia diversifolia*). Se midió peso inicial y final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia. La gdp en el primero fue de 20.79^b, 23.74^b, 51.68^a y 72.47^a g/d, para cada una de dietas; en el segundo: 130^b, 137^b, 136^b y 159^a. Se puede sustituir alfalfa por titionia disminuyendo costos; las mejores gdp fue al sustituir el 50% de maralfalfa por titionia, sin que afectara el fruto de guasima.

Palabras clave: tithonia diversifolia, forraje, ovinos, comportamiento productivo

Introducción

Un problema al que se enfrentan los productores en la zona de trópico seco, es la producción estacional del forraje; lo cual implica una necesidad en la búsqueda de alternativas de alimentación para la temporada de seca; una de ellas puede ser la utilización de la caña de azúcar como forraje, frutos de arbóreas, subproductos agrícolas, así como el forraje de arbóreas y arbustivas. *Tithonia diversifolia* es una especie arbustiva originaria de México de rápido crecimiento y se encuentra ampliamente distribuida en las zonas tropicales húmedas y subhúmedas de América Central y del Sur (Jama *et al.*, 2000). Pertenece a la familia Asteraceae y es comúnmente conocida como girasol mexicano o botón de oro, falso girasol, árbol maravilla, crisantemo de Nitobe, Quil amargo, arnica de la tierra y/o margaritona (Jama *et al.*, 2000 y Pérez *et al.*, 2009). Por lo que el objetivo de este trabajo es compartir resultados de dos experiencias de utilización de *Tithonia diversifolia* como parte de la dieta de ovinos en engorda.

En esta búsqueda de alternativas para la alimentación animal se tiene como ya se mencionó a los subproductos agrícolas y la caña de azúcar como forraje, la cual puede ser ensilada y de esta manera tener forraje suficiente para la época de seca. Los principales subproductos derivan en su mayor parte de cereales, así por ejemplo se puede contemplar a la pulidura de arroz; por lo que el primer trabajo consistió en evaluar la sustitución de alfalfa por titionia en una dieta a base de ensilado de caña de azúcar con y sin suplementación de pulidura de arroz sobre el comportamiento productivo, en corderos.

En el segundo trabajo el objetivo fue conocer el comportamiento productivo de ovinos en engorda,



al consumir dietas que contenían fruto de guasima (30%) en el concentrado y la sustitución de *Pennisetum spp* por *Tithonia diversifolia* (20, 30, 40 y 50%); en una proporción 60:40% de forraje:concentrado.

Material y métodos

Los trabajos se realizaron en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), en donde se estableció un banco de proteína de *Tithonia diversifolia*. Se cosechó planta completa de 60 días de edad, se picó y se secó al sol durante 72 horas, volteándose cada 24 horas. El ensilaje de caña de azúcar, se realizó con la planta completa, la cual se picó a un tamaño aproximado de 3 a 5 cm. Se le adicionó un inoculo artesanal en proporción al 3% de la materia fresca, compuesto de melaza (10%), urea (0.5%), pollinaza (5%), yogurt (1%) y agua (83.5%), con 48 horas previas de fermentación según lo descrito por Reyes *et al.*, (2012), además de urea (1.0 %), sulfato de amonio (0.1 %) y fosfato diamónico (0.25%). Tanto a las materias primas como a las dietas; se les realizó el análisis químico proximal AOAC (2000), energía bruta (EB) con la bomba calorimétrica (Agüero, *et al.*, 2004). Fracciones de fibra: (ácido y neutro detergente) por el método de Goering y Van Soest, (1970).

La prueba de comportamiento tuvo una duración de 120 días. Se utilizaron 16 ovinos de pelo recién destetados, distribuidos al azar. Los animales se alojaron en corrales individuales de 0.95 x 1.1 m de piso de tierra, acondicionados con cama de paja de arroz (10 a 15 cm de altura), la cual se volteaba cada tercer día, agregando paja nueva cada 2 semanas, con el objetivo de mantener un sistema seco. Se utilizaron comederos y bebederos individuales; el alimento y el agua se ofrecieron a libertad. Se formularon cuatro dietas experimentales isoprotéicas e isoenergéticas de acuerdo con los requerimientos nutricionales (NRC, 2007): 68.6% Eca + 29.4% td; 63.7% Eca + 34.3% a; 46.0% Eca + 22.6% td + 29.4% pa y 44.1%, Eca+a+pa + 24.5% td + 29.4% pa; además se les adicionó 0.98% de una premezcla de minerales y 0.98% de sal común. Las variables a medir fueron: Peso inicial, peso final, ganancia total de peso, ganancia diaria de peso, consumo diario de alimento (pesando el ofrecido y el rechazado diariamente) y conversión alimenticia. Se utilizó un diseño de análisis de varianza completamente al azar (cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno), la diferencia entre medias se detectó con la prueba de Duncan (P<0.05) (Daniel, 2004), con ayuda del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System; 2000).

Para el segundo trabajo consistió se formularon cuatro dietas experimentales de acuerdo a las recomendaciones del NRC (2007). La ración consistió en una proporción de 40% de concentrado y 60% de forraje en las dietas, los cuales fueron *Pennisetum spp* y *Tithonia diversifolia* que se cosecharon de un banco establecido en la UAMVZ a los 60 días de rebrote.

Resultados y discusión

La cantidad de proteína cruda, cenizas, extracto etéreo, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, lignina y energía bruta (Mcal/Kg) fue para titonia, alfalfa, ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz de: 23.54, 18.01, 13.36 y 14.37; 16.82, 10.94, 8.72 y 7.08; 1.32, 1.63, 1.09 y 4.99; 56.20, 46.41, 49.71 y 13.66; 37.14, 28.70, 31.30 y 6.55; 19.10, 22.13, 13.42 y 3.21; 3.65, 3.73, 3.89 y 4.2 respectivamente. El ensilado presentó un pH de 3.57, con lo cual se aseguró la conservación de la caña de azúcar.

En el cuadro 1, se presentan los resultados de la prueba de comportamiento. Se observó diferencia (P<0.05) en todas las variables medidas siendo los tratamientos suplementados con pulidura de arroz los que mostraron un mejor comportamiento productivo. A medida que fue avanzando el tiempo, se manifestó con



mayor evidencia el efecto de la incorporación de la pulidura de arroz en la dieta, siendo el incremento lineal en el peso de los animales a partir de los 90 días del período experimental; mientras que en las otras dietas el incremento fue menos significativo. Así mismo se puede ver que durante la primera etapa de la engorada los animales alimentados con Td tenían un mejor comportamiento en cuanto a ganancia de peso. Lo anterior está relacionado con el consumo de alimento, ya que se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$), siendo mayor en las dietas suplementadas con pulidura de arroz. Ledin y Mui (2002); quienes trabajaron con cabritos y corderos de 11 kg de peso vivo alimentados con caña de azúcar completa con y sin concentrado; encontraron un aumento en el consumo total de materia seca, sin que se incrementara el de la caña de azúcar en su conjunto; por otra parte mencionaron una disminución del 3.3% del peso vivo de los animales. Por su parte Odedire y Oloidi (2014) observaron en cabras, al utilizar dietas a base de *panicum maximum* con 30% de harina de titonia y concentrado comercial, ganancias diarias de peso de 26.12 g; similares a las de las dietas que carecen de suplementación con pulidura de arroz; mientras que González *et al.*, (2011); evaluaron la ganancia diaria de peso en ovinos, utilizando dietas a base de pasto Taiwán con 2 diferentes fuentes de proteína (pasta de coco y Gandúl (*Cajanus cajan*)); obteniendo ganancias de 30 a 40 g/d con gandúl y de hasta 90g/día con pasta de coco; este incremento en la ganancia diaria de peso fue similar a los resultados obtenidos en este estudio al incorporar pulidura de arroz en las dietas. De acuerdo con Pathoummalangsy y Preston (2008) la "expresión del potencial de follaje fresco de titonia requiere de complementos para mejorar el crecimiento microbiano en el rumen por lo que se necesita la adición de carbohidratos fermentables y de esta manera aumentar la oferta de proteína de sobrepeso". Como recomendación se habría que realizar trabajos con animales a partir de los 20Kg. para conocer su respuesta productiva con dietas a base de titonia y ensilado de caña de azúcar, la cual resulta ser económica para los productores y una alternativa real en la época de seca.

En el Cuadro 2 se muestra la composición del concentrado de las diferentes dietas del segundo trabajo, y la proporción de titonia y maralfalfa; la cantidad de proteína cruda que aportan el concentrado y la mezcla de forrajes en las diferentes dietas experimentales fue de 7.92 y 8.76; 7.69 y 9.54; 6.40 y 10.32; 5.67 y 11.1% para las dietas 1, 2, 3 y 4 respectivamente con lo cual el porcentaje de proteína cruda fue de 16.68, 16.71, 16.72 y 16.77% para las diferentes dietas. En la dieta 4 se puede observar que disminuyó la cantidad de soya y canola con respecto a las otras dietas, así como un incremento en la proporción de titonia (Cuadro 2), que fue el ingrediente que aportó la cantidad de proteína cruda reemplazada, resultado ser una dieta más económica y con mejor ganancia de peso, sin afectar el consumo (Cuadro 3). En conclusión se puede decir que los resultados del estudio mostraron que con la inclusión de 50% de *Tithonia diversifolia* en la mezcla de forraje, se obtuvo una mayor ganancia diaria de peso en un 13 a 18%



Cuadro 1 Prueba comportamiento animal de animales alimentados con dos fuentes de forraje con y sin pulidura de arroz

Variable	Eca+Td	Eca+a	Eca+Td+pa	Eca+a+pa	EEM	P<F
Peso Inicial (Kg)	11.87 ^a ±3.8	10.5 ^a ±2.38	12.37 ^a ±2.28	10.87 ^a ±2.28	2.76	0.75
Peso Final (Kg)	14.35 ^{ab} ±4.71	13.32 ^b ±2.73	18.52 ^{ab} ±3.34	19.50 ^a ±2.17	3.37	0.06
Consumo MS (g/día)	341.45 ^b ±37.53	336.45 ^b ±26.53	443.71 ^a ±48.25	512.08 ^a ±63.38	45.98	0.0004
Ganancia diaria de peso (g/día)	20.79 ^b ±9.71	23.74 ^b ±11.21	51.68 ^a ±10.04	72.47 ^a ±24.24	15.07	0.001
Ganancia total de peso (Kg)	2.47 ^b ±1.15	2.82 ^b ±1.33	6.15 ^a ±1.19	8.62 ^a ±2.88	1.79	0.001
Conversión alimenticia	19.04 ^a ±7.55	16.46 ^{ab} ±6.81	8.71 ^{bc} ±0.92	7.51 ^c ±1.87	5.19	0.02 ^{a,b,c}

Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05) ± Desviación estándar.

Eca: Ensilado de Caña de Azúcar; Td: *Tithonia diversifolia*; a: alfalfa; pa: pulidura de arroz

Cuadro 2. Dietas experimentales en ovinos de pelo y mezcla de forrajes.

INGREDIENTE	% DE INCLUSIÓN			
	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3	DIETA 4
Soya	10	10	3	2
Canola	12	5	7	1.5
Sorgo	41	48	53	59.5
Guásima	30	30	30	30
Min	3.5	3.5	3.5	3.5
Cal	1	1	1	1
Sal común	1	1	1	1
Urea	1	1	1	1
Sulfato de amonio	0.5	0.5	0.5	0.5
	100	100	100	100
% Proteína cruda	19.81	17.92	16.01	14.175
Energía Digestible Mcal/Kg	2.967	3.0125	3.0415	3.08325
<i>Tithoniadiversifolia</i>	20	30	40	50
<i>Pennisetum spp</i>	80	70	60	50
	100	100	100	100
% de Proteína cruda	14.6	15.9	17.2	18.5

Cuadro 3. Variables del comportamiento productivo en ovinos

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
	80:20	70:30	60:40	50:50
Peso inicial (Kg)	19.22±1.25 ^a	18.82±2.29 ^a	18.80±2.76 ^a	19.83±2.24 ^a
Peso final (Kg)	36.18±1.77 ^a	35.52±2.88 ^a	35.5±2.49 ^a	39.23±3.21 ^a
Consumo (g/día)	1107±29 ^a	1118±8 ^a	1122±30 ^a	1136±14 ^a
GDP (g/día)	130±0.01 ^b	137±0.01 ^b	136±0.01 ^b	159±0.02 ^a
GTP (Kg)	16.96±0.79 ^b	16.70±1.35 ^b	16.69±1.75 ^b	19.4±1.97 ^a
Conversión alimenticia	8.04±0.42 ^a	8.27±0.65 ^a	8.34±0.94 ^a	7.27±.73 ^a

^{a,b} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05) ± Desviación estándar

GDP=ganancia diaria de peso GTP=ganancia total de peso,



Conclusiones

No se observaron diferencias significativas entre el uso de alfalfa o titonia como fuente de forraje; sin embargo, al utilizar titonia en la dietas, se disminuyeron los costos, por concepto de alimentación. Por otra parte La utilización de pulidura de arroz en dietas a base de forraje ofrece un mayor rendimiento, en corderos, ya que existe mayor energía disponible en forma de almidón y grasa.

Al sustituir 50% de maralfalfa por titonia, se tuvo una mayor ganancia de peso, por lo que la utilización de *Tithonia diversifolia* es una alternativa en la alimentación de ovinos en engorda

Literatura Citada

- Agüero, A.C., Pisa, J.R., Agüero, C.J, y Bugeau, A.T. 2004. Poder calorífico del bagazo de caña de azúcar. Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, 13(24), 33-37.
- AOAC. 2005. Official methods of analysis, 19th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.
- Daniel, W.W. 2004. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. 4a ed. Limusa-Wiley.
- Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970: Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). United States Department of Agriculture. Agriculture handbook no. 379. Agricultural Research Service, Washington, D.C. USA
- González G.R., Torres H.G., y Arece G.J. 2011. Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. Avances de investigación agropecuaria, 15, 3- 20.
- Jama, B., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G. y Amadalo, B. 2000. *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya A review. Agrofor Syst. 49: 201–22.
- Ledin, I., y Mui, N. T. 2002. Feed intake and behaviour of kids and lambs fed sugar cane as the sole roughage with or without concentrate. Animal feed science and technology, 100(1), 79-91.
- NRC 2007. Nutrient Requirements of small ruminants.
- Odedire, J. A., y Oloidi, F. F. 2014. Feeding Wild Sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a Dry Season Forage Supplement. World Journal of Agricultural Research. 2(6), 280-284.
- Pathoummalangsy, K. y Preston, T.R. 2008. Effects of supplementation with rumen fermentable carbohydrate and sources of 'bypass' protein on feed intake, digestibility and N retention in growing goats fed a basal diet of foliage of *Tithonia diversifolia*. *Livestock Research for Rural Development*. 20: 34.
- Pérez, A., Montejo, I., Iglesias, J.M., López, O., Martín, G.J., García, D.E. y Hernández, A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, 32(1), 1-1.
- Reyes, G.A., Montañez, V.O., Rodríguez, M.R., Ruíz, L.M., Salcedo, P.E., Avellaneda, C.J., Medina, Q.H. y Quintana, Z.J. 2012. Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. Ciencia y Tecnología. 5(1): 13-16.
- Statistical Analysis System; 2000. SAS. 2000. SAS/STAT® User's Guide (Release 9) SAS Inst. Inc.



SOMMAP

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DEGRADABILIDAD RUMINAL *IN SITU* DE LÁMINA DE HOJA DE *RICINUS COMMUNIS* L. EN OVINOS.

EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND *IN SITU* RUMINAL DEGRADABILITY OF LEAF OF *Ricinus communis* L. in sheeps.

Luis A. Ramírez¹.; Alejandra Del Viento,² y José M. Palma, ².

¹MIPPE, Universidad de Guadalajara y ²CUIDA y MPPE, Universidad de Colima
palma@ucol.mx

Resumen

Con el objetivo de evaluar la composición química y la degradabilidad ruminal *in situ* de materia seca (MS) de lámina de hoja *Ricinus communis* (HRc), se realizó el debido estudio. Se efectuó un análisis químico proximal y fracciones de fibra de HRc con intervalos de corte de 60 días (tres cortes) además de alfalfa y punta de caña de azúcar (PCA) como forrajes control; los resultados de HRc presentaron altos tenores de proteína cruda (27.97, 28.07 y 28.88 %), y bajos niveles en el contenido fraccional de fibra en comparación de la alfalfa (forraje proteico) y PCA (forraje fibroso). La degradabilidad *in situ* presentó efectos significativos ($p < 0.001$) para las diferentes fracciones (a, b y c) para HRc, alfalfa y PCA. Se observó que el número de cortes de no influyo sobre las fracciones de la degradabilidad de HRc, diferente a lo obtenido para PCA y diferente con alfalfa solo para la tasa de degradación (c); mientras que para la dinámica de degradabilidad se observó que los valores máximos fueron para HRc a 72 horas ($p > 0.001$). Debido a su valor nutrimental, relación energía-proteína y su alta degradabilidad *in situ* hacen del forraje de *Ricinus communis* (lámina de hoja) una alternativa potencial para la alimentación de ovinos.

Palabras clave: Forraje, arbóreas, rumiantes, proteína cruda, alimentación.

Introducción

La alimentación de rumiantes en el trópico se caracteriza en su mayoría por el uso de pastizales nativos, los cuales, presentan dos importantes limitantes; disponibilidad y digestibilidad (sobre todo en la época de estiaje), originado por sus altos contenidos de pared celular y un bajo tenor de proteína cruda (Bacab *et al.*, 2013; Milera, 2013).

Por lo cual, se buscan alternativas con la finalidad de mejorar la utilización de estos forrajes en la nutrición de rumiantes, como es el caso de la suplementación con follaje de arbóreas y/o arbustivas, que impacten los indicadores productivos de los animales (Madera *et al.*, 2013).

Observaciones recientes describen el consumo y la preferencia por la hoja de *Ricinus communis* tanto de bovinos como ovinos, así como también altos valores de proteína cruda oscilando entre 21.98 y 27.60% además de un alto porcentaje de degradabilidad de *in situ* con valores de 93.21 y 94.90 (Del viento *et al.*, 2014 y Lara *et al.*, 2015).

Por ello, el presente trabajo tiene por objetivo evaluar la composición química y la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de la lámina de la hoja de *Ricinus communis* como un forraje potencial para la alimentación de ovinos.



Materiales y Métodos

Ubicación: el experimento se llevó a cabo en el Rancho “Borregueros Ramírez” en el municipio de Ahualulco de Mercado, Jalisco, México. El clima característico es semicálido subhúmedo con lluvias en verano con un rango de temperatura 14 – 22 °C y una precipitación anual entre 800 – 1,100 mm (INEGI, 2009).

Material vegetativo: se cosechó la lámina de la hoja de Higuierilla (*R. communis*) (HRc) de la variedad Col 10, en forma manual a los 60 días post-emergencia y posterior se realizaron dos cortes más con intervalos de 60 días para obtener un (1^{er}, 2^{do} y 3^{er} HRc). Para el contraste de los resultados se utilizaron como forrajes control alfalfa (*Medicago sativa*) y punta de caña de azúcar (PCA) (*Saccharum officinarum*). Los forrajes fueron deshidratados y molidos en un molino marca Wiley, obteniendo un tamaño de partícula de 1mm.

Análisis de laboratorio: se realizó un análisis químico proximal de la HRc (1^{er}, 2^{do} y 3^{er}), alfalfa y PCA según AOAC (2002), además de fracciones de fibra por el método de Van Soest (1963).

Prueba de degradabilidad ruminal: se empleó una oveja adulta (14 meses) cruce de Katadhin-Pelibuey fistulada y canulada en rumen, con un peso de 50 kg, a la cual se le proporcionó una dieta de mantenimiento con base de lámina de hoja de higuierilla y punta de caña de azúcar.

Se utilizó la técnica descrita por Mehrez y Orskov (1977), se usaron bolsas de dacrón con dimensiones de 5 x 5 cm con poros de 53 micras (Bar Diamond. Inc, Parma), las bolsas fueron incubadas por triplicado, cada una con dos gramos de los forrajes a evaluar (HRc 1^{er} 2^{do} y 3^{er}; Alfalfa y PCA), se incubaron en rumen por 0, 6, 12, 24, 48 y 72 horas. Las bolsas fueron retiradas y lavadas con agua a baja presión, posteriormente fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C por 24 horas y se pesaron en una balanza analítica para determinar por diferencia la degradabilidad de cada tratamiento; Se seleccionó la ecuación de Orskov y McDonald (1979) para ajustar la degradabilidad *in situ*.

Se utilizó un análisis de varianza para un diseño experimental completamente al azar y para la diferencia múltiple de medias se utilizó la prueba de Tukey (P<0.05), con apoyo del paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (2007).

Resultados

En el cuadro 1, se muestra la composición química de la lámina de hoja de *Ricinus communis* (HRc), alfalfa y punta de caña de azúcar (PCA). Sobresale el valor proteico de la HRc, así como su bajo contenido de fracciones de fibra.

Cuadro 1. Composición química de hoja de *Ricinus communis* (HRc), alfalfa y punta de caña de azúcar (PCA).

	HRc 1 ^{er}	HRc 2 ^{do}	HRc 3 ^{er}	Alfalfa	PCA
MS (g)	91.21	87.74	89.71	90.53	92.58
PC (%)	27.97	28.07	28.88	16.25	7.12
C (%)	10.96	9.05	10.21	8.38	8.77
E.E (%)	3.31	3.20	3.03	0.95	0.94
FC (%)	8.91	10.93	9.26	25.62	32.54
E.L.N (%)	40.06	35.89	38.33	39.33	43.41
T.N.D (%)	69.59	66.70	68.37	62.06	62.94
FDN (%)	18.56	25.90	25.35	39.99	59.66
FDA (%)	16.99	21.94	21.23	31.90	50.70
EM (Mcal/kg MS)	2.52	2.41	2.47	2.24	2.28

HRc= Hoja de *Ricinus communis*, 1^{er}=Primer corte, 2^{do}= Segundo corte, 3^{er}= Tercer corte, MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, C= Cenizas, EE= Extracto etéreo, FC= Fibra cruda, E.L.N= Extractos libres de nitrógeno, TND= Total de nutrientes digestibles, FDN= Fibra detergente neutra, FDA= Fibra detergente ácida, Mcal EM/kg MS= Megacalorías de energía metabolizable.

En el cuadro 2, se muestra que existió diferencia estadística ($p < 0.001$) en las diferentes fracciones de la degradabilidad *in situ* de la lámina de la hoja de *R. communis* (HRc), alfalfa y punta de caña (PCA). Se observó que el número de cortes no influyó sobre las fracciones de la degradabilidad de la HRc y estas fueron diferentes a la PCA, a la vez con alfalfa solo se encontró diferencia estadística en la tasa de degradación (c).

Cuadro 2. Fracciones de degradabilidad *in situ* de la lámina de la hoja de HRc, alfalfa y PCA.

	Fracción			
	a	b	a+b	c
HRc 1 ^{er}	34.02 ^a	62.96 ^a	96.99 ^a	8.51 ^a
HRc 2 ^{do}	33.14 ^{ab}	62.15 ^a	95.29 ^a	7.12 ^a
HRc 3 ^{er}	33.11 ^{ab}	61.39 ^a	94.51 ^a	7.84 ^a
Alfalfa	27.72 ^{bc}	64.32 ^a	92.04 ^a	3.30 ^b
PCA	21.96 ^c	16.87 ^b	38.84 ^b	2.50 ^b
EEM	1.197	5.143	6.267	0.007
P	0.001	0.001	0.001	0.001

a, b, c y d= literales distintas en renglones muestran diferencia estadística; HRc: Hoja de *R. communis*: 1^{er} = Primer corte, 2^{do}= Segundo corte, 3^{er} = tercer corte, PCA= Punta de caña de azúcar, EEM= error estándar de la media, $P < 0.05$, prueba de Tukey.

En la dinámica de degradabilidad *in situ* de la lámina de hoja de HRc, alfalfa y PCA (figura 1), se observó que los tratamientos de HRc llegaron a asíntota a las 48 horas. Los valores máximos de degradación fueron para HRc (primero, segundo y tercer corte) con valores de 96.81a, 94.83a y 94.21a % a las 72 horas, mientras que para alfalfa y PCA se alcanzaron valores de 86.00b, 35.27c % respectivamente ($P = 0.001$).

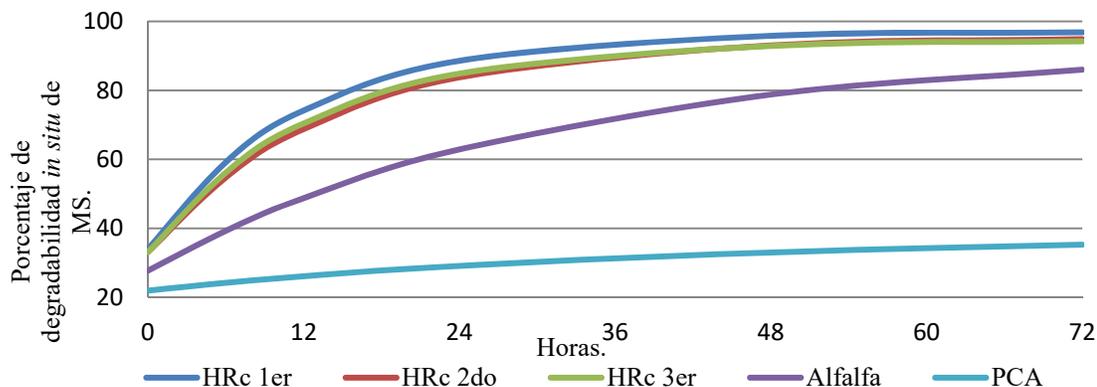


Figura 1. Dinámica de digestibilidad *in situ* de HRc con diferente número de cortes, alfalfa y punta de caña de azúcar (PCA).

Discusión

La composición química de la lamina de las hojas de *Ricinus communis* se mantuvo en forma similar independientemente del número de cortes, presentando altos tenores de proteína cruda y extracto etéreo, con bajos niveles de fibra detergente neutra y ácida comparada con el forraje de alfalfa y punta de caña, se considera este recurso como un alimento proteínico, el cual, se presenta como una alternativa para la alimentación de ovinos por su alto valor nutricional.

Los valores obtenidos en el presente ensayo para proteína cruda coinciden con lo descrito por Lara *et al.* (2015) con 27.60, Del Viento *et al.* (2014) 21.98, así mismo difieren con lo reportado por Behl (1986) con 11.40 dado que autor utilizó hoja senescente y Nagy *et al.* (1975) con 41.30 % posiblemente por el manejo de hojas tiernas.

En cuanto al extracto etéreo, los valores observados fueron similares a lo descrito por Del Viento *et al.* (2014) con 2.90 %, diferentes a los obtenidos por Behl (1986) 5.79% y Evangelista (2006) con un rango de valores de 7.08 hasta 8.33 %, esto último considerando diferentes variedades de *R. communis* en Brasil.

Referente a la degradabilidad ruminal, la fracción soluble y potencialmente degradable se vio aumentada para HRc y alfalfa, esto se puede explicar por la edad y composición química de la planta, por la cantidad de carbohidratos no estructurales y su alta solubilidad, en contraste a PCA, donde la cantidad de pared celular es un indicativo de su difícil y lenta digestión por los microorganismos del rumen (Gutiérrez *et al.*, 2015, Ruiz *et al.*, 2012)

Mendoza (2008) evaluó la digestibilidad *in situ* de hojas de *Medicago sativa* con intervalos de corte de 21, 28, 35 y 42 días, obteniendo diferencia estadística entre los tratamientos, con resultados de 85.3, 82.9, 79.8 y 75.3 % respectivamente, valores que son menores a lo encontrado en el presente trabajo, en donde se utilizó la alfalfa como forraje de referencia.

Referente a las fracciones de digestibilidad, los valores reportados por Lara *et al.* (2015) para hoja de *R. communis* fueron mayores para la parte soluble (a) y tasa de degradación (c) con un porcentaje de 37.4 y 11.2 respectivamente, comparados con la HRc primero, segundo y tercer corte, con



valores de 33.11, 33.14, 34.02 para la fracción “a” y 8.51, 7.12 y 7.8 4 % para la fracción “c”; sin embargo, el valor para la parte potencialmente degradable (b) el valor fue de 57.4 %, diferente al obtenido en el presente ensayo de 62.15, 62.96, 64.32, mientras que para la fracción totalmente degradable (a+b) fue de 94.9 % similar a los observados (94.51, 95.29 y 96.99 %), lo cual, se puede explicar por la diferencia en edades de corte, aunque no se modifica el resultado final, demostrando que la lámina de HRc es un forraje altamente aprovechable por los rumiantes.

Conclusión

El valor nutrimental, la relación energía-proteína y su alta degradabilidad *in situ* hacen del forraje de *Ricinus communis* (lamina de hoja) una alternativa potencial para la alimentación de ovinos.

Literatura Citada

- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. 17th edition. Ed. Association of Official Analytical Chemists, International Gaithersturg, MD, U.S.A.
- Bacab, H, M.; Madera, N. B.; Solorio, F. J.; Vera, F. y Marrufo, D.F. 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. Revista Avances en investigación agropecuaria. 17 3:67-81.
- Behl, C. R., Pande, M.B., Pande, D. P. Y Dadadia, M.S. 1986. Nutritive value of matured wilted castor (*Ricinus communis* Linn.) leaves for crossbred sheep. Short communication. Indian Journal Animal Science. 56 4:473-474.
- Del Viento, A., Lara, C. y Palma, J. M., 2014. Higuierilla (*Ricinus communis* L.) ¿Forraje proteico alternativo para el ganado en sistemas silvopastoriles?. XLI Reunión de la AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México, pp. 398-401.
- Evangelista, A. R., Peron, A. J., Lopes, J., Castro, N. P. y Fraga, A. C. 2006. Composição química das folhas de mamoneira. Segundo Congreso Brasileiro de Higuierilla (mamona). 15 al 18 de Agosto, 2006. Aracaju, Sergipe, Brasil.
- Gutiérrez, D., Borjas, R. E., Rodríguez, H. R., Rodríguez, Z., Stuart, R. y Sarduy, L. 2015. Evaluación de la composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de ensilaje mixto con *Pennisetum purpureum* cv Cuba CT-169: *Moringa oleifera*. Revista Avances en Investigación Agropecuaria 19 3:7-16.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Ahualulco de Mercado, Jalisco. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/14/14003.pdf> (consultado el 5 de agosto 2016).
- Lara, C., Del Viento, A., Zorrilla, J. M., y Palma, J. M., 2014. Preferencia y consumo de diferentes partes morfológicas de harina de *Ricinus communis* L. por ovinos. III Convención Internacional de Agrodesarrollo 2014. Estación Experimental Indio Hatuey. Varadero, Cuba.
- Lara, G. 2015. Efecto asociativo de *Ricinus communis* L. sobre la punta de caña de azúcar para rumiantes. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México.
- Madera, S. N., Bacab, P. H. y Ortiz, R. B. 2013. Ganancia diaria de peso en ovinos por inclusión de una planta leguminosa (*Leucaena leucocephala*) en dietas basadas en pasto clon Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*). Bioagrocencias. 6:26-31.
- Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. 1977. The use of a dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 8 83: 645-650.
- Mendoza, P. 2008. Dinámica de crecimiento y rendimiento de alfalfa en respuesta a diferente frecuencia de corte. Tesis de maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México.
- Milera, M. 2013. Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. Revista Avances en investigación agropecuaria. 17 3:7-24.
- Nagy, S., Telek, L., Hall, T. N. y Berry, E. R. 1975. Potential Food Uses for Protein from Tropical and Subtropical Plant Leaves. J. Agric. Food Chem. 26 5: 1016-1028.
- Ørskov, E. R. and McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. Journal of Agricultural Science. Cambridge 92 2: 499-503.



Ruiz, T.E., Febles, G., Díaz, H. 2012. Distancia de plantación, frecuencia y altura de corte en la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* colecta 10 durante el año. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 46: 423-426.

Statgraphics Centurion XV. 2007. StatPoint Inc. USA.

Van Soest, P.J. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal Association Official Agricultural Chemists. 46:829-835.



SOMMAP

EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ENSILADOS DE NOPAL DURAZNILLO (*Opuntia leucotricha*) CON DIFERENTES ADITIVOS

Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas¹, Héctor Gutiérrez-Bañuelos^{1*}, Esperanza Herrera-Torres², Alberto Muro-Reyes¹, Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez³, Francisco J. Gutiérrez-Piña¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo km 31.5, 98500 Calera de V. R. Zacatecas, México. *gtzbahector@hotmail.com.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Durango-El Mezquital km 11.5 Durango, Dgo. México. ³Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México.

Resumen

La carencia de alimento para el ganado, sobre todo en las épocas de estiaje, demanda la evaluación de alimentos alternativos. El nopal ensilado, pudiera servir como fuente de alimento, especialmente de nopal autóctono. Uno de los nopales más abundantes en los agostaderos de las regiones semiáridas es el nopal duraznillo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar 6 ensilados de nopal con diferentes tratamientos de ensilado de nopal duraznillo usando microsilos hechos de tubos de PVC de 3 in. Los tratamientos consistieron en una base de nopal+rastrojo (T1), y a ésta base se le añadió urea (T2), maíz molido+minerales (T3), pollinaza+minerales (T4), ácido fosfórico+yogurth (T5), y levadura (T6). Se determinó la cantidad de materia seca, cenizas y proteína cruda por métodos convencionales en los días 0, 30, 60 y 90. La materia seca (%) se mantuvo en la mayoría de las muestras en 25%, excepto en T3 (30%) y T5 (22%). La proteína se mantuvo entre el 7 y 7.5%, excepto en T4 (13.3%) y T6 (8.1%). El pH no tuvo efecto tratamiento ($P>0.05$) y se mantuvo en promedio en 4.5. Con los resultados se concluye que el T4 y T6 presentan un incremento en la PC, lo cual los hace deseables en los sistemas de producción. Además, todos los tratamientos mantuvieron un pH ácido adecuado por debajo de 5 durante los 90 d.

Palabras clave: Proteína, nopal duraznillo, fermentación, aditivos.

Introducción

La escasez de forraje que se presenta en las zonas áridas y semiáridas de México, ha originado que los productores de ganado recurran cada vez más a la utilización de plantas nativas y por lo tanto adaptadas a tales condiciones geográficas, lo que ha constituido una alternativa de alimentación de las especies animales de esas regiones (Reveles y Flores, 2009), dichas plantas son eficientes en el uso del agua de tal manera que pueden ser cultivadas mediante la preservación y buen manejo de los recursos agua y suelo (Rodríguez, 2008). En los últimos años el estudio de arbustos y cactáceas que se desarrollan en regiones áridas y semiáridas, como fuente de alimento para rumiantes bajo sistemas de manejo extensivo, ha cobrado gran interés por parte de los nutricionistas del pastizal (Romero-Paredes y Ramírez, 2003). El *Opuntia leucotricha* (nopal duraznillo) es una planta arborescente, ramosa que está presente en diversos tipos de vegetación incluyendo el matorral micrófilo de *Larrea*, *Prosopis*, *Yucca*, y en el matorral crasicale, donde abundan los géneros



Opuntia, *Myrtillocactus*, *Echinocactus*, etc., asociado a *Prosopis*, *Acacia*, *Mimosa* y *Yucca*. Los nopales forrajeros han sido usados por los ganaderos como fuentes alternativas de alimentación, sobre todo las nopales silvestres han ayudado al desarrollo de la ganadería. Se han reportado alrededor de 3 millones de ha en los estados de Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Jalisco, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Chihuahua (Flores y Aguirre, 1992). El ensilaje de nopal permite preservar el forraje lo más posible en su forma natural, además permite agregar aditivos que pueden mejorar la calidad del forraje (Pichardo, 2012). Para producir un ensilaje de buena calidad es esencial asegurar que se produzca una buena fermentación microbiana en el ensilado. El proceso de fermentación no depende sólo del tipo y la calidad del forraje, sino también de la técnica empleada para la cosecha y para el ensilaje. Existe una limitada fuente de información práctica que permita conocer el potencial forrajero del nopal duraznillo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de microbiología ruminal, en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas en el municipio de Calera de V. R. Zacatecas, México. Se recolectaron diversas muestras de Nopal duraznillo (*Opuntia leucotricha*) de manera aleatoria en un área de potrero de 64 ha ubicado en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas a 23° 36' 23.26'' N y 102° 10' 25.49 O, con una elevación sobre el nivel del mar de 2013 m. el muestreo se realizó durante el mes de abril de 2016. Los tratamientos consistieron en una base de nopal+rastrojo (T1), y a ésta base se le añadió urea (T2), maíz molido+minerales (T3), pollinaza+minerales (T4), ácido fosfórico+yogurth (T5), y levadura (T6) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de aditivos usados como tratamientos en el ensilado de nopal

Tratamiento	Ingrediente
T1 (Testigo)	73% nopal duraznillo, 27% Rastrojo de maíz
T2 (Urea)	73.5% nopal duraznillo, 26% rastrojo de maíz, 0.5% urea
T3 (Maíz+minerales)	72.9% nopal duraznillo, 16.6% rastrojo de maíz, 9.9% maíz molido, 0.5% minerales
T4 (pollinaza)	70.5% nopal duraznillo, rastrojo 9%, pollinaza 20%, minerales 0.5%
T5 (acidificante)	73% nopal duraznillo, 26% rastrojo de maíz, 1% solución de ácido fosfórico+yogurt (92% agua, 6% ácido fosfórico al 85%, 2% yogurt natural)
T6 (levaduras)	73.5% nopal duraznillo, 25.2% rastrojo de maíz, 1% levaduras

Elaboración de micro silos

Se elaboraron 6 tratamientos con 6 repeticiones cada uno, realizándose un análisis por duplicado en cada fecha de muestreo (30, 60 y 90d). Se cortaron las pencas de nopal a una medida de 5 x 5 cm aproximadamente, y se colocó la cantidad correspondiente en cada recipiente, se añadieron los ingredientes respectivos para cada tratamiento y se mezcló homogéneamente. Con ayuda de un cucharón metálico se fueron llenando los tubos de PVC, y con un mazo de madera se compactaron tratando de extraer el aire lo mejor posible, se sellaron los extremos de los tubos con bolsas de plástico y ligas para mantener hermético el micro silo. Posteriormente se colocaron en una caja de



cartón de manera horizontal y se mantuvieron intactos hasta su fecha de muestreo que fué los días 0, 30, 60 y 90.

Caracterización bromatológica y nutricional

Las muestras se deshidrataron a 65°C durante 48h y se molieron en un molino con una criba de 1mm. A las muestras se les determinó la cantidad de cenizas (Ash) incinerando las muestras a 550°C por 6 h. La proteína cruda (PC) fue obtenida mediante la determinación del N total por análisis de combustión (Leco FP-428, Leco Corporation, St. Joseph, MI) y multiplicado por el factor de corrección 6.25. El pH se determinó usando un potenciómetro.

Resultados y Discusión

Se evaluaron diferentes aditivos para mejorar la fermentación del ensilado de nopal duraznillo. Los resultados nutricionales se presentan en el Cuadro 2. La suplementación de caprinos con ensilado de nopal no solo mantiene sino que también permite que se obtengan ganancias de peso (López, 2012). Una característica nutricional importante en los forrajes del ganado es la cantidad de proteína cruda. Van Soest (1994) establece que los requerimientos de mantenimiento de proteína cruda del ganado están entre el 7 y el 8%, por lo que los ensilados en el presente trabajo de investigación garantizan esos valores. El T4 (pollinaza) es el tratamiento con mayor cantidad de proteína, debido a la naturaleza inherente del ingrediente añadido, sin embargo se tendría que evaluar la palatabilidad. El T6 es otro tratamiento destacado en proteína, donde se observa un incremento del 1% con la adición del 1% de levadura.

Las levaduras se consideran indeseables en los procesos de ensilajes, debido a que producen etanol disminuyendo el azúcar disponible para producir ácido láctico (Schlegel, 1987). Se ha reportado que levaduras degradan el ácido láctico incrementando el pH (McDonald et al., 1991). Sin embargo, los resultados en nuestro experimento demuestran un incremento en la proteína cruda manteniendo el pH debajo de 5.

Entre aditivos de la misma categoría se manifiestan diferencias tales como la efectividad general, la adecuación para determinado tipo de forraje, y la facilidad para su manejo y aplicación. Estos factores, junto al precio y la disponibilidad, determinan cual es el aditivo más conveniente para un ensilaje específico. Un problema práctico que presentan algunos aditivos es su naturaleza corrosiva que puede dañar equipos y constituir un riesgo para su manipulación. Los aditivos biológicos no son corrosivos y no hay peligro en su manipulación, pero suelen ser caros.

Es importante mencionar que en la fase de fermentación y fase estable del ensilado, el pH que se espera es entre 3.8 a 5.0, tratando que las bacterias ácido lácticas fermenten los carbohidratos hidrosolubles y generen ácido láctico principalmente. Cuando el pH se incrementa arriba de 5.0 se activan proteasas y carbohidrasas vegetales que demeritan la calidad del forraje. Todos los



tratamientos se mantuvieron en promedio debajo de un pH de 5, lo que garantiza la calidad del ensilado.

Cuadro 2. Evaluación de ensilados de maíz duraznillo con diferentes aditivos.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	P=
MS,%	25.2 ^b	25.2 ^b	30.7 ^a	24.7 ^b	21.7 ^c	27.1 ^{ab}	0.02
Ash,%	22.5 ^a	22.5 ^a	19.0 ^a	28.7 ^b	21.3 ^a	19.0 ^a	0.002
PC,%	7.1 ^a	7.1 ^a	7.5 ^a	13.3 ^b	7.1 ^a	8.1 ^a	<0.001
pH	4.6	4.6	4.6	5.2	4.7	4.5	0.26

^{ab}Valores dentro de hileras con diferente superíndice difieren usando la prueba de poder de Tukey (<0.05).

Conclusiones

Se concluye que el ensilado de nopal con pollinaza es el de mayor cantidad de proteína, sin embargo se deberán realizar pruebas de palatabilidad en los rumiantes. El tratamiento con levadura, no obstante estar contraindicado, no se observa una disminución de la cantidad de proteína, ni se observa un incremento en el pH.

Futuras investigaciones deberán considerar un análisis económico y pruebas de palatabilidad en el ganado.

Literatura Citada

- Flores V., C.A. y J.R. Aguirre R. 1992. El nopal como forraje. Universidad Autónoma Chapingo. México. 80 p. Segunda Reimpresión.
- López H. P. 2012. Suplementación de ensilado de nopal (*Opuntia* spp.) en caprinos. División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo 2012.
- McDonald, P., Henderson, A.R., & Heron, S.J.E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications.
- Pichardo A.L. 2012. Suplementación de ensilado de nopal (*Opuntia* spp.) con Urea y Melaza para tres razas de cabras (*Capra hircus*) División de Ciencia Animal, Departamento de Producción Animal, Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Mayo 2012.
- Revelles H. M., Flores O. M. 2009. El manejo del nopal forrajero en la producción del ganado bovino. VIII Simposium-Taller Nacional y 1er Internacional Producción y Aprovechamiento del Nopal. Campus de Ciencias Agropecuarias, UANL. Escobedo, Nuevo León, México Noviembre 13-14, 2009.
- Rodríguez, M. C. 2008. Suplementación práctica del ganado bovino en pastoreo. Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Fundación Produce Chihuahua. Manual técnico No. 8 Pág. 1 – 13.
- Romero-Paredes R. J. I. y Ramírez L. R. G. 2003. *Artiplex canescens* (Purch, Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas. CIENCIA UANL / VOL.VI, No. 1, ENERO-MARZO 2003. Pp. 85 – 92.
- Schlegel, H.G. 1987. *General Microbiology*. 6th ed. Cambridge, UK: Cambridge University Press.



GANANCIA DE PESO Y CRECIMIENTO COMPARATIVO ENTRE CORDEROS DE RAZAS DORPER Y KATAHDIN

Díaz-García, L. H.

Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Autónoma de Zacatecas.

hum_diaz73@yahoo.com.mx

La domesticación de los ovinos ocurrió hace 10,000 años por necesidades del hombre, pero es la selección natural, la que asegura la continuidad de la raza mediante la selección de individuos capaces de soportar condiciones agroecológicas particulares (Ghotge y Ramdas 2003; Nascimento 2010).

En los últimos años del siglo XX se han importado razas como Dorper, Katahdin, Romanov e Ile de France; entre otras sintéticas, con la finalidad de mejorar la conversión alimenticia, incrementos de peso y rendimientos en canal (Arteaga, 2003; Romano y Martínez, 2003); sin embargo, las características de estas razas han sido poco estudiadas en el trópico (Berumen *et al.*, 2005).

A partir de la reorganización de registros de la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO), ahora llamada Unión Nacional de Ovinocultores (UNO); se ha aumentado el interés por las características fenotípicas de las razas (Montellano, 2005); debido a que varios autores como Pavón *et al.* (1986), Martínez *et al.* (1998), Ortiz *et al.* (2000), Ortellado *et al.* (2001), Herrera *et al.* (2004), Romualdo *et al.* (2004), entre otros; han enfocado sus investigaciones al estudio de las particularidades morfológicas en ovinos para definir su estándar racial y mejorar su situación zootécnica mediante la lectura de medidas corporales específicas (medidas zoométricas), que permiten determinar la conformación corporal.

La conservación y uso sustentable de los recursos zoogenéticos locales se ha convertido en una prioridad mundial, principalmente porque las poblaciones autóctonas de razas presentes en el mundo están siendo afectadas por cruzamientos indiscriminados con razas foráneas especializadas en la producción de carne, producto de la actual intensificación de la producción pecuaria. Lo cual ha generado una pérdida de la variabilidad de estos genotipos locales, que por largos períodos de selección natural y evolución formaron un conglomerado de genes que se caracterizan por su



adaptación a condiciones edafoclimáticas adversas, resistencia a enfermedades y consumo de pastos de mala calidad (Ermias y Rege, 2003; Zaitoun et al., 2005).

El conocimiento de las razas permite identificar la población animal sobre las que se realizan las operaciones genéticas para un fin productivo determinado (Ortellado *et al.*, 2001), siendo el conjunto de caracteres externos los que constituyen el perfil fenotípico que definen a una raza determinada (Pavón *et al.*, 1986); la diferenciación de una raza puede ser observada y medida directamente en su fenotipo y estas diferencias permiten jerarquizar las razas con un criterio de adaptación y funcionalidad (Eding y Laval, 1999). Existen características fenotípicas que son poco afectadas por el ambiente como la conformación y el tamaño de la cabeza (Alderson, 1992); las distancias fenotípicas son determinadas por el genotipo, el ambiente y su interrelación (Díaz, 2003).

El estudio de los recursos genéticos animales es de gran importancia, ya que de éstos se pueden conocer poblaciones nativas o criollas, tanto en sus características fenotípicas como genotípicas. Una forma de realizar estos estudios es la zoometría, que está encargada de analizar la forma de los animales a través de mediciones corporales, obteniendo de esta forma, información valiosa sobre las capacidades e inclinaciones productivas de una raza (Pineda, 2010).

La caracterización fenotípica consiste en avaluar cuantitativamente la diversidad existente en los recursos genéticos animales, (FAO 1998; Rodero et al 1992). Este tipo de medidas ha tenido mucha importancia en la determinación y caracterización de razas, para así establecer relaciones entre diversas medidas corporales (Otoikhian et al 2008; Gusmão Filho et al 2009), así como la predicción del peso vivo en función de medidas zoométricas (Thysy Hardouin 1991; Afolayan et al 2006; Costa Júnior et al 2006; Sowande y Sobola 2008).

Las medidas zoométricas estudian la conformación del animal mediante medidas corporales concretas que permiten cuantificar su conformación corporal; por lo que se pueden modificar las capacidades productivas de una raza incluso hacia una determinada producción zootécnica (José, 1998). Al no considerarse el registro de las medidas zoométricas, en muchos casos puede llevar a una desviación a modelos animales cada vez más incompatibles para la producción, favoreciendo características indeseables (Hernández *et al.*, 2002)

Según Caravaca *et al.* (2003) el estudio de una raza, con el objeto de definirla, requiere del análisis de diversos datos referentes al origen, distribución geográfica y características étnicas. Todo esto viene a configurar un patrón mediante el cual es posible clasificar etnológicamente a los animales.



Todas las razas deben definir un estándar racial, y todos los animales pertenecientes a esa raza deben cumplir con las características de dicho estándar.

Los puntos de referencia que se adoptan para la determinación de las medidas zoométricas ovinas son; sobre la cabeza, cráneo, cara, tronco y extremidades. Los índices son relaciones entre medidas corporales que se han establecido como patrones de los diferentes tipos en que se pueden dividir los animales por su productividad (Ortellano *et al.*, 2003).

Según Álvarez *et al.* (2000), los índices zoométricos se clasifican en: a) Etnológicos (corporal, torácico, craneal, cefálico y pelviano); b) Funcionales de aptitud cárnica (profundidad relativa del tórax, pelviano transversal, pelviano longitudinal y cortedad relativa) y; c) Otros índices (espesor relativo de la caña).

La morfología externa es una de las ramas más clásicas del saber veterinario, zootécnico y ganadero, esta ha tenido una evolución significativa en los últimos años, tanto en concepto, como en aplicaciones. Esta se fundamenta en el conocimiento del individuo a través de sus bellezas, defectos, particularidades, etc., criterios que ayudan principalmente a identificar, diferenciar y a la vez a juzgar una posible aptitud del animal, (Sierra 2009; Peña *et al.* 1990; Álvarez *et al.* 2000a; Álvarez *et al.* 2000b; Nsoso *et al.* 2004; Janssens y Vandepitte 2004). En definitiva la morfología externa ha de cumplir dos misiones fundamentales, primero la de servir de base a la identificación natural del individuo o del grupo racial (para describirlos y diferenciarlos) y segundo la de propiciar una valoración zootécnica que permita aproximarse o colaborar en la predicción de sus posibilidades productivas. (Sierra 2009).

El objetivo del presente estudio es identificar las diferencias fenotípicas en cuanto a conformación y comportamiento productivo a través de algunas medidas zoométricas y cambio de peso en corderos de las razas Dorper, Katahdin y la cruce de éstas en etapa de crecimiento y engorda.



SOMMAP

CALIDAD NUTRICIA DE ENSILAJE DE MAÍZ TRATADO CON ADITIVOS DIFERENTES

NUTRITIONAL QUALITY OF CORN SILAJE TREATED WITH DIFFERENT ADDITIVES

Luis Lauro de León González^{1*}, Manuel de Jesús Flores Nájera², Miguel Mellado Bosque³, Luis Pérez Romero¹, Myrna Julieta Ayala Ortega¹ e Iván Olvera Leal¹.

¹Departamentos de Recursos Naturales Renovables y ³Nutrición Animal-UAAAN. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila., México. C.P.25315 *lldeleong@gmail.com ²Campo Experimental Zacatecas-INIFAP.

Resumen

El objetivo fue determinar la calidad nutricia del ensilaje de maíz tratado con aditivos diferentes. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El ensilaje fue elaborado en micro silos tipo bolsa con capacidad de 30 kg. Los tratamientos fueron: ensilaje sin tratar, ensilaje tratado con melaza (2%), ensilaje tratado con yogur (2%) y ensilaje tratado con inoculante comercial (biosile[®] 120 ml). Se evaluó materia seca, pH y contenido nutricional del ensilaje (PC, FDA, FDN, CNF, TND, ENL y Cenizas). No hubo diferencia significativa en el contenido de materia seca y pH entre tratamientos ($P \geq 0.05$). Sin embargo, el contenido de PC fue mayor para los ensilajes tratados con melaza y yogur que el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.001$). Las cantidades menores de FDA y FDN las obtuvieron los ensilajes con melaza, yogur e inoculante comercial, aunque la mayor cantidad la obtuvo el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.001$). Los CNF fueron mayores para los ensilajes tratados con melaza y yogur y, las cantidades menores para el inoculante comercial y el ensilaje sin tratar ($P \leq 0.01$). El contenido de TND fue mayor para los ensilajes tratados con melaza, yogur e inoculante comercial ($P \leq 0.01$). El porcentaje promedio de cenizas fue mayor para los ensilados tratados con melaza e inoculante comercial ($P \leq 0.001$). La ENL fue mayor para los ensilados tratados con melaza, yogur e inoculante comercial ($P \leq 0.001$). Los resultados concluyen que la melaza y el yogur mejoran la calidad nutricia del ensilaje de maíz, similar a la obtenida con el inoculante comercial.

Palabras clave: Ensilaje, valor nutricional, forraje, aditivos, maíz.

Introducción

Por la estacionalidad de las lluvias y por las heladas, en el norte de México y en sus zonas altas, la producción de forraje se limita a un período muy corto del año, por ello, se deben tener opciones que permitan disponer de forraje en la época de sequía. Una de estas opciones es el ensilaje, método de conservación de forraje en estado húmedo mediante una fermentación ácido láctica, que mantiene al forraje protegido del aire, luz y humedad exterior y lo conserva con un mínimo de pérdidas de materia seca y nutrientes y, mantiene buena palatabilidad para el ganado. La calidad del ensilado depende del forraje (altura de corte, nivel de humedad o cantidad de materia seca, resistencia a la compactación y a la calidad, determinada por la concentración de ácidos orgánicos, nitrógeno amoniacal y pH) y de la aplicación adecuada del método (tamaño de partícula, el llenado, apisonado y cierre del silo).



También existen otros factores que pueden modificar la calidad nutricia del ensilaje, como son los aditivos, los que se usan para acelerar el proceso de fermentación anaeróbica. Se ha publicado que el uso de aditivos comerciales incrementa el valor nutricional del ensilaje de maíz cuando éste se cosecha en estado de madurez avanzada, aunque pocos estudios se han reportado en maíz cosechado en madurez temprana (hoja bandera) y sobre todo cuando es tratado con melaza, yogur e inoculante comercial, por ello, el objetivo de este estudio es evaluar la calidad nutricia del ensilaje de maíz tratado con aditivos diferentes.

Materiales y Métodos

Se trabajó en el Campo Experimental Zacatecas-INIFAP, ubicado en el Municipio de Calera, Zacatecas y se utilizó la variedad de maíz Cafime cuyo ciclo vegetativo es de 112 días. La siembra se hizo el 22 de julio de 2014 y se fertilizó con 80-40-00; se dio un riego de pre siembra y uno de auxilio a los 40 días. La elaboración del ensilaje se hizo durante el estado fenológico de hoja bandera del maíz, el que se registró a los 55 días de la siembra, en microsilos tipo bolsa con capacidad de 30 kg. Después de 25 días de ensilado, de las bolsas se extrajo una muestra de 25 g para medir el pH y, otra muestra de 2.2 kg para determinar la calidad nutricia del ensilaje (materia seca, proteína cruda, fibra detergente ácida, fibra detergente neutra, carbohidratos no fibrosos, total de nutrimentos digestibles, cenizas y energía neta de lactancia). El maíz se cortó con machete y con una picadora de motor a gasolina se trozó en partículas de dos a tres centímetros; posteriormente fue preparado con aditivos y apisonado en bolsas de polietileno (60x90 cm) con un compactador manual con capacidad de 60 kg. Ya picado el forraje se depositó en cajas de plástico con capacidad de 30 kg, para agregar el aditivo y mezclar uniformemente. La melaza y el yogur se agregaron al dos por ciento del peso del forraje y, del inoculante comercial se añadieron 120 ml por 30 kg de forraje. Hechas las mezclas se depositaron en bolsas de polietileno para ser apisonado (expulsar el aire) y después cerrar la bolsa mediante torsión y amarrarla con hilo. Se usó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos fueron: ensilaje sin aditivo, ensilaje con dos por ciento de melaza, ensilaje con dos por ciento de yogur (lactigurt®) y ensilaje con inoculante comercial Biosile® (*Lactobacillus buchneri* y *Pediococcus* spp.) cuatro ml kg⁻¹. La unidad experimental fue una muestra de 2.2 kg de ensilaje de maíz cosechada en la etapa de hoja bandera. Para obtener los porcentajes de materia seca las muestras se procesaron en un molino con criba de un milímetro y, el porcentaje de proteína cruda (PC) mediante el método de Dumas por combustión (AOAC, 1996). La fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) se determinaron con la técnica de detergentes usando un analizador de fibra ANKOM. Los totales de nutrimentos digestibles (TDN), valor relativo del forraje (VRF) y energía neta de lactancia (ENL) se calcularon con las ecuaciones adaptadas por Horrocks y Vallentine (1999). Todas las variables se analizaron mediante un ANOVA a una vía (efecto tratamiento) y la comparación entre tratamientos con la prueba de Tukey. Todo el procedimiento estadístico se realizó con el paquete estadístico SYSTAT 13 (2013).



Resultados y Discusión

La materia seca y el pH en el ensilaje no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($P \geq 0.05$); en materia seca los valores fluctuaron entre 14.1 a 16.0 por ciento, mientras que para el pH variaron de 3.2 a 3.7. La PC de los ensilajes mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.001$), la mayor cantidad la obtuvo el ensilaje con inoculante comercial (141.9 g/kg MS) y la menor cantidad fue del ensilaje sin aditivo (87.1 g/kg MS). Los valores de los ensilajes con melaza (110 g/kg MS) y yogur (106.4 g/kg MS) no presentaron diferencias entre ellos, aunque fueron mayores a los del ensilaje sin aditivo (Fig. 1). El ensilaje con melaza incrementó la PC en 26% con respecto al ensilaje sin tratar y en el ensilaje con yogur el incremento fue de 22%. Dönmeza *et al.* (2003) encontraron que incorporar melaza al ensilaje de maíz incrementó un 35% el contenido de PC en comparación al ensilaje sin aditivo.

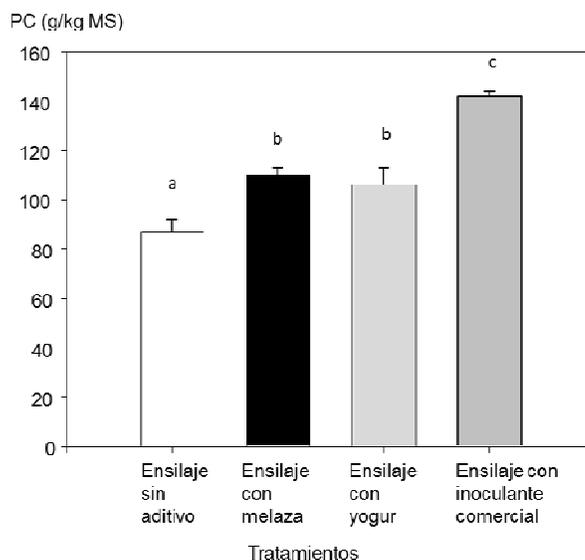


Figura 1. Contenido promedio (\pm EEM) de proteína cruda (PC) en ensilajes de maíz tratados con aditivos diferentes.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

En la FDA hubo diferencias entre tratamientos ($P \leq 0.001$). La menor cantidad fue con melaza (370 g/kg MS), yogur (404 g/kg MS) e inoculante comercial (373 g/kg MS), mientras que el ensilaje sin aditivo fue el más alto (441 g/kg MS); valores bajos de FDA representan valores altos de energía y digestibilidad. Los valores aquí encontrados concuerdan con los obtenidos por Nayigihugu *et al.* (1995) quienes reportaron que al aumentar la dosis de melaza en el ensilaje de zacate bermuda, se redujeron las concentraciones de FDA. En cuanto a la FDN, los valores variaron entre tratamientos ($P \leq 0.001$), la menor cantidad la obtuvieron los ensilajes tratados con melaza (589 g/kg MS), yogur e inoculante comercial (624 g/kg MS), comparados con el ensilaje sin aditivo (682 g/kg MS). Forrajes con valores bajos de FDN tendrán niveles altos de consumo que aquellos con valores altos, por ello un valor bajo de FDN es deseable para rumiantes (Eskandari *et al.*, 2009).



Nuestros resultados son similares a los de Dönmeza *et al.* (2003) quienes citan que la melaza redujo un 18% las concentraciones de FDN relativo al ensilaje sin tratar. Los carbohidratos no fibrosos (CNF) registraron diferencias entre tratamientos ($P \leq 0.01$). La cantidad mayor de CNF se registró en ensilajes con melaza (21.3%) y yogur (19.1%), mientras que los valores menores se presentaron en el ensilaje sin aditivo y los tratados con inoculante comercial (15.2 y 15.4%, respectivamente). Los CNF son los azúcares y almidones del forraje, la fuente principal de energía para el crecimiento de los microorganismos del rumen, que al digerirse constituyen la fuente de aminoácidos. Nuestros resultados son inferiores a los de Kononoff *et al.* (2003), quienes encontraron 46.2% de CNF en ensilaje cosechado en un tercio de línea de leche. La cantidad baja obtenida en nuestro estudio, probablemente se debió a que el forraje se cosechó en hoja bandera. Los valores de TDN variaron entre los tratamientos ($P \leq 0.01$), las cantidades mayores fueron para ensilajes con melaza (58.4%) y yogur (57.7%) y los de menor cantidad fueron el ensilaje sin aditivo (55.2%) y el inoculante comercial (56.9%). El TDN son los nutrimentos del forraje disponibles para los animales y están asociados a las concentraciones de FDA; en ensilajes de maíz los valores fluctúan entre 55 a 75% (Flores y Figueroa, 2010). Nuestros valores se ubican en este rango y las cantidades mayores fueron para ensilajes con melaza, yogur e inoculante comercial, respectivamente (Fig.2).

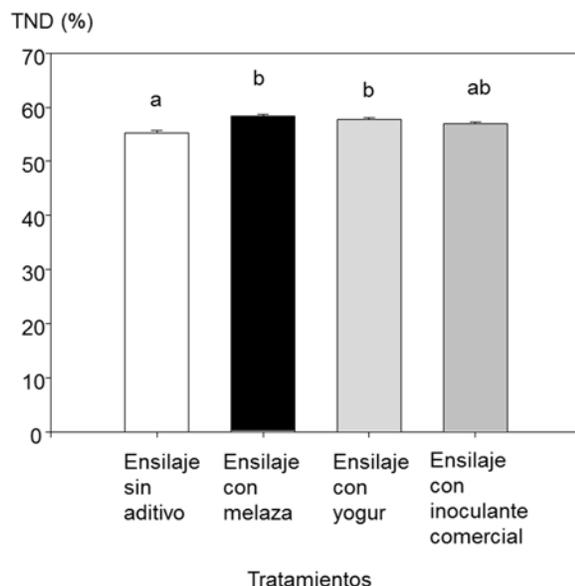


Figura 2. Porcentaje promedio (\pm EEM) de total de nutrimentos digestibles (TND) en ensilajes de maíz tratados con aditivos diferentes.

*Letras diferentes representan diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

En las cenizas hubo diferencias entre tratamientos ($P \leq 0.001$); los que mostraron menor cantidad fueron los tratados con yogur (8.4%) y sin aditivo (8.6%), mientras que los forrajes tratados con melaza (9.0%) e inoculante comercial (9.4%) registraron los porcentajes mayores de cenizas. Las cenizas son los minerales y su deficiencia puede perjudicar la habilidad de los microorganismos para digerir la fibra y síntesis de proteína (Eskandari *et al.*, 2009).



La ENL difirió significativamente entre tratamientos ($P \leq 0.001$); la cantidad mayor fue para ensilajes con melaza (1.33 Mcal/kg), yogur (1.30 Mcal/kg) e inoculante comercial (1.31 Mcal/kg) y la menor para ensilaje sin aditivo (1.21 Mcal/kg), valores semejantes a los reportados por Flores y Figueroa (2010) que fueron de 1.27 a 1.62 Mcal/kg.

Conclusiones

La melaza, el yogur y el inoculante comercial mejoraron la calidad nutricia del ensilaje de maíz cosechado en hoja bandera, siendo estos resultados superiores a los del ensilaje sin aditivo (testigo). La melaza y el yogur mejoran la calidad nutricia del ensilaje de maíz, similar a la obtenida con el inoculante comercial.

Literatura Citada

- AOAC (Association of Analytical Communities). 1996. Official methods of analysis. Assoc. of Anal Chem. 16th ed. Arlington, VA.
- Dönmeza A. N., M.A. Karslı., A. Çınar., T. Aksu., and E. Baytok. 2003. The effects of different silage additives on rumen protozoan number and volatile fatty acid concentration in sheep fed corn silage. *Small Ruminant Research*. 48: 227–231.
- Eskandari, H., A. Ghanbari. and A. Javanmard. 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage production. *Not Sci Biol*.(1): 07-13.
- Flores M., A. y U. Figueroa. 2010. Producción y ensilaje de maíz forrajero de riego. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Calera de Víctor Rosales, Zacatecas. Folleto técnico Núm. 30. 36 p.
- Horrocks R.,D. and J.F. Vallentine. 1999. Harvested forage. Academic Press. London, UK.
- Kononoff P., J., A.J. Heinrichs., and H.A. Lehman. 2003. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 86:3343–3353.
- Nayigihugu V. Kellogg., D.W. Johnson, Z.B. Scott, M. and K.S Anschutz. 1995. Effects of adding levels of molasses on composition of Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) silage. *Journal of Animal Science* 73, Suppl.1. p. 200.
- SYSTAT 13. 2013. Chicago, IL., USA.



SOMMAP

RENDIMIENTO Y CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DE TRITICALES DE HÁBITO PRIMAVERAL COSECHADOS EN EMBUCHE Y GRANO MASOSO. DRY MATTER YIELD AND NUTRIENTS CONCENTRATION OF TRITICALE OF SPRING GROWTH HABIT AT BOOT AND SOFT GRAIN.

Béjar H M¹, Terrazas P J G², Ammar K³ y MA Guerrero Ch⁴. ¹CIRENA Salaires, Chihuahua,

Méx. ²INIFAP, ³CIMMYT y ⁴ALCODESA, S.A. moibejar@hotmail.com
terrazas.jose@inifap.gob.mx

Resumen

En parcelas de 14 y 16m² con una densidad de siembra de 160 kg/ha, fertilizadas con 160-60-0 kg/ha, sembradas el 29 de Diciembre del 2014 y 2015 se evaluaron diez materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera y se compararon con dos testigos. Los rendimientos de forraje en MS variaron de 4.2 a 5.1 t/ha y de 16.3 a 20.2 t/ha al cosecharse en embuche y grano masoso respectivamente. Al madurar las plantas de embuche a grano masoso solo se incrementaron la FDN y lignina, mientras que en las demás características nutritivas presentaron una reducción en base a la digestibilidad *in vitro* de la MS y otros componentes nutritivos la calidad del forraje en embuche fue buena y de menor calidad al cosecharse en grano masoso.

Palabras clave: Triticale primaveral, rendimiento, calidad, estado de desarrollo.

Abstract

In plots of 14 and 16m² with a planting density of 160 kg/ha fertilized with 160-6-0 kg/ha, planted on December 29, 2014 and 2015. Ten triticale materials of spring growth habit were evaluated and compared with two witnesses. The forage yield DM ranged from 4.2 to 5.1 and from 16.3 to 20.2 t/ha in cuts of boot and soft grain respectively.

As mature plants from boot to soft grain this increased the NDF and lignin, while the other nutritive characteristics showed a reduction. In base on the DM digestibility and other nutritive components the quality of forage cut in boot was good and the quality was minor at harvest crop in soft grain.

Key words: triticale, spring, yield, quality, growth stages.

Introducción

De los cultivos forrajeros del ciclo invierno-primavera en la cuenca lechera de Delicias la avena Cuauhtémoc y el trigo Anáhuac son los más comunes para cosecharse en las etapas de desarrollo de embuche y grano masoso para elaborar heno y ensilados respectivamente. En los últimos años ha aumentado el uso e interés por materiales de triticale de hábito de crecimiento primaveral para elaborar ensilados como fuente de forraje para complementar al ensilado de maíz o bien para proporcionárselo a vaquillas de reemplazo.

La importancia de incluir el cultivo de triticale primaveral en la cuenca de Delicias se debe a que se acomoda a la secuencia o patrón de cultivos para forraje triticale primavera-maíz para ensilar en las épocas de frío y calor respectivamente; además el triticale primaveral tiene mejor tolerancia que el trigo y avena a problemas de salinidad y sodicidad en el suelo y se le presentan pocos problemas con plagas y enfermedades, además su forraje se puede conservar al cosecharse en embuche como heno o bien ensilarse (previa adecuación de su contenido de materia seca a 42-45%) o bien ensilarse al realizar su cosecha en estado de desarrollo de grano masoso.



En la última década se han liberado algunas variedades de triticale de hábito de crecimiento de primavera, principalmente en el estado de México, quizá por su cercanía al CIMMYT. Pero en la actualidad se carece de variedades de triticale del tipo primaveral en el mercado que hayan sido seleccionadas por su rendimiento y valor alimenticio de su forraje para ensilar/henificar, para ambientes de riego con alto potencial de producción. La presente actividad es un esfuerzo inicial para tratar de remediar en parte la anterior situación.

La finalidad de este escrito es informar los resultados que se obtuvieron durante el 2015 y 2016 de la caracterización del potencial productivo y nutritivo de líneas experimentales avanzadas en el proceso de selección de triticales primaverales procedentes del CIMMYT.

Materiales y Métodos

Las actividades experimentales se realizaron en el 2015 en una propiedad de un productor cooperante del municipio de Rosales, Chihuahua, en esta localidad el suelo es de textura franco arcillosa de buena fertilidad y en el 2015 fue en una siembra comercial de un lote agrícola en el municipio de Meoqui, Chihuahua con suelo de fertilidad baja de textura franco arenosa, en ellas se sembraron el 29 de diciembre del 2014 y 2015 diez materiales avanzados procedentes de CIMMYT y se usó como testigo a la variedad Bicentenario y la línea experimental Ardilla de triticales de hábito primaveral, se sembró a una densidad de 160 kg/ha de semilla, las parcelas fueron de 12 m² y 16 m² para los ciclos 2015 y 2016 respectivamente, en las que se formaron hileras de 18.5 cm de separación para simular el paso de una sembradora de granos pequeños. Los triticales se distribuyeron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La fertilización de establecimiento fue de 80-60-0 kg/ha y de mantenimiento 80 kg/ha de nitrógeno al amacolle a los 57 días después de la siembra, en el ciclo 2014-2015 se aplicaron siete riegos con fechas de: 29 dic 2014, 7 feb, 24 feb, 11 mar, 31 mar, 16 abr y 7 de mayo. En el ciclo 2015-2016 los riegos se aplicaron en las siguientes fechas: 29 de dic del 2015, 5 de mar, 6 de abril y 22 de abril del 2016. El control de malezas se realizó el 6 de febrero con la aplicación de 20 g/ha de Thifensulfuron metil. El rendimiento de forraje se estimó con el corte de 4 hileras de 1 m de largo, se desechó 0.5 m de las orillas, esta cosecha se desarrolló en las etapas de crecimiento 45 y 85 de la escala de Zadocks que corresponden al embuchamiento hinchado y grano masoso medio. En el Laboratorio de Control de Calidad de ALCODESA, S.A. se analizaron y calcularon en dos repeticiones las siguientes variables:

-Minerales por incineración a 550 °C. Proteína bruta: (PB) Kjeldahl (N X 6.25). Fibras ácido y neutro detergente: ADF y NDF con el analizador de fibras ANKOM. Grasa: (EE) Weende. Azúcares totales, procedimiento de Luf-Schoor. Digestibilidad celular de la materia seca: con el método de pepsina-celulasa de (Aufrere 1982). Almidón, con el método de Ewers. Energía rápida = azúcares + mitad pectinas + mitad de hemicelulosa. Energía neta de lactancia en base al PrevAlim (Baumont *et al.* 1999). Características nutritivas calculadas: Carbohidratos no fibrosos: (CNF) calculados con la fórmula: % de CNF= 100-(FDN + PC + extracto etereo + cenizas). Proteína no degradable= PC no deg = ((PDIA/dR)/1.11)/10 donde PDIA = proteínas digestibles en el intestino de origen alimentario y dR = degradabilidad teórica de la PC del forraje en el rumen. Proteína degradable = PC deg = el % de la PC = (100-PC no deg) x 100. Proteína degradable en el intestino con síntesis de nitrógeno: (PDIN) = PDIA + PDIE. Proteína degradable en el intestino con síntesis de energía: (PDIE) = PDIA + PDIN. Proteína degradable en intestino de origen animal: (PDIA) = 1.11 x PC (1-DT) x dR, donde DT = degradabilidad teórica de la PC del forraje en el rumen.



Resultados y Discusión

La etapa de desarrollo de embuche se alcanzó el 19 de marzo que equivale a los 77 días después de la siembra, mientras que el estado de grano masoso suave a los 123-128 días del 4 al 9 de mayo. Los días después de la siembra hasta alcanzar el embuche que se encontraron con las líneas de triticale aquí evaluadas son semejantes a los 78-80 días que necesitaron las variedades viejas de triticale primaveral Alamos-83 y Cananea-79 en el Valle de Juárez, Chihuahua (Núñez 1985) y al triticale var Eronga-83 (González 1985) y superiores a las variedades de Canadá: AC Alta, Pronghorn, AC Última y AC Lacombe que necesitan 52 y 70 días para alcanzar las etapas de desarrollo de embuche y grano masoso (Salmon *et al.* 2001). La importancia de estos valores radica en el tiempo que se dispone para preparar el suelo, sembrar y desarrollar el segundo cultivo en la misma tierra, y la ventaja de obtener una cosecha de forraje con tres riegos.

El mayor rendimiento de forraje en materia seca al cosechar en embuche se detectó en los materiales de triticale: 1, 3, 10 y 7 (cuadro 1) que superaron al testigo Bicentenario de un 7 a 8%. Estos rendimientos fueron superiores a las 4.2 t/ha que rindió el triticale var Trical 96 en California (Collar *et al.* 2004) e inferiores a las 7.5 t/ha que rindió el triticale var Trujillo en España al cosecharse en la misma etapa de crecimiento (Royo *et al.* 1998).

El rendimiento de forraje en materia seca en la etapa de crecimiento de grano masoso los materiales de triticale superaron de un 6 a 16% al triticale Bicentenario (cuadro 1) y fue más alto a las 14.4 t/ha de forraje en MS del triticale de primavera var Mizar cuando se cortó en grano masoso en el Valle del Po, Italia (Delogu *et al.* 2001). Además superaron a las 16.9 t/ha en base a MS que se ha indicado como su potencial de producción para variedades de triticale de primavera, cosechadas en grano masoso para las condiciones de Canadá (Briggs 2001) e igualaron a las 19.7 t/ha que produjo la var Trujillo de triticale primaveral en España (Royo *et al.* 1998).

Cuadro 1. Rendimiento de forraje para henificar/ensilar en materia verde y seca de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en dos etapas de crecimiento promedio de los años 2015 y 2016. Rosales, Chihuahua, México, 2016.

Material de triticale	E t a p a d e c r e c i m i e n t o					
	E m b u c h e - 45 ¹			G r a n o m a s o s o - 85 ²		
	MV t/ha	MS t/ha	Rendimiento* relativo %	MV t/ha	MS t/ha	Rendimiento relativo %
1	33.91	5.15	108.0	46.30	19.33	112.8
3	34.11	5.15	108.0	44.00	17.83	104.1
10	31.37	5.12	107.4	44.26	17.33	101.2
7	31.75	5.11	107.0	49.69	20.23	118.1
6	30.00	5.10	106.9	41.11	18.32	106.9
2	31.23	5.07	106.2	40.13	16.35	95.4
Ardilla	31.30	5.02	105.3	38.86	17.34	101.2
4	31.45	4.99	104.6	47.40	19.92	116.2
5	30.89	4.93	103.3	38.60	17.77	103.7
Bicentenario	29.19	4.77	100.0	44.86	17.13	100.0
8	28.29	4.51	94.6	42.27	18.69	109.1
9	24.14	4.25	89.2	42.64	18.54	108.2



*Rendimiento relativo en relación al triticale Bicentenario.

¹Cosecha en embuche o estadio 45 de la escala de Zadocks el 19 de marzo en 2015 y 2016.

²Cosecha en grano masoso medio o estadio 85 de la escala de Zadocks el 4 de marzo del 2015 y 2016 los triticales 1, 2, 5, 7, 10 y Bicentenario y en ambos años el 9 de mayo los triticales 3, 4, 6, 8, 9 y Ardilla.

El porcentaje de MS en el forraje de los materiales de triticale cuando se cosecharon en embuche varió de 16 a 19% por lo que si se van a ensilar es necesario secarlo al sol.

En base a la digestibilidad de la materia seca y otros componentes nutritivos la calidad nutritiva del forraje cosechada en embuche fue buena (cuadro 2A y 2B).

Cuadro 2A. Características nutritivas del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de embuche promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016.

%	M a t e r i a l e s d e t r i t i c a l e					
	1	2	3	4	5	6
MS	16.09	16.72	16.36	16.79	17.44	18.44
Cenizas	13.57	12.51	13.66	13.97	12.91	14.04
Dig MS	77.49	72.96	74.08	76.92	74.04	73.08
Dig MO	78.52	75.66	76.30	78.16	76.35	75.74
ENL Mcal/kg de MS	1.572	1.522	1.512	1.555	1.53	1.49
ENm Mcal/kg de MS	1.87	1.82	1.81	1.85	1.83	1.51
ENg Mcal/kg de MS	1.22	1.16	1.16	1.20	1.32	1.13
Grasa	3.48	3.62	3.45	3.66	3.43	3.10
Energía rápida	16.59	21.51	17.59	15.67	19.79	17.01
CNF	6.49	6.84	5.31	5.53	6.99	4.36
Azúcares	3.44	9.54	5.62	3.48	7.08	3.99
ADF	32.53	33.24	34.20	31.91	32.38	33.01
NDF	53.09	56.62	55.34	51.89	53.93	55.43
Lignina	5.60	5.93	7.25	7.30	7.04	7.24
PC	23.16	20.37	22.22	24.95	22.71	23.11
PC deg % de PC	81.74	80.85	88.10	83.14	81.17	81.81
PDIN	9.77	9.90	9.78	9.70	9.87	9.67
PDIE	9.40	9.32	9.20	9.32	9.35	9.12
PDIA	3.50	3.55	3.47	3.47	3.55	3.47
Contenido celular	46.92	45.35	44.62	48.11	46.06	44.56
Hemicelulosa	24.56	21.61	21.14	19.98	21.55	22.42



Cuadro 2B. Características nutritivas del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de embuche promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016.

%	Materiales de triticale					
	7	8	9	10	Bicentenario	Ardilla
MS	17.17	16.87	18.26	16.89	17.18	17.06
Cenizas	13.88	14.05	14.63	14.10	13.50	15.63
Dig MS	75.96	77.72	76.53	76.31	75.67	81.12
Dig MO	77.55	78.66	77.91	78.77	77.37	80.80
ENL Mcal/kg de MS	1.54	1.57	1.53	1.54	1.54	1.56
ENm Mcal/kg de MS	1.84	1.87	1.84	1.84	1.84	1.89
ENg Mcal/kg de MS	1.18	1.23	1.18	1.21	1.19	1.24
Grasa	3.35	3.49	2.99	3.74	3.34	3.42
Energía rápida	17.43	18.26	18.18	16.84	17.08	16.47
CNF	4.48	6.97	7.69	3.26	6.21	6.05
Azúcares	5.46	5.17	7.71	4.34	4.44	3.96
ADF	32.27	32.17	30.49	31.93	32.25	30.66
NDF	53.55	52.72	54.94	53.93	53.26	52.05
Lignina	7.09	6.66	5.1	7.08	5.75	6.37
PC	24.46	22.24	24.73	24.84	23.65	27.19
PC deg % de PC	82.39	81.47	83.25	83.14	81.88	84.35
PDIN	9.80	9.72	9.960	9.67	9.82	9.82
PDIE	9.35	9.35	9.10	9.27	9.35	9.67
PDIA	3.52	3.45	3.45	3.45	3.52	3.52
Contenido celular	45.92	47.23	45.54	45.93	46.71	47.93
Hemicelulosa	21.81	20.55	23.94	22.10	21.01	21.38



Cuadro 3A. Características nutritivas del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de grano masoso medio promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016.

%	M a t e r i a l e s d e t r i t i c a l e					
	1	2	3	4	5	6
MS	43.32	40.67	40.17	41.78	46.35	44.42
Cenizas	12.47	12.66	11.93	12.99	11.52	14.04
Dig MS	53.96	53.50	55.24	55.50	56.74	51.15
Dig MO	63.70	63.40	64.50	64.66	65.48	61.92
ENL Mcal/kg de MS	1.23	1.22	1.26	1.24	1.28	1.16
ENm Mcal/kg de MS	1.49	1.42	1.52	1.50	1.55	1.41
ENg Mcal/kg de MS	0.86	0.85	0.89	0.88	0.92	0.80
Grasa	2.64	2.30	2.17	2.36	2.50	2.74
Almidón	8.05	8.24	12.04	8.49	11.61	10.74
Almidón digestible en rumen	4.59	4.71	7.14	4.83	6.50	6.01
Granos	15.01	15.29	20.61	15.53	20.16	18.87
Energía rápida	28.43	31.17	31.64	32.74	29.73	34.37
CNF	17.35	16.48	18.40	16.68	17.88	13.74
Azúcares	9.88	13.26	10.21	14.23	7.97	13.71
ADF	38.80	40.33	38.25	38.93	37.67	39.55
NDF	57.48	58.73	57.79	57.80	57.58	60.02
Lignina	9.11	9.01	8.37	8.51	8.05	9.27
PC	10.03	10.19	9.69	10.15	10.43	9.81
PC deg % de PC	73.09	73.20	72.72	73.03	73.00	73.38
PDIN	6.3	6.40	6.10	6.37	6.67	6.12
PDIE	7.17	7.65	7.22	7.25	7.45	6.18
PDIA	2.70	2.24	2.2	2.27	2.32	2.16
Contenido celular	42.52	41.23	40.22	42.15	42.41	39.95
Hemicelulosa	18.67	18.4	19.60	18.87	19.91	20.46



Cuadro 3B. Características nutritivas del forraje de materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera cosechados en estado de crecimiento de grano masoso medio promedio de los años 2015 y 2016, Rosales, Chihuahua, México, 2016

%	M a t e r i a l e s d e t r i t i c a l e					
	7	8	9	10	Bicentenari o	Ardilla
MS	40.30	43.97	43.36	38.90	37.77	45.17
Cenizas	12.14	12.93	13.39	13.24	11.96	12.92
Dig MS	55.54	50.99	52.02	54.82	55.68	53.73
Dig MO	64.69	61.83	62.45	64.23	64.78	63.55
ENL Mcal/kg de MS	1.26	1.18	1.19	1.25	1.26	1.30
ENm Mcal/kg de MS	1.53	1.43	1.44	1.49	1.52	1.49
ENg Mcal/kg de MS	0.89	0.81	1.32	0.87	0.89	0.86
Grasa	2.43	2.43	2.33	2.57	2.35	2.00
Almidón	7.84	9.37	9.16	7.75	8.03	5.67
Almidón digestible en rumen	4.64	5.24	5.26	5.39	5.13	3.17
Granos	14.66	15.59	17.00	14.54	14.94	11.56
Energía rápida	31.57	25.48	29.04	24.50	30.91	25.70
CNF	18.82	11.04	16.07	14.86	17.22	16.74
Azúcares	13.33	15.89	10.47	5.03	13.05	8.44
ADF	37.64	40.91	40.36	37.30	39.75	39.06
NDF	55.99	59.79	58.96	57.98	57.85	58.44
Lignina	8.53	9.02	8.43	8.45	9.01	8.73
PC	10.54	8.93	9.22	11.32	10.13	10.34
PC deg % de PC	72.92	72.79	72.72	72.90	73.04	72.84
PDIN	6.62	5.62	5.77	7.10	6.37	6.52
PDIE	6.87	6.80	6.87	7.45	7.27	7.27
PDIA	2.32	2.02	2.07	2.55	2.27	2.35
Contenido celular	43.99	40.18	41.03	41.97	42.59	41.57
Hemicelulosa	18.45	18.34	19.40	20.67	18.10	19.37

En promedio para todos los materiales al madurar las plantas de embuche a grano masoso la digestibilidad de la MS disminuyó en un 21.9 unidades porcentuales; para la energía neta de lactancia la reducción fue de 19.8%, en cambio la concentración de lignina se incrementó en un 25% (cuadros 3A y 3B).

Conclusiones

Los materiales de triticale de hábito de crecimiento de primavera presentaron altos rendimientos de forraje y la calidad nutritiva en embuche es buena y puede emplearse para vacas lecheras en producción, mientras que en grano masoso es de menor calidad y puede formar parte del forraje en raciones para vaquillas.



Literatura Citada

- Baumont R, Champciaux P, Agabriel J, Andrieu J, Aufrere J, Michalet-Doreau B, Demarquilly C. 1999. An integrated tool to predict feed value for ruminants : Prevalim for INRAtion. INRA Prod. Anim. 12, 183-194, Theix, Fr.
- Briggs K G. 2001. The growth potential of triticale in western Canada. Alberta Agriculture Food and Rural Development Government of Alberta. Edmonton, Alberta Canada 131 p.
- Collar C, S Wright, P Robinson and O Putnam. 2004. Effect of harvest timing on yield and quality of small grain forage. In: Proceedings of 2004 National Alfalfa Symposium and 34th California Alfalfa Symposium. Univ. of Calif. San Diego, Calif. p.141



SOMMAP

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y CONCENTRACIÓN DE PROTEÍNA DE UNA ASOCIACIÓN *Brachiaria humidicola* – *Arachis pintoii* EN LA SABANA DE HUIMANGUILLO

DRY MATTER YIELD AND PROTEIN CONCENTRATION OF A *Brachiaria humidicola* – *Arachis pintoii* ASSOCIATION IN THE SAVANNA OF HUIMANGUILLO

Nohemí Pardo Aguilar¹, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar^{2*}, Luz del Carmen Lagunes Espinoza³

¹Instituto Tecnológico de Huimanguillo; ²Campo Experimental Huimanguillo CIRGOC-INIFAP bolanos.eduardo@inifap.gob.mx; ³Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.

Resumen

El objetivo fue conocer la variación del rendimiento de materia seca (RMS) y de la concentración de proteína de una asociación *Brachiaria humidicola* – *Arachis pintoii* bajo fertilización fosfatada. El área experimental estuvo formada por suelo ácido (pH=4.7) de textura migajón arcilloso en la Sabana de Huimanguillo. El trabajo se desarrolló del 2 de septiembre 2014 al 14 de julio 2015. Se formaron 4 tratamientos: Humidicola (H), H+Fertilización (H+F), H+Cacahuatillo (H+C) y H+C+Fertilización (H+C+F). Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar y se analizó como medidas repetidas. Las variables de respuestas fueron: RMS y concentración de proteína. El tratamiento con mayor RMS fue la asociación H+C+F con 0.25 t ha⁻¹ más de MS con respecto al promedio de los tres tratamientos restantes. Por no presentar H+F mayor RMS con respecto a H, quiere decir que el mayor RMS del H+C+F se debió al efecto positivo de la fertilización fosfatada sobre la leguminosa. Los tratamientos formados por las asociaciones gramínea-leguminosa; H+C y H+C+F, mostraron mayor estabilidad de producción durante el año, por su menor disminución de MS en la época de nortes y de seca, que los tratamientos de Humidicola en monocultivo. Las parcelas asociadas mostraron mayor concentración de proteína con 121.1 y 110.2 g kg⁻¹MS con respecto a H+C y H+C+F. La concentración promedio de proteína de los tratamientos no asociados fue de 80.6 g kg⁻¹ MS.

Palabras clave: Leguminosas forrajeras, biomasa, proteína, asociación, fijación de nitrógeno.

Abstract

The objective was to study the variation of dry matter yield (DMY) and the protein concentration of an association *Brachiaria humidicola* - *Arachis pintoii* under phosphate fertilization. The experimental area consisted of acid soil (pH = 4.7) clay loam texture in Savanna of Huimanguillo. The work was developed from September 2, 2014 to July 14, 2015. Four treatments were formed: Humidicola (H), H+Fertilization (H+F), H+Cacahuatillo (H+C) y H+C+Fertilization (H+C+F). Treatments were distributed in a completely randomized design and analyzed as repeated measures. The variables of response were: RMS and protein concentration. Treatment with higher RMS was the association H+C+F with 0.25 t ha⁻¹ more of DMY than the average of the remaining three treatments. Because not to have H+F higher RMS than H, this means that the largest RMS of the H+C +F treatment was due to the positive effect of P fertilization on the legume. The treatments formed by grass-legume associations; H+C y H+C+F, showed greater stability in DMY during the year, due to its lower decrease in DMY in the windy and dry seasons, with respect to Humidicola



SOMMAP

in monoculture treatments. The associated plots showed higher protein concentration with 121.1 and 110.2 g kg⁻¹ MS with respect to H+C and H+C+F. The average of protein concentration from the associated treatments was 80.6 g kg⁻¹ MS.

Keywords: Forage legume, biomass, protein, association, nitrogen fixation.

Introducción

Las gramíneas forrajeras tropicales son de baja concentración de proteína. Dependiendo de la época del año, edad de rebrote y especie, la proteína varía de 40 a 140 g kg⁻¹MS (Juárez-Hernández *et al.*, 2004). Esta baja concentración afecta la productividad animal, por requerir el rumen un mínimo de 70 g kg⁻¹MS de proteína para su óptimo funcionamiento lo que, aunado a la estacionalidad de producción de forraje, limita la producción animal a través del año (Fulkerson *et al.*, 2007). Una alternativa para mejorar la calidad de la pradera, es introduciéndoles leguminosas forrajeras para formar una asociación. Las asociaciones o praderas multi-especies disminuyen la estacionalidad de producción de biomasa durante el año (Prieto *et al.*, 2015). Las raíces de las leguminosas tienen una relación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, donde la bacteria abastece de N a la leguminosa e indirectamente a las gramíneas adyacentes (Voisin y Gastal, 2015). Por ello, las leguminosas constituyen un alimento de alta calidad, principalmente por su mayor concentración de proteína con respecto a las gramíneas (García *et al.*, 2015). Sin embargo, no todas las gramíneas o leguminosas tropicales se adaptan a los suelos ácidos (pH < 5) de baja fertilidad deficientes en fósforo y mal drenados, que son el principal tipo de suelo de la ganadería bovina en las regiones tropicales húmedas. Las *Brachiarias* son las gramíneas de mayor adaptación a los suelos de baja fertilidad. Estas especies aumentan el tamaño de sus raíces para mayor contacto con el fósforo del suelo, y son especies con baja demanda de este macronutriente (Rao *et al.*, 1996). El pasto Humidicola (*Brachiaria humidicola*) es altamente explotado por los ganaderos de Tabasco, por soportar altas presiones de pastoreo, el ataque de la mosca pinta (*Aeneolamia* sp), y por formar praderas densas (Genni *et al.* 2004). Sin embargo, es una especie con baja concentración de proteína (Reyes *et al.*, 2009). Entre las leguminosas; *Arachis pintoi* (Cacahuatillo), *Stylosanthes guianensis*, *Pueraria phaseoloides*, han mostrado alta adaptación a los suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo (Tarafdar y Claasen, 2005). El Cacahuatillo presenta mayor proporción hoja/tallo y en consecuencia mayor concentración de proteína a diferentes edades de rebrote. Para disminuir la deficiencia de fósforo en los suelos ácidos de baja fertilidad, se ha empleado la fertilización fosfatada (Du *et al.*, 2009). El objetivo del presente estudio fue evaluar la variación de rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la asociación *Brachiaria humidicola* – *Arachis pintoi* con o sin fertilización fosfatada a través del año.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Rancho K.A.R.I.G.A. S.P.R. de R.L., en el Km 18 de la carretera Huimanguillo – Est. Chontalpa (93° 28' 19.34" LW y 17° 41' 31.59" LN). Suelo con pH de 4.7, 5.0 % de MO, 0.17% de N, 5.38 mg kg⁻¹ de P, 0.11 cmol kg⁻¹ de K, y textura migajón arcilloso. Durante el período de estudio, la temperatura promedio fue de 32 °C. La temperatura más baja de 19°C en los meses de diciembre a febrero. La mayor precipitación fue en junio con 450 mm, y la menor en diciembre y abril con 60 mm en promedio para cada mes. El experimento se estableció sobre una pradera de Humidicola con más de 10 años de edad. Sobre el pasto *B. humidicola* se formaron pequeñas parcelas de 2 m de largo x 1.50 m de ancho. En un área adyacente, formada por la



SOMMAP

asociación Humidicola-Cacahuatillo, se formaron las pequeñas parcelas de igual forma. Los tratamientos fueron parcelas formadas Humidicola en monocultivo y asociada a Cacahuatillo con y sin fertilización fosfatada. La fuente de fósforo fue superfosfato triple con 46% de P_2O_5 en dosis de 100 kg ha^{-1} (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). La fertilización de 100 kg ha^{-1} se fraccionó en dos partes iguales, aplicándose 50 kg ha^{-1} el 20 de agosto 2014, y la segunda mitad el 8 de febrero 2015. Se formaron 4 tratamientos: Humidicola (H), Humidicola + Fertilización (H+F), Humidicola + Cacahuatillo (H+C), y Humidicola + Cacahuatillo + Fertilización (H+C+F). Los tratamientos contaron con cuatro repeticiones distribuidos aleatoriamente dentro del área experimental. En día 2 de septiembre 2014 se realizó el corte de uniformidad en las 16 parcelas experimentales, dando con este corte por comenzado el estudio. La toma de datos se realizó cada 35 días, iniciando el 8 de octubre 2014 y finalizando el 14 de Julio 2015. La parcela útil se ubicó en el centro de cada parcela y presentaba un área de 2 m^2 ($2 \times 1 \text{ m}$). El RMS (t ha^{-1}), se determinó por el método del cuadrante con área de 1 m^2 ($100 \times 100 \text{ cm}$). El cuadrante se colocaba en el centro de cada parcela experimental, y la biomasa dentro del cuadrante se cosechaba a una altura de 5 cm del nivel del suelo para la gramínea, y a 20 cm para la leguminosa. De cada parcela se obtenía el peso fresco de la biomasa total, y de esta biomasa se tomaba una submuestra de 200 g. Las submuestras por tratamiento se depositaban en bolsas de papel de peso conocido, marcadas y secadas en una estufa de aire forzado, durante 72 horas a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Posterior al secado, se obtenía el peso seco de los 200 gr con balanza analítica. Con el peso fresco del cuadrante, y el peso seco de los 200 gr, se obtenía el RMS, mediante la siguiente fórmula: $\text{RMS} = ((\text{PF} * \text{PS}) / \text{PFM}) \times 10,000$: donde: PF= peso fresco por m^2 ; PS = peso seco de la muestra; PFM = peso fresco de la muestra. La concentración de proteína ($\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$), se cuantificó de las muestras secas provenientes de 200 g de MV, previamente molidas a tamaño de partícula de 2 mm. Primero se obtuvo N total por el método micro Kjeldahl (AOAC, 2000), multiplicando Nitrógeno $\times 6.25$. El análisis fue por medidas repetidas, siendo la fecha de corte el factor de medida repetida, empleando el procesador MIXED (SAS, 2010). En el análisis de varianza se usó un modelo que incluyera los efectos de: tratamiento, fecha de cosecha y sus interacciones. El esquema de aleatorización de los tratamientos sobre las unidades experimentales fue mediante un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

Resultados y Discusión

La temperatura y precipitación pluvial mostraron variación a lo largo de las nueve cosechas realizadas. En la época Seca (marzo, abril y mayo) se registraron las mayores temperaturas y las menores precipitaciones promedio con respecto a las épocas de Lluvias (junio y Julio) y Nortes (octubre a febrero). Por el contrario, en la época de Nortes se registraron las temperaturas más bajas correspondientes a las primeras cosechas.

Rendimiento de Materia Seca (RMS). El análisis de varianza se muestra en el Cuadro 1. Hubo un efecto de tratamiento ($p < 0.0001$) para el RMS durante el período de evaluación comprendido de octubre 2014 a agosto 2015; sin embargo, esta diferencia estuvo dada por el tratamiento H+C+F, debido a que esta asociación con fertilización registró un rendimiento superior ($p < 0.05$) en 0.25 t ha^{-1} de materia seca con respecto al promedio registrado de los tres tratamientos restantes (Figura 1).



SOMMAP

Cuadro 1. Análisis de varianza de las diferentes fuentes de variación

Fuente de Variación	Rendimiento de Materia Seca	Proteína	Significancia
Tratamiento	***	***	NS
Cosecha	***	***	***
Tratamiento x Cosecha	***	***	NS

NS: no significativo; *** nivel de significancia de 0.001

Por el contrario, no hubo diferencia ($p > 0.05$) en RMS entre los tratamientos H, H+F y H+C. Esto indica que la fertilización fosfatada tuvo efecto positivo en el crecimiento de la leguminosa, y no en el crecimiento de la gramínea, por no presentar el Humidicola en monocultivo fertilizado (H+F) mayor RMS que los tratamientos sin fertilización.

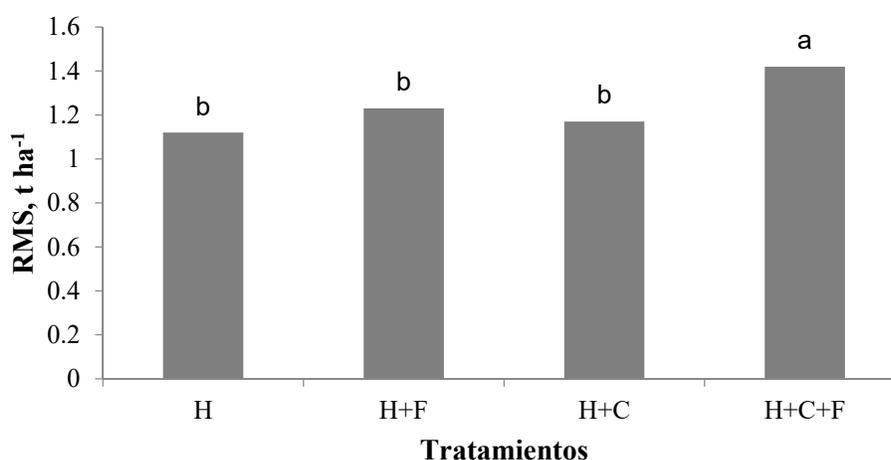


Figura 1. Rendimiento de materia seca de la parcela (RMSP) en los tratamientos Humidicola (H), Humidicola + Fertilización (H+F), Humidicola + Cacahuatillo (H + C) y Humidicola + Cacahuatillo + Fertilización (H+C+F) en un suelo ácido de baja fertilidad. Promedios

En cambio, el tratamiento Humidicola asociado con Cacahuatillo al ser fertilizado su RMS supera al resto de los tratamientos. Esta respuesta del Cacahuatillo a la fertilización fosfatada, se reflejó en su mayor proporción en la asociación, con 15% más de Cacahuatillo en la asociación fertilizada que en la asociación sin fertilizar. Estos resultados fueron observados por Mei Du *et al.*, (2009), al estudiar el efecto de la fertilización fosfatada en nueve genotipos de *Sytlosanthes guianensis*, en un suelo ácido ($\text{pH}=4.5$). Observaron que las plantas fertilizadas (120 kg ha^{-1} de P) adquirieron mayor peso de tallos, siendo esta respuesta variable entre genotipos. En nuestro estudio, los tallos no fueron separados de la planta para ser evaluados por separado, pudiendo ser el mayor crecimiento de tallos la razón del mayor incremento de biomasa de la leguminosa en la asociación. Al analizar la dinámica del RMS, todos los tratamientos muestran variaciones semejantes a lo largo del tiempo, con un descenso del rendimiento en 0.65 t ha^{-1} al pasar del mes de octubre al mes de diciembre, manteniéndose este menor RMS hasta el mes de febrero, para volver a remontar su rendimiento en los meses siguientes. En enero, el Humidicola en monocultivo (H) registra el menor RMS con 0.53 t ha^{-1} ; por el contrario, el Humidicola asociado a Cacahuatillo y Fertilizado (H+C+F) fue el tratamiento con mayor RMS en este mes más frío del año con 1.26 t ha^{-1} . Humidicola en



SOMMAP

monocultivo mantiene los menores RMS durante los meses secos del año (febrero, marzo, abril y mayo), con un RMS promedio de 0.89 t ha^{-1} , mientras que los tratamientos de la asociación gramínea-leguminosa, con y sin fertilización, registran los mayores RMS con un promedio de 1.67 t ha^{-1} . Con el inicio de lluvias, todos los tratamientos incrementan su RMS. Es importante recalcar que el tratamiento H, es el que registró los menores RMS, durante el período seco del año (febrero a mayo), siendo los tratamientos H+C y H+C+F los de mayor RMS, en especial H+C+F. Algunos estudios han demostrado que al incluir leguminosas en las praderas se mejora el RMS de la misma, regulándose la estabilidad de la pradera a través del tiempo, en comparación con las praderas en monocultivo sobre todo en períodos secos del año (Prieto *et al.*, 2015); sin embargo, en el presente estudio, la productividad se incrementó principalmente cuando era fertilizada la asociación con fósforo, no registrándose diferencias entre los tres tratamientos restantes. Este resultado posiblemente se deba a que se trabajó en un suelo muy ácido de baja fertilidad, en donde el fósforo es de baja disponibilidad para la planta, y al fertilizarse con P, la leguminosa mostró su potencial de crecimiento.

Concentración de Proteína. Hubo diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$), registrándose las mayores concentraciones de proteína en las parcelas asociadas, con concentraciones de 121.15 y $110.20 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$, para los tratamientos H+C, y H+C+F, respectivamente (Figura 2).

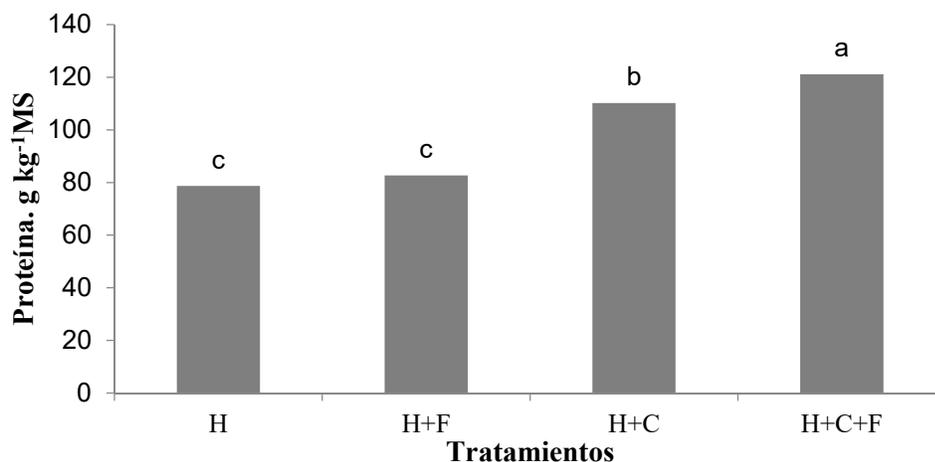


Figura 2. Concentración de proteína en la parcela de los tratamientos Humidicola (H), Humidicola + fertilización (H+F), Humidicola + Cacahuatillo (H + C) y Humidicola + Cacahuatillo + Fertilización (H+C+F) en un suelo ácido de baja fertilidad a los 35 días de rebrote en diferentes fechas de cosecha.

No hubo diferencias ($p > 0.05$) entre los tratamientos de Humidicola en monocultivo con y sin fertilización, registrándose una concentración promedio de ambos tratamientos de $80.6 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ de proteína. Estos resultados demuestran que la fertilización fosfatada tiene efecto principalmente en la leguminosa, siendo mínimo su efecto en la gramínea, por lo menos durante el período de evaluación. Estos resultados también demuestran que la inclusión de Cacahuatillo en la pradera, incrementa significativamente ($p < 0.05$) la calidad de la misma. Así, el tratamiento H+C registró $40 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ más de proteína con respecto al promedio de las praderas de Humidicola en monocultivo con y sin fertilizar. Las leguminosas tienen la facultad de asociarse con bacterias del género *Rhizobium*, y a través de una relación simbiótica, la bacteria abastece de nitrógeno (N)



directamente a la leguminosa, e indirectamente a las gramíneas forrajeras. Hubo un incremento de la relación promedio hoja /biomasa aérea total del pasto Humidicola cuando está asociado con la leguminosa fue de 0.66, mientras que esta relación es de 0.59 cuando el pasto Humidicola se encuentra en monocultivo (datos no presentados). Estos resultados indican que la asociación Humidicola – Cacahuatillo presenta mayor concentración de proteína que Humidicola en monocultivo, y que esta mejora se debe a la mayor concentración de proteína del Cacahuatillo, a la fijación de nitrógeno por el Cacahuatillo y al mayor RMS de la asociación cuando se le fertiliza con fósforo.

Conclusiones

La asociación *Brachiaria humidicola* – *Arachis pintoi* en comparación con el *B. humidicola* en monocultivo, presenta mayor rendimiento de materia seca, principalmente en la época seca del año, mayor estabilidad del RMS durante el año, y 40 g kg⁻¹MS más proteína

Literatura Citada

- Du YM, Tian J, Liao H, Bai CJ, Yan XL y Liu GD. 2009. Aluminium tolerance and high phosphorus efficiency helps *Stylosanthes* better adapt to low-P acid soils. *Annals of Botany*. 103: 1239 – 1247
- Fulkerson W.J., Neal J.S., Clark C.F., Horadagoda A., Nandra K.S., Barchia I. 2007. Nutritive Value of forage species grown in the warm temperate climate of Australia for dairy cows: Grasses and legumes. *Livestock Science* 107:253 – 264.
- García-Ferrer L., Bolaños-Aguilar E.D., Ramos-Juárez J., Osorio-Arce M., Lagunes-Espinoza L.C. 2015. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(4): 453 – 468.
- Genni O, Baruch Z, Marin D. 2004. Respons to drought of five *Brachiaria* species. II. Water relations and leaf gas exchange. *Plant and Soil* 258: 249-260.
- Juárez, H.J, Bolaños-Aguilar E.D., Reinoso P.M. 2004. Content of protein per unit of dry matter accumulated in tropical pastures. Winter. *Cuban Journal Agricultural Science* 38 (4): 415-422.
- Prieto I., Violle C., Barre P., Durand J.L., Ghesquiere M., and Litrico I. 2015. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants*.15033: 1 – 5.
- Rao I.M, Kerridge P.C y Macedo M.C.M. 1996. Nutritional requerements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Pp: 53 – 71. Miles JW, Maass BL y do Valle CB (Eds). CIAT Publicaciones No. 259. ISBN 958-9439-57 – 8.
- Reyes-Purata A., Bolaños-Aguilar E.D., Hernández-Sánchez D., Aranda-Ibáñez E.M., Izquierdo-Reyes F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto Humidicola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Rev. Universidad y Ciencia*. 25: 213 – 224.
- Tarafdar J.C, Claassen N. (2005). Preferential utilization of organic and inorganic sources of phosphorus by wheat plant. *Plant and Soil*. 275: 285-293.
- Toledo JM, Schultze-Kraft R (1982) Metodología para evaluación agronómica. Cali (Colombia): Centro Internacional de Agricultura Tropical. 91-110
- Voisin AS et F Gastal, 2015. Nutrition azotée et fonctionnement agrophysiologique spécifique the legumineuses. In: A Schneider y C Huyghe (eds.) *Les Legumineuses pour des Systemes Agricoles et Alimentares Durables*. Ed. Quae. RD 10, 78026. Versailles Cedex. ISBN: 978-2-7592-2334-3, pp: 79-138.

MESA DE TRABAJO

**MEJORAMIENTO DEL
PASTIZAL**





CARACTERIZACIÓN ESTOMÁTICA, CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA Y SU RELACIÓN CON PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN GENOTIPOS DE *Bouteloua curtipendula*

STOMATAL CHARACTERIZATION, CHLOROPHYLL CONCENTRATION AND THEIR RELATIONSHIP WITH BIOMASS PRODUCTION IN GENOTYPES OF *Bouteloua curtipendula*

Alan Álvarez Holguin¹, Carlos Raúl Morales Nieto^{1*}, Raúl Corrales Lerma¹, Federico Villarreal Guerrero¹, Liliana Berroterán Herrera¹ y Christian Alberto Hinojos Ramírez¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. cnieto@uach.mx

Resumen

Los objetivos fueron: 1) caracterizar los estomas y evaluar su efecto en la producción de biomasa en genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) y; 2) valorar el efecto de la concentración de clorofila sobre producción de biomasa en los mismos genotipos. Tres variedades comerciales (El Reno, Niner y Vaughn) y dos ecotipos nativos (E-689 y E-592) fueron evaluados. Las variables cuantificadas fueron producción de biomasa (PB), índice de concentración de clorofila (ICC), densidad estomática (DE), índice estomático (IE) y área estomática (AE). ICC, DE, IE y AE se relacionaron con PB utilizando análisis de regresión. DE, IE y AE se analizaron mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey. Todas las determinaciones se analizaron haz y envés por separado y se comparó las partes abaxial y adaxial en general. DE e IE presentaron una relación negativa con PB, mientras que AE y ICC se relacionaron positivamente. E-689 presentó el menor ($p < 0.05$) DE e IE. Además, este genotipo presentó la mayor ($p < 0.05$) AE y PB. Se concluye que genotipos de pasto banderita con baja DE e IE y alta AE e ICC pueden potencialmente producir mayor cantidad de biomasa.

Palabras clave: Área estomática, densidad de estomas, índice de concentración de clorofila, índice estomático.

Abstract

The objectives were: 1) to characterize the stomata and evaluate their effect on the biomass production of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) genotypes and; 2) to evaluate the effect of the chlorophyll concentration on the biomass production of these genotypes. Three commercial varieties (El Reno, Niner, Vaughn) and two native ecotypes (E-689 and E-592) of sideoats grama were evaluated. The variables evaluated were biomass production (BP), chlorophyll concentration index (CCI), stomatal density (SD), stomatal index (SI) and stomatal area (SA). The variables CCI, SD, SI and SA were related to BP through regression analysis. The variables SD, SI and SA were analyzed through analysis of variance and means comparison with the Tukey test. In addition, the adaxial and abaxial sides were compared in general. SD and SI presented a negative relationship with BP, while SA and CCI showed a positive effect. The genotype E-689 presented the lowest ($p < 0.05$) SD and SI. In addition, this genotype presented the highest ($p < 0.05$) SA and BP. It was concluded that genotypes of sideoats grama with low SD and SI and high SA and CCI could produce higher amounts of biomass.

Key words: Chlorophyll concentration index, stomatal area, stomatal density, stomatal index.



Introducción

Las características de las estomas y la concentración de clorofila son aspectos de particular importancia para el desarrollo de las especies vegetales. Los estomas son micro poros que se localizan en la epidermis de tallos y hojas, cuya función principal es regular el intercambio de gases entre planta-ambiente. El tamaño y densidad de estomas son factores de importancia en la utilización del agua y en el dinamismo de la fotosíntesis y, por lo tanto, en la productividad de las plantas (Xu y Zhoy, 2008; Fraser *et al.*, 2009). La clorofila es un pigmento capaz de captar fotones de luz solar de diferentes colores y convertirlos en compuestos orgánicos ricos en energía para la fotosíntesis. Por esta razón, la concentración de clorofila se relaciona con la eficiencia del aparato asimilador de radiación solar en una especie vegetal (Rivera *et al.*, 2005) y por ende, está correlacionada con la producción de materia seca (Rodrigues *et al.*, 2006). El pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) es una de las especies más utilizada en programas de revegetación de pastizales en el norte de México. No obstante, a pesar de la amplia diversidad de regiones agroecológicas, en México solamente se ha producido una variedad nacional (Beltran *et al.*, 2013). Por esta razón, es importante la selección de ecotipos con ciertas características en su actividad estomática, que potencialmente puedan ser utilizados en las diversas regiones agroecológicas de los ambientes áridos y semiáridos. El objetivo fue caracterizar la presencia y la densidad de los estomas y evaluar su efecto en la producción de biomasa de cinco genotipos de pasto banderita. Un segundo objetivo fue evaluar el efecto del índice de concentración de clorofila sobre la producción de biomasa.

Materiales y Métodos

Se realizó un experimento bajo condiciones de invernadero y laboratorio. Se evaluaron las variedades comerciales El Reno, Niner y Vaughn, procedentes de Estados Unidos de Norteamérica, así como dos ecotipos nacionales E-689 y E-592. Estos fueron seleccionados como sobresalientes de un proceso de selección de 135 ecotipos recolectados en ranchos ganaderos de distintas ecorregiones de México (Morales *et al.*, 2009). Las variables evaluadas fueron producción de biomasa (PB), índice de concentración de clorofila (ICC), densidad estomática (DE), índice estomático (IE) y área estomática (AE). La PB y el ICC se cuantificaron cada siete días durante 70 días a partir de la emergencia, utilizando cinco repeticiones para cada genotipo. Para la siembra se utilizaron bolsas de plástico provistas con arena para facilitar la extracción de raíces, donde se estableció una planta por recipiente. Al agua de riego se le adicionaron 2 g por litro de agua del fertilizante triple 18 marca Compo, para compensar la falta de nutrientes en la arena y se realizaron cada 2-3 días hasta alcanzar el punto de saturación. Las muestras se secaron en una estufa a 65°C durante 48 h y se pesaron en una balanza analítica marca Viper BC. Mettler Toledo. El ICC se calculó con un medidor de clorofila Opti-sciences CCM-200. Las mediciones se realizaron en la parte media de la hoja y se obtuvieron de 10 hojas al azar por planta.

Para la caracterización estomática se tomó una muestra de tres plantas de 10 semanas de edad por genotipo. Se seleccionaron tres hojas maduras de cada planta y se les aplicó barniz de uñas transparente en un segmento de aproximadamente un cm en el sentido de las nervaduras. Este procedimiento se realizó tanto en el haz como en el envés. Posteriormente, se dejó secar durante 20 min y se retiró con una jeringa para insulina. Las muestras fueron colocadas en un portaobjetos y cubiertas con un cubre objetos. Una vez montadas se observaron a campo claro en un microscopio Zeiss modelo Axio Imager 2 a 400x, tomándose fotografías de cinco campos ópticos, seleccionados al azar con una cámara Zeiss AxioCam MRc5. El campo óptico fue de 0.0945 mm² y los valores



obtenidos se traspolaron a 1 mm^2 . En cada campo óptico se contabilizó el número total de células epiteliales (NCE) y la DE. El área estomática (AE) se calculó con la información de tres estomas seleccionados al azar mediante el software Zen 2 core. Con el NCE y la DE se calculó el IE mediante la siguiente ecuación propuesta por Wilkinson (1979): Índice estomático= (densidad de estomas*100)/ (número de células epiteliales + densidad de estomas).

Las variables DE, IE y AE se calcularon por separado para el haz y el envés. Se realizó un análisis de regresión para describir la tendencia de PB con relación al ICC a través de las semanas. Las medias de PB de la décima semana se analizaron mediante regresión con los datos de las variables DE, IE y AE del haz y el envés por separado. Las variables DE, IE y AE se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey, comparando abaxial y adaxial por separado entre genotipos, así como abaxial y adaxial, en general. Todos los análisis se realizaron mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2006).

Resultados y Discusión

En la DE del envés (DEE) y el haz (DEH) se encontraron diferencias ($p < 0.0001$) entre genotipos. Los genotipos con mayor DEE y DEH ($p < 0.05$) fueron las variedades comerciales. Respecto al IE, tanto en el envés (IEE) como en el haz (IEH) el único genotipo que presentó diferencias ($p < 0.05$) fue E-689, con los valores más bajos. Este mismo genotipo mostró la mayor ($p < 0.05$) AE tanto del envés (AEE) como del haz (AEH). En general, en la variables DE y AE no se presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre haz y envés, por el contrario, en IE y DT si se detectaron ($p < 0.05$; Cuadro 1). Los resultados anteriores se pueden corroborar en la Figura 1. El comportamiento de la DE mostró una relación cuadrática ($p < 0.05$) negativa con la PB. El genotipo con menor DE fue E-689 el cual presentó una mayor PB (Figura 2a). El IE y la PB mostraron una relación cuadrática ($p < 0.05$) inversa. El genotipo con menor IE fue E-689 tanto en el haz como en el envés y presentó una mayor PB ($p < 0.05$; Figura 2b). Los genotipos con mayor DT ($p < 0.05$) tanto en el haz como en el envés fueron las variedades comerciales Niner y Vaughn así como E-592. La variable AE mostró una relación cuadrática ($p < 0.05$) positiva con la PB (Figura 2c). Para esta variable el genotipo con una mayor AE ($p < 0.05$), tanto en haz y envés fue el E-689.

Cuadro 1. Índice y caracterización estomática en cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) con potencial para su uso en la revegetación de pastizales

Genotipo	DEE	DEH	IEE	IEH	AEE	AEH
E-689	176.6 ± 2.7 ^c	152.7 ± 2.8 ^c	15.65 ± 0.3 ^b	13.41 ± 0.3 ^c	358.6 ± 3.3 ^a	361.7 ± 3.5 ^a
E-592	199.9 ± 4.2 ^d	187.3 ± 5.0 ^d	17.46 ± 0.28 ^a	14.29 ± 0.32 ^{bc}	310.2 ± 20.2 ^b	294.6 ± 16.8 ^b
Vaughn	248.5 ± 7.5 ^b	257.7 ± 4.9 ^b	17.38 ± 0.43 ^a	16.03 ± 0.28 ^a	186.7 ± 2.4 ^d	192.9 ± 2.3 ^d
Niner	217.8 ± 3.8 ^c	208.9 ± 3.8 ^c	17.36 ± 0.31 ^a	15.23 ± 0.3 ^{ab}	233.7 ± 2.8 ^c	232.1 ± 3.2 ^c
El reno	275.0 ± 8.7 ^a	273.1 ± 5.0 ^a	17.73 ± 0.4 ^a	15.6 ± 0.32 ^a	221.8 ± 4.5 ^c	204.5 ± 5.2 ^{cd}
Media general	224.0 ± 3.4 ^a	215.9 ± 3.9 ^a	17.13 ± 0.16 ^a	14.92 ± 0.14 ^b	262.2 ± 2.9 ^a	257.1 ± 4.4 ^a

*Medias con letras diferentes representan diferencias estadísticas (Tukey; $p < 0.05$) entre genotipos y en la media general entre haz y envés sin discriminar entre genotipos. DEE= Densidad estomática por envés. DEH= Densidad estomática por haz. IEE= índice estomático por envés. IEH= índice estomático por haz. AEE= Área estomática por envés (μm^2). AEH= Área estomática por haz (μm^2). *Valores de DEE, DEH, IEE e IEH, se presentan por μm^2 .

La DE es un rasgo importante en la ecofisiología de las plantas, debido a que estos controlan la pérdida de agua por evapotranspiración y la ingesta de CO_2 (Lawson y Blatt 2014). Está



documentado que plantas con una mayor DE presentan una menor tasa de evapotranspiración (Franks y Beerling, 2009), lo cual puede tener relevancia bajo condiciones de aridez. Esta afirmación concuerda con lo observado por Xu y Zhoy (2008) quienes reportaron que bajo condiciones severas de estrés hídrico, la DE tiende a disminuir en pasto *Leymus chinensis*. Este resultado posiblemente se debe a que con DE bajas, la resistencia estomática aumenta y, en consecuencia, se limita el exceso de evapotranspiración (Lawson y Blatt, 2014). Por otro lado, la DE también está relacionada con la PB. Fraser *et al.* (2009) relacionaron la densidad de estomas con la producción de biomasa en bluebunch wheatgrass (*Pseudoroegneria spicata*) y notaron que individuos con una menor densidad de estomas presentaron una mayor producción. Lo anterior, concuerda con los resultados obtenidos en este estudio. Las especies que poseen la misma proporción de estomas, tanto en el haz como en el envés, son conocidas como anfiestomáticas (Perveen *et al.*, 2007).

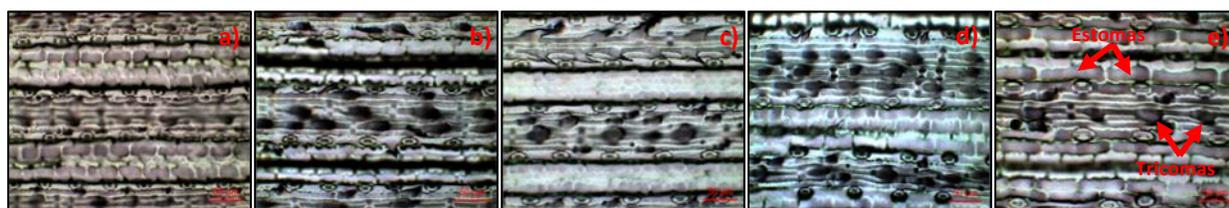


Figura 1. Micro estructura foliar de cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). A= El Reno, b= Vaughn, c= Niner, d= E-592 e= E-689.

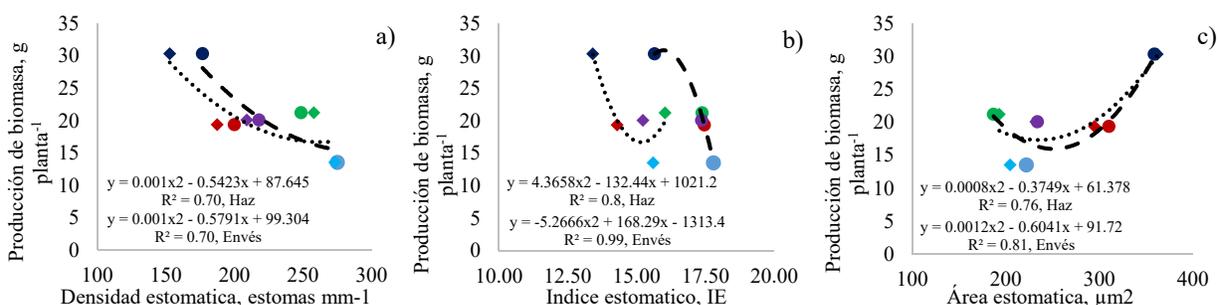


Figura 2. Relación entre la densidad estomática (a), índice estomático (b) y área estomática (c) con la producción de biomasa en cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). ◆ = Valores de la parte adaxial de la hoja, ● = valores de la parte abaxial de la hoja. ◆● = E-689, ◆● = E-592, ◆● = Vaughn, ◆● = Niner, ◆● = El Reno.

En general, en este estudio no se presentaron diferencias entre haz y envés; por tanto, se puede clasificar al pasto banderita como una especie anfiestomática. La DE tiene la desventaja de verse afectada fácilmente por las condiciones ambientales, mientras que el IE es menos susceptible a estos cambios (Walton, 1980). Además, el IE puede ser menos sensible que la DE en relación a la parte de las hojas en que se calcula y la edad de las mismas (Martin y Stimart, 2005). En razón de esto, el índice estomático, definido como la relación entre el número de estomas y la cantidad de células epidérmicas, es una variable de mayor confiabilidad para comparar el número de estomas por área entre genotipos (Wang *et al.*, 2007). Otra variable analizada en este estudio fue la densidad de tricomas. Estos tienen la función de proteger a la planta de la radiación solar y el viento para reducir la pérdida por evapotranspiración (Duke, 1994). Por esta razón, los genotipos con mayor DT (Niner, Vaugh y E-592) pueden tener una fortaleza adaptativa. El área estomática se refiere al tamaño de las células guarda y del poro en conjunto. Los estomas de mayor tamaño, generalmente poseen poros más grandes (Giday *et al.*, 2013). El área del poro y, por lo tanto, el AE están



relacionadas con una mayor ingesta de CO₂, lo que puede beneficiar el rendimiento en la especie. Lo anterior, concuerda con los resultados obtenidos en este estudio.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la PB conforme a ICC a través de las semanas, observándose una tendencia cuadrática ($P < 0.001$) en todos los genotipos. Además, se presentaron diferencias ($p < 0.001$) entre genotipos. El único genotipo con diferencias marcadas en el ICC fue el E-689 el cual presentó los mayores valores de PB. Por lo anterior, el ICC parece tener un efecto sobre las diferencias entre los genotipos en PB. La clorofila es un pigmento capaz de captar fotones de luz solar de diferentes colores y convertirlos en compuestos orgánicos ricos en energía. Está documentado que la concentración de clorofila está relacionada con la producción de biomasa (Rodríguez *et al.* 2006). Esta afirmación coincide con los resultados de este estudio.

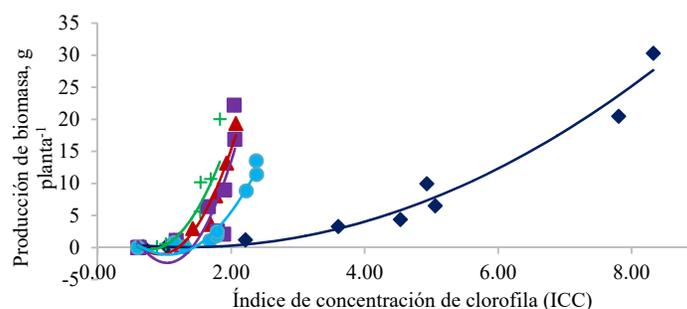


Figura 3. Comportamiento de la producción de biomasa en relación al índice de concentración de clorofila de cinco genotipos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*), a través de la semana uno a la diez después de la emergencia. \blacklozenge 689= $0.568x^2 - 1.539x + 1.104$, $R^2=0.96$. \blacktriangle 592= $14.386x^2 - 26.831x + 11.464$, $R^2=0.94$. $+$ Vaughn= $12.489x^2 - 19.538x + 7.332$, $R^2=0.64$. \blacksquare Niner= $17.261x^2 - 35.894x + 16.282$, $R^2=0.70$. \bullet El Reno= $7.4298x^2 - 15.628x + 7.126$, $R^2=0.96$.

Conclusiones

El pasto banderita puede clasificarse como una especie anfiestomática debido a su proporción equilibrada de estomas en haz y envés. Los genotipos con menor densidad estomática e índice estomático pero de mayor área estomática, pueden potencialmente producir mayor cantidad de biomasa. De igual manera genotipos con un mayor aumento en la concentración de clorofila pueden ser más productivos.

Literatura Citada

- Beltran, L. S., D. C. A. García, A. J. A. Hernández, O. C. Loredo, M. M. J. Urrutia, E. L. A. González y V. H. G. Gámez. 2013. "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4:217-221.
- Duke, S. O. 1994. Glandular trichomes -a focal point of chemical and structural interactions. *International Journal of Plant Science* 155:617-620.
- Franks, P. J. and D. J. Beerling. 2009. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geologic time. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:10343–10347.
- Fraser, L. H., A. Greenall, C. Carlyle, R. Turkington and C. R. Friedman. Adaptive phenotypic plasticity of *Pseudoroegneria spicata*: response of stomatal density, leaf area and biomass to changes in water supply and increased temperature. *Annals of Botany* 103:769-775.
- Giday, H., K. H. Kjaer, D. Fanourakis and C. O. Ottosen. 2013. Smaller stomata require less severe leaf drying to close: a case study in *Rosa hybrida*. *Journal of Plant Physiology* 170:1309–1316.
- Lawson, T., and M. R. Blatt. 2014. Stomatal size, speed, and responsiveness impact on photosynthesis and water use efficiency. *Plant Physiology* 164:1556–1570.



- Martin, W. J. and D. P. Stimart. 2005. Stomatal density in *Antirrhinum majus* L.: Inheritance and trends with development. *Hort Science* 40:1252-1258.
- 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. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 47:231-244.
- Perveen, A., R. Abid and R. Fatima. 2007. Stomatal types of some dicots within flora of karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* 39:1017-1023.
- Rivera, R. C., A. A. Zapata, G. Pinilla, J. Donato, B. Chaparro y P. Jiménez. 2005. Comparación de la estimación de la clorofila-a mediante los métodos espectrofotométrico y fluorométrico. *Acta Biológica Colombiana* 10:95-103.
- Rodrigues, A. L. R., R. T. Déleo, R. R. Andrade y F. C. V. Soares. 2006. Avaliação de características fisiológicas de cinco cultivares de *Cynodon*. *Acta Scientiarum Animal Sciences* 28:245-250.
- Walton, P. D. 1980. The production characteristics of *Bromus inermis* leys and their Inheritance. *Advances in Agronomy* 33:341-369.
- Wang, Y., X. Chen and C. Xiang. 2007. Stomatal density and bio-water saving. *Journal of Integrative Plant Biology* 49:1435-1444.
- Wilkinson, H. P. 1979. The plant surface (mainly leaf). In: Metcalfe C. R., Chalk, L. [eds.] *Anatomy of the dicotyledons*. 2nd ed. Oxford, England: Clarendon Press. p. 97-167.
- 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.



CLONACIÓN DE TRANSGENES *SOD/APX/Hdh* EN UN VECTOR PARA LA TRANSFORMACIÓN HOMÓLOGA DE GENOMAS CLOROPLASTÍDICOS DE *Bouteloua gracilis*
CLONING OF TRANSGENIC *SOD/APX/HDH* IN A VECTOR FOR HOMOLOGOUS RECOMBINATION OF CHLOROPLASTIDIC GENOMES FROM *Bouteloua gracilis*

F. Barrón Olvera¹, Q. Rascón Cruz¹, T. S. Siqueiros Cendón¹, E.A. Espinoza Sánchez², G. A. Aguado Santacruz³, C.R. Morales Nieto⁴ y S. Arévalo Gallegos¹.

¹Facultad de Ciencias Químicas, UACH; ²Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Hidalgo; ³Bioqualitum, Gto.; ⁴Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

Resumen

El objetivo del trabajo fue subclonar transgenes sintéticos en un vector específico para la transformación de genomas cloroplastídicos del pasto forrajero *Bouteloua gracilis*. Se utilizaron técnicas convencionales de Microbiología y ADN Recombinante. Los transgenes fueron diseñados *in silico* en el laboratorio y sintetizados químicamente por una compañía comercial, codifican para Superóxido Dismutasa, Ascorbato Peroxidasa e Higromicin Fosfotransferasa. Las enzimas SOD y APx son de interés agronómico, participan en la tolerancia de las plantas al estrés oxidativo, la enzima Hph confiere tolerancia al antibiótico higromicina, siendo un marcador de selección para las clonas de bacterias o plantas transformadas. Cada gen contiene secuencias reguladoras de la transcripción y traducción tipo procariótico, en plantas transformadas únicamente se podrán expresar en plástidos. El sitio de inserción del vector de clonación contiene una secuencia de ADN homóloga a una región intergénica de los genes de rRNA cloroplastídico de *B. gracilis*, los transgenes se clonaron en este sitio para generar la construcción que denominamos pBgcpSAH. Este plásmido es de 12,140 pares de bases, 7749 corresponden al vector y 4341 al fragmento de transgenes. La identidad del plásmido pBgcpSAH se determinó por digestión del DNA con enzimas de restricción y amplificación específica del transgen *SOD*, se confirmó la introducción de los transgenes en el sitio de recombinación homóloga. Actualmente se trabaja en la obtención de cultivos de células clorofílicas de *B. gracilis* para proceder a experimentos de transformación y eventualmente lograr la introducción específica de los transgenes en plastomas.

Palabras clave: clonación, SOD, APx, cloroplastos, *B. gracilis*.

Introducción

Una alternativa para mejorar las condiciones de regiones semiáridas es la rehabilitación de pastizales, incluyendo el mejoramiento genético de pastos. El zacate *navajita azul* (*Bouteloua gracilis* [(Willd. ex Kunth) Lag. ex Steud.]) tiene buenas características forrajeras, es tolerante a sequías y a temperaturas extremas (Stubbendieck *et al.*, 1973). La generación de plantas transgénicas de interés agronómico ha demostrado beneficios importantes mejorando la producción y la calidad de los productos, tales como mayor tolerancia a factores bióticos y abióticos, entre otros (referencia general); sin embargo, el desarrollo tecnológico ha sido tan acelerado que diferentes sectores de la sociedad, incluyendo a la comunidad científica, han planteado la necesidad de debatir y evitar o regular la generación de plantas transgénicas.

La gran mayoría de las plantas transgénicas se han obtenido a través de la integración de transgenes en el genoma nuclear, con el inconveniente de que a través del polen pueda ocurrir una transferencia no deseada de transgenes a plantas silvestres o comerciales. Para mantener las ventajas de la



expresión de transgenes en plantas y evitar o minimizar la transferencia no deseada, se han propuesto estrategias para la generación de plantas transplastómicas, plantas donde los transgenes se integran a los genomas de cloroplastos y por lo tanto el polen, al no contener cloroplastos viables, no transfiere genes cloroplastídicos a los gametos de las plantas fecundadas.

Los vectores de clonación que se han diseñado para la transformación de genomas cloroplastídicos, se basan en el principio de la recombinación homóloga (Maliga, 2009); los transgenes están flanqueados por secuencias de DNA cloroplastídico para que se inserten en las secuencias homólogas del plastoma, normalmente en las regiones intergénicas de los genes de *rRNA* (Verma *et al.*; 2007). El vector de recombinación homóloga para la transformación de plastomas de *B. gracilis* pTBg5Kb (Bencomo, 2007) contiene secuencias nucleotídicas parciales de los genes de rRNA 26S y 16S de *B. gracilis*, genes completos de *trnA* y *trnI*, así como dos regiones intergénicas; en la intergénica localizada entre los genes 16S y *trnI* se introdujo un sitio de restricción único AatII, para la inserción de los transgenes. El plásmido pBSKSAH contiene un fragmento de ADN con transgenes sintéticos Cu/Zn-Superóxido Dismutasa y Ascorbato Peroxidasa) e Higromicin B 4-0 Cinasa fueron diseñados para ser expresados en un ambiente tipo procariótico, tal como los que se encuentran en los plástidos de las plantas (Siañez, 2015). Las enzimas Cu/Zn-SOD y APX participan en la tolerancia al estrés oxidativo, en plantas se localizan en cloroplastos, SOD convierte el O₂ en H₂O₂ metabolito tóxico que es reducido a H₂O y O₂ por la APX (Bowler *et al.*, 1992). Las actividades antioxidantes aumentan la tolerancia a estrés oxidativo en plantas, células en cultivo, semillas, hojas. En plantas transformadas a nivel nuclear la co-expresión de SOD y APX cloroplastídicas en diferentes condiciones de estrés mejora la germinación y longevidad de semillas, la fotosíntesis y el desarrollo de raíces (Lee *et al.*, 2013), en tabaco aumenta la resistencia al daño foto-oxidativo y al estrés causado por metil viologen (Sen Gupta *et al.*, 1993). La clonación de transgenes *Cu/Zn-SOD/APX/Hdh* en un vector para la transformación de plastomas es un paso hacia el mejoramiento genético *B. gracilis* a través de la transformación y generación de plantas transplastómicas (Aguado *et al.*, 2000) que potencialmente expresen una mayor tolerancia al estrés oxidativo y por lo tanto que mejoren su nivel de germinación y establecimiento en pastizales en regiones semiáridas.

Materiales y Métodos

Para el crecimiento de cepas bacterianas, el aislamiento, caracterización y clonación de ADNs plasmídicos se utilizaron técnicas convencionales de DNA recombinante (Sambrook, 2001). Se transformaron células de *E. coli* químicamente competentes (Mach1TMT1, Invitrogen Life Tech.) con el ADN sintético del plásmido pBSKSAH 31A conteniendo los transgenes *SOD/APX/Hdh*. Las identidades del vector de clonación pTBg5Kb y del plásmido pBSKSAH se caracterizaron por digestión con enzimas de restricción y amplificación por Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) con oligonucleótidos específicos para los genes *SOD*, *APX* y *Hdh*. Se transformaron células de *E. coli* con los productos de ligamiento del vector y del fragmento *SOD/APX/Hdh* y las clonas transformadas se seleccionaron por crecimiento en medios con higromicina B. Se aislaron ADNs plasmídicos de varias clonas y se identificaron con enzimas de restricción y amplificación por PCR con oligonucleótidos específicos.



Resultados y Discusión

En una mezcla de ligamiento se usaron 300 ng de ADN del vector pTBg5Kb (7799 pb) linearizado con la enzima AatII y 160 ng del plásmido pBSAH 31A (7216 pb) digerido con AatII y defosforilado. Después de la transformación se obtuvieron 300 colonias independientes en medio de selección con higromicina y ampicilina. Encontramos dos tipos de morfología colonial, la mayoría eran “grandes” y otras “pequeñas”. Se analizaron con enzimas de restricción ADNs plasmídicos de ambos tipos de colonias, solamente en el caso de las colonias pequeñas obtuvimos patrones de restricción compatibles con los tamaños esperados para la clona pBgcpSAH conteniendo el fragmento SOD/APX/Hdh clonado en el vector pTBg5Kb, es probable que la concentración de higromicina en el medio haya bajado y que las colonias “grandes” sean transformadas con el vector pTBg5Kb. En la Figura 1 se muestran patrones de digestión con la enzima EcoRI de tres candidatos para la construcción deseada.

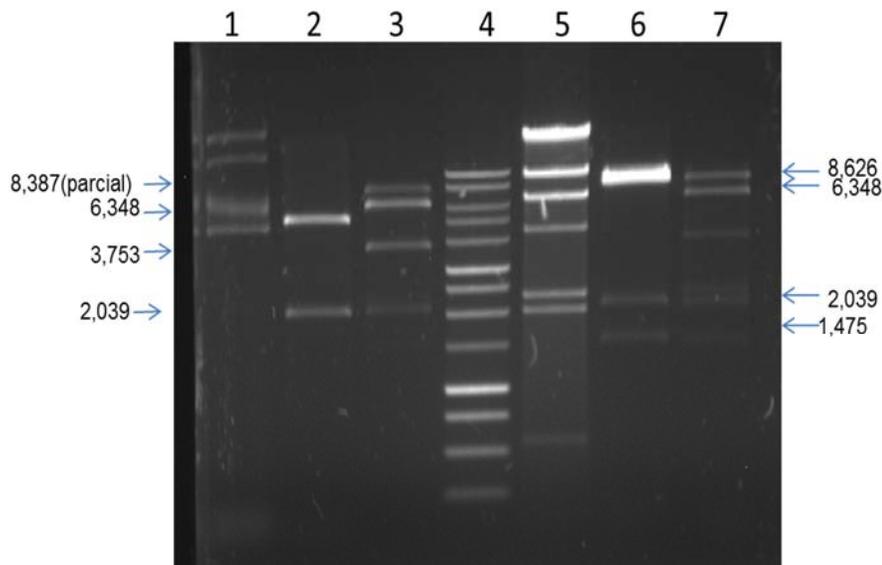


Figura 1. Patrones de digestión de DNAs plasmídicos con la enzima EcoRI.

1 = pBSAH clona 31A; 2 = pBSAH 31A+EcoRI; 3 = pBgcpSAH clona 13+EcoRI (orientación b); 4 = 1 Kb ladder; 5 = Lambda HindIII; 6 = pBgcpSAH clona 16+EcoRI, (orientación a); 7 = pBgcpSAH clona 17+EcoRI.

La clona pBgcpSAH 13 (carril 3) generó fragmentos de 6348, 3753 y 2039 pares de bases, este patrón de bandeado corresponde a la inserción del fragmento SOD/APX/Hdh en orientación “b”, es posible que la banda de 8387 pb sea producto de una digestión parcial del plásmido, el tamaño corresponde a la suma de los fragmentos 6348 y 2039. La clona pBgcpSAH 16 (carril 6) generó fragmentos de 8626, 2039 y 1475 pb, este patrón de bandeado corresponde a la inserción del fragmento SOD/APX/Hdh en orientación “a”. El patrón de la clona 17 tiene un resultado inesperado, parece corresponder a una mezcla de las dos orientaciones. En el carril 2 se observa la digestión de una clona que contiene a los transgenes en el plásmido sintético pBSAH31A de 7216 pb, se puede observar una banda de 2039 pb que corresponde al transgen *Hdh* y otra cercana a 5177pb que corresponde al vector unido a los transgenes *SOD* y *APX*.



La caracterización de las clonas pBgcpSAH 13a y pBgcpSAH 13b con la enzima AatII confirmó la subclonación de los transgenes *SOD/APC/Hdh* en el vector de recombinación homóloga pTBb5Kb (Figura 2).

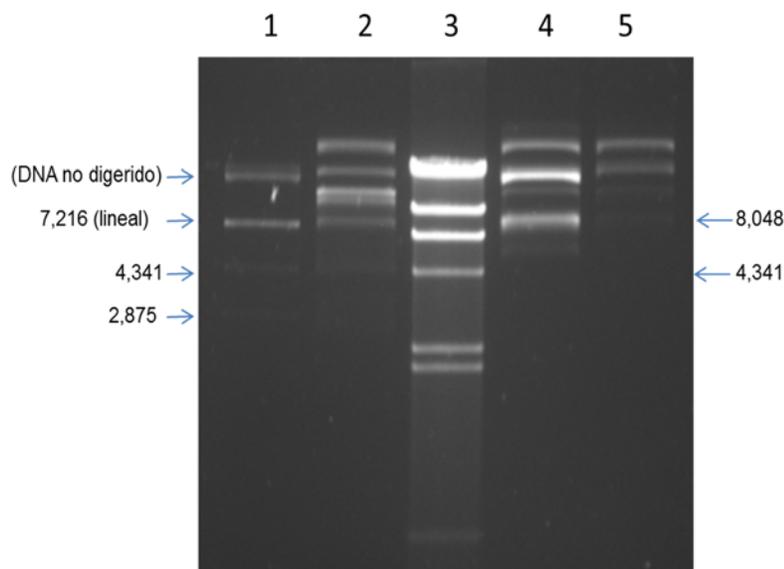


Figura 2. Patrones de digestión de DNA plasmídicos con la enzima AatII.

1 = pBSAH clona 31A+AatII; 2 = pBgcpSAH clona 13+AatII; 3 = Lambda HindIII.; 4 = pBgcpSAH clona 16+AatII; 5 = pBgcpSAH clona 17+AatII.

La digestión de los ADNs plasmídicos pBgcpSAH 13a y pBgcpSAH 16b con la enzima AatII generó varios fragmentos (Fig. 2 carriles 2 y 4), la mayoría de ellos con movilidades electroforéticas correspondientes a ADNs digeridos parcialmente. En las fotografías originales se observa la banda de 4341 pb característica del inserto *SOD/APX/Hdh* y otra de 8048 pb que puede corresponder al vector pTBg5Kb (7799 pb); en el plásmido sintético pBSAH 31A se observa una banda de menor tamaño (7216 pb) correspondiente al plásmido lineal, otras dos de 4341 y 2875 pb, tamaños esperados para el inserto *SOD/APX/Hdh* y el vector genérico sintético. En repetidas ocasiones la enzima AatII ha mostrado menor actividad que otras enzimas.

En la Figura 3 se muestra un mapa parcial de digestión de la construcción pBgcpSAHa de 12,140 pb. El inserto *SOD/APX/Hdh* de 4341 pb esta subclonado en el sitio de restricción AatII del vector pTBg5Kb (7799 pb). En la construcción con el inserto en la orientación "a" el transgen *SOD* esta proximal al gen *trnI*, la dirección de los transgenes *SOD* y *APX* va en dirección opuesta a la transcripción del gen *trnI*.

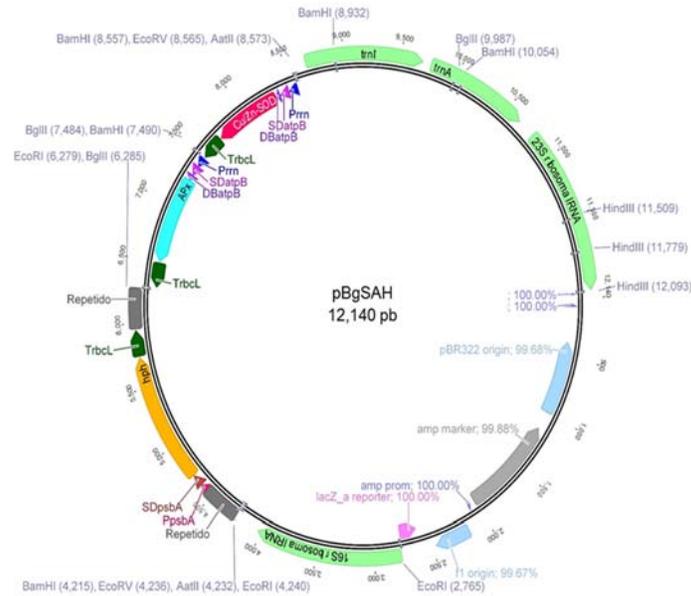


Figura 3. Mapa de restricción de la construcción pBgSAH.

Se muestra el mapa correspondiente a la construcción pBgSAH; los transgenes *SOD* y *APX* están en la misma orientación de transcripción que el gen *trnA* del vector de clonación.

Los transgenes *SOD*, *APX*, *Hdh* y *SOD/APX* se han amplificado partir del ADN pBSAH 31a con iniciadores específicos, en la construcción pBgcpSAH hemos identificado el transgen *SOD* de 740 pb (Figura 4), el resto está bajo análisis.

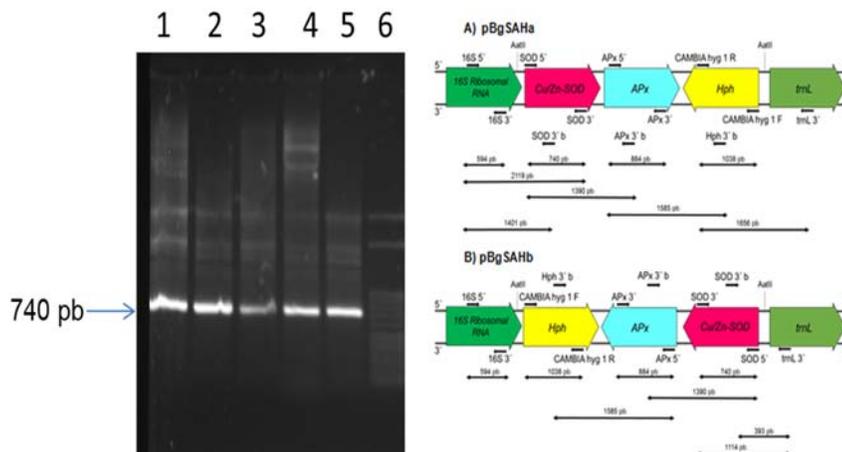


Figura 4. Amplificación de fragmento SOD en construcciones plasmídicas.

1 = pBSAH clona 31A; 2 = pBSAH clona 19B; 3 = pBgcpSAH clona 13; 4 = pBgcpSAH clona 16. 5 = pBgcpSAH clona 17; 6 = Ladder 50 pb. En la figura de la derecha se muestra un esquema con los amplicones esperados de los transgenes en la construcción pBgcpSAH en las orientaciones "a" y "b"

La construcción pBgcpSAH es única, el vector de clonación para la transformación específica de plastomas de *B. gracilis* y el inserto con los transgenes sintéticos son producto de nuestro laboratorio, se han reportado otros vectores para la transformación de plastomas de otras plantas, incluyendo *Zea mays*, pero nadie lo ha hecho para *B. gracilis*. En el caso de los transgenes existen construcciones con genes silvestres de *SOD* y *APX* para la transformación de ADN nuclear de plantas, sin embargo no se han modificado ni optimizado.



Conclusiones

Se diseñó un cassette de 3718 pb que contiene los genes *SOD*, *APx* y *hph* el cual cuenta con todas sus regiones reguladoras obtenidas de tabaco. Se espera que todas las modificaciones mejoren la estabilidad, funcionalidad y expresión de los genes de interés a nivel de cloroplasto. Como perspectivas para este diseño se espera que en un futuro pueda ser utilizado para la transformación del cloroplasto de *Bouteloua gracilis*.

Literatura Citada

- Aguado, G; Cabrera, J; Olalde, V. 2000. Tissue Culture And Plant Regeneration Of Blue Grama Grass, *Bouteloua Gracilis* (H.B.K.) Lag. Ex Steud. In Vitro Cell. 37:182- 189,
- Bencomo, D. 2008. Construcción de vectores para la Transformación genética del cloroplasto de *Zea mays* y *Bouteloua gracilis*. Tesis M.C., Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- Bowler, C., Van Montagu, M, Inze, D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. Annu Rev Plant . Physiol Mol Biol. 43: 83–116.
- Gupta, A.S., Webb, R. P., Holaday, A.S, Allen R.D. 1993. Overexpression of Superoxide Dismutase Protects Plants from Oxidative Stress. Induction of Ascorbate Peroxidase in Superoxide Dismutase-Overexpressing Plants. Plant Physiol. 1993. 103: 1067-1073.
- Lee, Y., Baek, K., Lee, H., Kwack, S., Bang J., Kwon, S. 2010. Tobacco seeds simultaneously over-expressing Cu/Zn superoxide dismutase and ascorbate peroxidase display enhanced seed longevity and germination rates under stress conditions. Journal of Experimental Botany. 61(9): 2499–2506.
- Maliga, P. 2004. Plastid transformation in higher plants. Annual Review of Plant Biology. 55: 289–313.
- Sambrook, J., Rusell, D.W. 2001. Molecular Cloning. A Laboratory Manual. 3rd ed. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, USA. 2284.
- Siañez, L.I., 2015. Construcción de genes de superóxido dismutasa y ascorbato peroxidasa, para expresión en plástidos. Tesis M.C., Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua México.
- Stubbendieck, J.; Launchbaugh, John L.; Burzlaff, Donald F.; McCully, Wayne G. 1973. Stolonerous blue grama. Journal of Range Management. 26(3): 230-23



DISEÑO *In silico* DE UN CASSETTE CON LOS GENES *Cu-Zn/SOD/APx/Hph*, PARA LA EXPRESION EN CLOROPLASTOS DE *Bouteloua gracilis*

In silico DESIGN OF A CASSETTE WITH CU-ZN/SOD/APX/HPH GENES, FOR EXPRESSION IN CHLOROPLASTS OF *Bouteloua gracilis*

L.I. Siañez Estrada¹, Q. Rascón Cruz¹, T. S. Siqueiros Cendón¹, E.A. Espinoza Sánchez², G. A. Aguado Santacruz³, C.R. Morales Nieto⁴ y S. Arévalo Gallegos¹.

¹Facultad de Ciencias Químicas, UACH; ²Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, Hidalgo; ³Bioqualitum, Gto.;

⁴Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH.

Resumen

El objetivo del trabajo fue diseñar y construir genes que participan en la tolerancia al estrés oxidativo en plantas, que potencialmente se pudieran expresar en cloroplastos de células transformadas. Se utilizaron herramientas de bioinformática de libre acceso en la red. Para la optimización de codones se usó la página <http://www.kazusa.or.jp/codon/>; el ensamble se realizó con la herramienta Gene Designer v2.0, (<https://www.dna20.com/genedesigner2/>); la predicción de las estructuras de las proteínas con la herramienta Phyre v2.0 (<http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/phyre2/>); la validación de estructuras con el programa RAMPAGE (<http://mordred.bioc.cam.ac.uk/~rapper/rampage.php>) y las estructuras de RNAs con el programa Geneious v8.1.6 (<http://www.geneious.com/>). Se diseñaron tres genes, codifican para Superóxido Dismutasa, Ascorbato Peroxidasa e Higromicina Fosfotransferasa. Las enzimas *SOD* y *APx* son de interés agronómico, la enzima *Hph* confiere tolerancia al antibiótico higromicina. Cada gen contiene secuencias reguladoras de la transcripción y traducción cloroplastídica. La transcripción de los genes *SOD* y *APx* está regulada por promotores *Prrn* y terminadores *rbcL*; el gen *Hph* contiene el promotor *psbA* y el terminador *rbcL*. La traducción de mRNAs para *SOD* y *APX* está regulada por regiones 5'UTRs con secuencias SD-*atpB* y se adicionó un péptido fusión DBatpB en el extremo NH⁺ de los mRNAs para incrementar la estabilidad. La traducción del mRNA de *Hph* está regulada por una región 5'UTR con secuencia SD-*psbA*. La transformación y expresión de transgenes en cloroplastos, es una alternativa viable para incrementar los atributos agronómicos de plantas, además de disminuir el riesgo de una potencial transferencia horizontal de genes a plantas silvestres.

Palabras clave: diseño de genes; *SOD*; *APx*; cloroplastos, *B. gracilis*.

Introducción

El mejoramiento genético a través de la generación de plantas transgénicas ha sido ampliamente demostrado en diferentes tipos de especies. Sin embargo existe una preocupación por los posibles riesgos asociados al cultivo comercial de estas plantas, tales como su diseminación al medio ambiente, así como un posible impacto del flujo de transgenes por medio del polen a especies silvestres, por lo que se han buscado alternativas viables que disminuyan esta posibilidad. Una alternativa prometedora es la generación de plantas transplastómicas, en las cuales la inserción de los transgenes es dirigida hacia los genomas cloroplastídicos o plastomas (Maliga, 2004). Los vectores de clonación que se han diseñado para la transformación de plastomas se basan en el principio de la recombinación homóloga, los transgenes deben estar flanqueados por secuencias de ADN cloroplastídico para que se inserten en la secuencia homóloga deseada del plastoma,



normalmente en las regiones intergénicas de los genes de *rRNA* (Pyke, 2009; Verma and Daniel, 2007).

Para que un transgen dirigido al genoma del cloroplasto de una planta sea funcional se debe de realizar una cuidadosa selección de cada una de las regiones que lo van a componer, para optimizar la eficiencia de la transformación genética e incrementar la obtención de transformantes funcionales se debe considerar el tipo de regulación de cada uno de los genes en el cassette (Pyke, 2009). La selección de regiones promotoras consiste en buscar un promotor de expresión fuerte y funcional para cloroplasto, la fuerza de un promotor depende de las interacciones de este con la ADN polimerasa, se requiere que los promotores contengan secuencias conservadas del tipo -10(TATATTT) y -35(TTGACGT). La selección de una región 5' UTR o líder en mRNAs generalmente comprende una secuencia Shine-dalgarno (SD), la que interacciona con el rRNA del ribosoma controlando la traducción del mRNA.

Los marcos de lectura son un punto importante en el desarrollo de proteínas recombinantes, ya que una correcta selección de estos pueden definir si las proteínas serán funcionales o no (Maliga, 2004). En algunos casos se recomienda que además de seleccionar los marcos de lectura para plantas se realice una optimización del uso de codones (Verma and Daniel, 2007). La secuencia 3' UTR o Terminador es de importancia en el diseño de un gen ya que además de aumentar la vida media del transcrito permite que se efectúe la terminación de la transcripción.

Las plantas están expuestas a diversos tipos de estrés abiótico como sequía, salinidad, temperaturas extremas, ozono y otros, que disminuyen la germinación y el desarrollo de la planta. Esta condición está relacionada con un aumento en la cantidad de radicales libres de oxígeno (ROS), los cuales pueden dañar a la estructuras celulares. Para disminuir las ROS las plantas tienen diferentes mecanismos, destacando las enzimas antioxidante como la superóxido dismutasa (Cu/Zn-SOD) o la ascorbato peroxidasa (APx) (Lu *et al.*, 2010). En plantas de *Nicotiana tabacum* transformadas a nivel nuclear con genes para Cu/Zn-SOD y APx, se ha reportado que la expresión simultánea de estas enzimas incrementa la defensa a ROS, aumenta la tasa de germinación y la longevidad de las semillas (Gupta *et al.*, 1993). El efecto sinérgico se puede deber a cuando la producción de H₂O₂ es muy elevada la APx disminuye la cantidad del peróxido y evita que este inactive a la enzima Cu/Zn-SOD (Gupta *et al.*, 1993; Lee *et al.*, 2010).

En el presente trabajo reportamos el diseño y síntesis de un cassette de expresión con transgenes de interés agrícola *Cu/Zn-SOD*, *APx* y *hph* para eventualmente desarrollar un mejoramiento genético del pasto forrajero *B. gracilis* a través de la generación de plantas transplastómicas.

Materiales y Métodos

Todas las secuencias reportadas se obtuvieron de la base de datos Genbank del NCBI. La secuencia para el promotor de las proteínas *SOD* y *APx* fue el *Prrn* del plastoma de *Nicotiana tabacum*, también del plastoma del tabaco se obtuvo las secuencias reguladoras de estas dos proteínas: *SDatpB*, *DBatpB* y *TrbcL* (NCBI referencia NC_001879).

Para la *hph* se utilizó el promotor *psbA*, y las secuencias reguladoras *SDpsbA* y el *TrbcL* del tabaco (NCBI referencia NC_001879), las secuencias que representan los marcos de lectura para la SOD Cu-Zn y la APx fueron obtenidos de la planta de *Zea mays L.* (NCBI referencia FJ890983.1 y AB093580.1 respectivamente). La secuencia para Hph fue obtenida del vector pCAMBIA1302 (NCBI referencia AF234298). La optimización de codones se realizó utilizando la tabla de uso preferencial de codones en cloroplasto de *Bouteloua curtipendula* obtenida de la página <http://www.kazusa.or.jp/codon/>. El ensamblaje de las secuencias de nucleótidos se realizó

mediante la herramienta computacional Gene Designer v2.0, utilizando las instrucciones del fabricante del software (<https://www.dna20.com/genedesigner2/>). La predicción *in silico* de las estructuras secundarias de las proteínas SOD Cu-Zn y APx utilizando la herramienta informática Phyre v2.0 (<http://www.sbg.bio.ic.ac.uk/phyre2/>). La determinación de la estructura secundaria del RNA con parámetros termodinámicos se realizó con el programa *Geneious v8.1.6* (<http://www.geneious.com/>).

Resultados y Discusión

El cassette de transgenes tiene un tamaño de 4,359 pb, los genes se organizaron en forma de tándem como unidades transcripcionales (Figura 1).

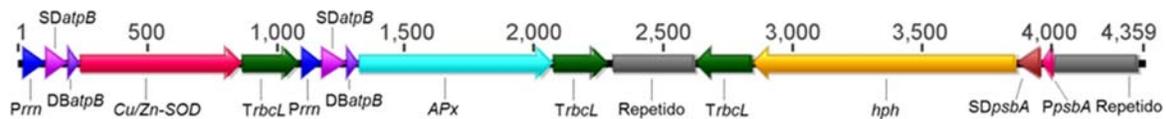


Figura 1. Esquema del cassette SOD/APx/hph.

Regiones y orientación de los transgenes, los números expresados en pb representan la posición, la dirección de las flechas indica la dirección de la transcripción.

La enzima SOD recombinante es de 222 aa, los 16 del extremo NH⁺ corresponden al péptido fusión DBatpB, hay 21 aa básicos y 20 ácidos. Se modificaron el 26% de los residuos, los codones GTC y CTC de valina y leucina se cambiaron a GTA y CTT en 10 y 8 posiciones. La optimización disminuyó de 58 a 49 % el contenido de GC del gen, lo que podría favorecer su transcripción. La comparación de las estructuras predichas para las proteínas SOD silvestre y La SOD, recombinante que incluye el péptido fusión, no mostró alteración en la estructura de la región codificante, por lo que teóricamente debería ser funcional (Figura 2).

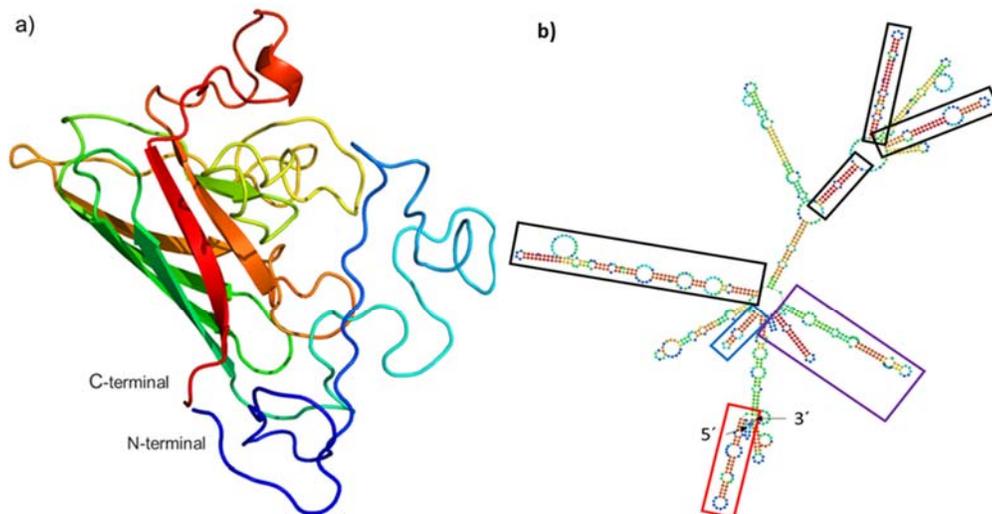


Figura 2. Predicción de estructuras para SOD recombinante.

a) Estructura terciaria de la proteína Cu/Zn-SOD recombinante; b) Estructura secundaria del mRNA de Cu/Zn-SOD recombinante.



La enzima APX recombinante es de 266 aa, incluyendo los 16 del péptido fusión HN⁺ terminal (Figura 3). Hay 38 aa básicos y 33 ácidos. Del marco de lectura del gen *APx* se modificaron el 29.48% de los codones, el mayor cambio fue en el codón AAA a AAG (lys), el cambio de este codón se realizó en 16 sitios. La optimización de codones modificó el % de GC en el marco de lectura, de 50.9% disminuyó a 41.3%. La estructura predicha para la enzima APX recombinante mostró algunos cambios en relación a la de la proteína nativa, cerca del extremo NH⁺ terminal se predice una nueva estructura α hélice, sin embargo, tanto en ambas proteínas se pueden unir regiones separadas que contribuyen a la estructura funcional, por lo que es posible que la proteína APX recombinante sea funcional. La predicción de la estructuras del mRNA de APX recombinante mostró un mayor número de estructuras estables que el mRNA de la enzima silvestre, lo que posiblemente afectaría su traducción, sin embargo, las estructuras de las regiones reguladores *SDatpB*, *DBatpB* y *TrbcL*, fueron semejantes a las encontradas en el mRNA de *Cu/Zn-SOD* recombinante

El gen *Hdh* codifica para una proteína de 341 aa, 39 básicos y 47 ácidos (Figura 3). Se modificaron el 32.78% de los codones, el mayor cambio fue el de los codones GCG a GCT y GTC a GTA en 14 ocasiones ambos, los cuales codifican para alanina y valina respectivamente. La optimización de codones disminuyó el % de GC en el marco de lectura de *hph* de un 57.5% a 46.2%, haciendo que el gen fuese más rico en AT. La estructura que prededimos para la enzima Hdh recombinante en general fue similar a una reportada en la literatura (Stogios *et al.*, 2010), además una variante de nuestra proteína se ha probado en el laboratorio y es funcional en bacterias. La conformación del mRNA recombinante mostró un número considerable de estructuras, localizados preferentemente en los extremos 5' y 3' terminales. De acuerdo a este modelo se podría considerar que las estructuras en el extremo 5' terminal disminuiría la interacción del mRNA con el ribosoma, afectando la traducción, sin embargo, tenemos evidencias de la expresión *in vivo* de este transgen (Varela, 2008).

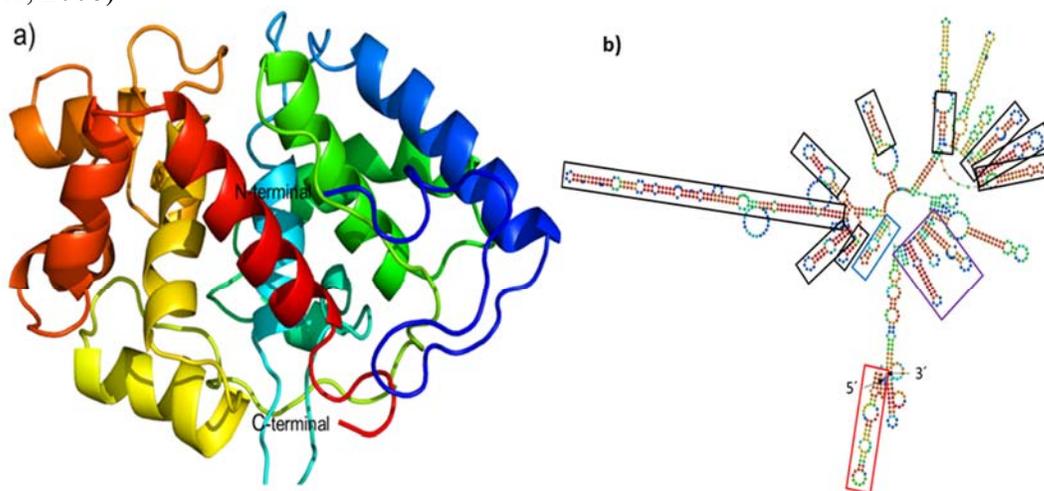


Figura 3. Predicción de estructuras para APX recombinante.

a) Estructura terciaria de la proteína APX recombinante; b) Estructura secundaria del mRNA de APX recombinante.

El fragmento de DNA con los transgenes sintéticos *SOD/APx/hph* se sintetizó *in vitro* utilizando el servicio de la compañía Epoch Life Science Inc.



Conclusiones

Se diseñó un cassette de 3718 pb que contiene los genes *SOD*, *APx* y *hph* el cual cuenta con todas sus regiones reguladoras obtenidas de tabaco. Se espera que todas las modificaciones mejoren la estabilidad, funcionalidad y expresión de los genes de interés a nivel de cloroplasto. Como perspectivas para este diseño se espera que en un futuro pueda ser utilizado para la transformación del cloroplasto de *Bouteloua gracilis*.

Literatura Citada

- Gupta A.S., Webb R. P. Holaday A.S, Allen R.D. 1993. Overexpression of Superoxide Dismutase Protects Plants from Oxidative Stress. Induction of Ascorbate Peroxidase in Superoxide Dismutase-Overexpressing Plants. *Plant Physiol.* 1993. 103: 1067-1073.
- Maliga, P. 2004. Plastid transformation in higher plants. *Annual Review of Plant Biology.* 55: 289–313.
- Pyke, K.A. 2009. *Plastid Biology*. First Edition. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 212.
- Lee, Y., Baek, K., Lee, H., Kwack, S., Bang J., Kwon, S. 2010. Tobacco seeds simultaneously over-expressing Cu/Zn superoxide dismutase and ascorbate peroxidase display enhanced seed longevity and germination rates under stress conditions. *Journal of Experimental Botany.* 61(9): 2499–2506.
- Lu, Y., Deng X., Kwak S. 2010 Over expression of CuZn superoxide dismutase (CuZn SOD) and ascorbate peroxidase (APX) in transgenic sweet potato enhances tolerance and recovery from drought stress *African Journal of Biotechnology* Vol. 9(49), 8378-8391.
- Stogios, P.J., Shakaya, T., Evdokimova, E., Savchenko, A., Wrigth, G.D. 2010. Structure and Function of APH(4)-Ia, a Hygromycin B Resistance Enzyme. *The journal of biological chemistry.* 286(3): 1966–1975.
- Varela, Rodríguez H. 2013. Expresión transitoria de la proteína verde fluorescente en embriones inmaduros transformados de *Zea mays L.* Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- Verma, D., Daniel, H. 2007. Chloroplast vector systems for biotechnology applications. *Plant Physiol.* 145: 1129–1143 pp.



BIOMASA AÉREA DE *Bouteloua gracilis* DESPUÉS DE 12 AÑOS EN UNA RESIEMBRA EN DURANGO AERIAL BIOMASS OF *Bouteloua gracilis* SEEDED 12 YEARS AGO IN DURANGO

Guillermo Andrade Villela¹, Edmundo Castellanos Pérez¹, Ulises N. Gutiérrez Guzmán¹, Amaury Esquivel Romo¹, J. Santos Serrato Corona¹, Ramón Gutiérrez Luna²

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

²Campo Experimental Zacatecas-INIFAP

Resumen

La resiembra es una opción para revegetar áreas deterioradas. El objetivo fue evaluar la producción de *Bouteloua gracilis* 12 años después de que fue sembrada la gramínea en un área abandonada al cultivo. En un predio de La Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Durango, se sembró *B. gracilis* en 2003 y se evaluó su producción de biomasa aérea en 2004 y en 2015. En un área adyacente sobrepastoreada también se midió la biomasa en 2015. La biomasa total fue mayor en 2004 que en 2015, probablemente debido a la exclusión del pastoreo de 2003 a 2004 y en 2015 el área tuvo pastoreo continuo moderado de bovinos desde finales de 2004. Sin embargo, la proporción de la gramínea con respecto a la biomasa total en 2015 fue mayor que la proporción de la misma en 2004. El muestreo de 2015 en el área sembrada presentó mayor cantidad de biomasa de *B. gracilis* que el área adyacente, así como también mayor proporción de biomasa de la gramínea con la biomasa total. Estos resultados muestran como *B. gracilis* ganó espacio en el área sembrada respecto a las otras plantas.

Palabras clave: resiembra, zacate navajita, biomasa

Introducción

En muchas partes del mundo las actividades antropogénicas han causado cambios en la vegetación incluso en la desertificación, sin embargo es difícil determinar cuánto estas actividades y los factores climáticos han operado simultáneamente (Archer et al. 1999).

La resiembra en pastizales intenta resolver problemas encontrados para revegetar pastizales en gran escala. La resiembra puede ser para el propósito de reestablecer la vegetación en un pastizal deteriorado que no puede ser mejorado a través sólo del manejo (Society for Range Management 1986). En la decisión de resembrar un área es necesario considerar si es la única manera que puede ser para mejorar un sitio que tiene el potencial de suelo y de agua para producir vegetación. Considerar si hay métodos aprobados de resiembra en el sitio, sino habrá que desarrollar procedimientos satisfactorios de resiembra para el área (Holecheck et al. 1998). Los principales problemas de la resiembra de pastizales son: la evaluación de sitios potenciales para y que necesiten la resiembra; encontrar especies y variedades que se establezcan fácilmente y produzcan una cantidad y calidad de forraje satisfactoria en los sitios resembrados por varios años; preparación de la tierra para la resiembra; asegurar buena calidad de la semilla; la cantidad adecuada de semilla en el terreno; la profundidad apropiada; la estación óptima; y manejar la resiembra para obtener una máxima producción (Society for Range Management 1986). El zacate *Bouteloua gracilis* es una de las plantas más importantes de los pastizales medianos abiertos (Weaver 1926). Sin embargo, esta planta debe sembrarse a no más de 7 mm de profundidad por tener un coleóptilo menor de 6 mm y sus raíces adventicias en promedio emergen a 2 mm de profundidad del suelo por la elevación del internudo del subcoleóptilo, lo cual es una desventaja para su establecimiento porque se encuentran condiciones de humedad del suelo más bajas cerca de la superficie (Hyder et al. 1971). El objetivo de este estudio fue comparar la biomasa de *Bouteloua gracilis* que fue medida



en una resiembra de esta gramínea en 2004, teniendo un año de establecimiento, con biomasa de esta gramínea medida en 2015, así también comparar esta biomasa con la biomasa de la gramínea de un área sobrepastoreada adyacente.

Materiales y Métodos

El estudio se ha llevado a cabo en un sitio que se abandonó al cultivo de avena en el año 2002. La vegetación nativa es un pastizal mediano abierto dominado por navajita azul (*Bouteloua gracilis*) ubicado en la Colonia Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo. Esta área se localiza en el paralelo 25° 39' latitud Norte y el meridiano 104° 39' longitud Oeste. El suelo es migajón arenoso y migajón arcillo-arenoso con pendiente de 1 a 8%. La siembra del zacate navajita se realizó el 29 y 30 de Julio de 2003 con semilla colectada en 2002 en agostaderos del Estado de Zacatecas en expediciones de recolecta a cargo de INIFAP con sede en Calera Zac. La semilla fue traída de esa ciudad a este sitio en costales de siete u ocho kg cada uno. La densidad de siembra fue de ocho kg ha⁻¹ (Castellanos et al. 2008),

Fueron sembradas 9 ha en un área cuadrada de 300 m x 300 m. El terreno se preparó con un barbecho usando arado de picos y luego un paso de rastra. La gramínea fue sembrada al voleo y se tapó con una rastra de ramas. Esta siembra al voleo fue hecha por tres personas que fueron caminando a una misma velocidad a una distancia entre ellas de alrededor de 5-6 m. El área de la siembra estuvo excluida al ganado doméstico desde la siembra hasta el 14 de Octubre de 2004 (Castellanos et al. 2008).

La producción de biomasa aérea de área sembrada fue medida el 6 de Julio de 2004 y el 14 de Octubre de 2004 (Castellanos et al. 2008), y el 06 de Octubre de 2015, con cuadrantes de 0.25 m² localizados al azar en tres transectos. También en la fecha de 2015 fue muestreada la producción de biomasa aérea de un área adyacente donde no hay control de pastoreo y generalmente es sobrepastoreada en la estación de lluvias. Esta biomasa fue secada en estufa a 60° C hasta peso constante para obtener el peso seco. En 2015 se tomaron muestras de suelo en el área sembrada y en un área adyacente donde se midió la materia orgánica con el método de Walkley y Black, la conductividad eléctrica y el pH con un espectrofotómetro (Genesys 10S UV-Vis), Ca y Mg por titulación de extracto (NOM-021 SEMARNAT, 2002).

Resultados y Discusión

De acuerdo a Castellanos et al. (2008) la siembra de *Bouteloua gracilis* fue realizada en 'seco' ya que anterior a la fecha de siembra, la precipitación total había sido sólo de 68.7 mm y la última lluvia de 23.6 mm ocurrió el 12 de Julio, 17 días antes de que el zacate fuera sembrado. Después de 22 días de realizar la siembra llovió nuevamente, aunque del 22 de Agosto hasta el 1 de Septiembre la cantidad de lluvia fue de 44.8 mm, y una lluvia de 53.7 mm el 25 de Septiembre teniendo un total de 98.5 mm después de la siembra. Una precipitación no registrada el 12 de octubre también contribuyó al establecimiento de la gramínea en estudio. Para 2004 la cantidad de lluvia del 19 de Junio al 7 de Octubre fue de 635 mm (Castellanos et al. 2008). La emergencia seguida de alrededor de dos semanas de condiciones ambientales favorables, las plántulas de *B. gracilis* desarrollan la capacidad del desarrollo de raíces adventicias de la coronas localizadas cerca de la superficie del suelo. Si estas raíces adventicias no son desarrolladas dentro de las 6 a 10 semanas de la emergencia, las plántulas mueren porque estas raíces tienen más capacidad para tomar el agua (Hyder et al. 1971; Briske y Wilson 1980), lo que indica que esta cantidad y distribución de lluvia permitió el establecimiento de la gramínea.

La producción de biomasa aérea encontrada fue relativamente baja al inicio de la época de lluvias en 2004 comparada con la encontrada en Octubre de ese año (Cuadro 1). En Octubre de 2004 donde



hubo mayor presencia de *Eragrostis* spp y de hierbas se encontró menor cantidad de *B. gracilis*, sin embargo éstas plantas sirvieron de plantas nodrizas en 2003 para el establecimiento de *B. gracilis* (Castellanos et al. 2008).

Después de 12 años de la siembra, se encontró una producción de biomasa menor a la encontrada en 2004, sin embargo la producción de *B. gracilis* se puede considerar buena si es visto que la proporción de la gramínea en base a la biomasa total encontrada es mayor a la proporción de 2004. En el muestreo de Julio y Octubre 2004 no hubo pastoreo desde la siembra en 2003, y a partir de éste muestreo se inició el pastoreo continuo por bovino de carne, el cual se puede considerar de moderado durante finales de 2004 a 2015. Parece que no hubo efecto de la sequía de 2011, donde de acuerdo a Lauenroth et al. (1987) para que *B. gracilis* no responda a la humedad del suelo previo a una sequía las condiciones del potencial hídrico deben estar debajo de -5MPa . Para tratar de ver el efecto de sobrepastoreo en ésta gramínea se muestreo un área adyacente donde se da un sobrepastoreo intenso en la época de lluvias año con año. Se observa una cantidad y una proporción menor en biomasa de *B. gracilis* entre la biomasa total en ésta área sobrepastoreada que la proporción de la gramínea entre la biomasa total en el área sembrada (Cuadros 2 y 3). Referente a las características físico-químicas del suelo no son notorias las diferencias entre el área sembrada y el área sobrepastoreada (Cuadros 2 y 3).

Conclusiones

Aunque presentó menor cantidad de biomasa la gramínea *B. gracilis* del área sembrada muestreada en 2015, en este muestreo se encontró mayor proporción de biomasa con respecto a la biomasa total que a la proporción en el muestreo de 2004 en ésta misma área. Asimismo esta área sembrada, en el muestreo de 2015 presentó mayor cantidad y mayor proporción de la gramínea entre la biomasa total que la proporción de la gramínea en el área adyacente sobrepastoreada. Esto indica que *B. gracilis* ha ido ganando espacio en el área o se ha sostenido y las otras plantas han perdido dominancia. No fueron notadas diferencias en las características del suelo entre el área sembrada y el área con sobrepastoreo.

Cuadro 1. Cantidad de biomasa (g/m^2) en los transectos en Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo. en 2004 en el área sembrada con *Bouteloua gracilis* en Julio de 2003 (Castellanos et al. 2008).

06 Julio 2004			14 Octubre 2004		
	Media	E.E.		Media	E.E.
<i>B. gracilis</i>			<i>B. gracilis</i>		
T1	7.5	3.4		59.5	22.4
T2	10.6	3.3		125.2	37.1
T3	3.7	1.6		168.2	78.2
Otras Gramíneas			<i>Chloris virgata</i>		
T1	8	3.7		26.2	14.6
T2	10.1	4.9		2.4	1.2
T3	9.2	4.3		13	10
Hierbas			<i>Eragrostis</i> spp		
T1	15.6	4.3		282.7	46.4
T2	33.5	12.9		187.1	71.7
T3	21	9.9		97.4	53.8
Hierbas año pasado			Hierbas		



T1	29.7	9.7	174.9	58.5
T2	25.7	9.6	202.0	112.4
T3	14.7	5.4	68.8	33.3
Gramíneas año pasado		Mantillo		
T1	9.7	3.7	80.7	35.3
T2	27.7	14.6	36.6	10.7
T3	26	13.1	31.8	6.4

T1=

transecto 1, T2 = transecto 2, T3 = transecto 3, n = 6, E.E. = error estándar.

Cuadro 2. Cantidad de biomasa (g/m^2 , $n=7$) en los transectos en Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo. y algunas propiedades del suelo ($n=5$) en 2015 en el área sembrada con *Bouteloua gracilis* en Julio de 2003.

	T1	E.E.	T2	E.E.	T3	E.E.
Biomasa total	192.6	59.0	190.9	16.7	227.4	36.4
<i>B. gracilis</i>	130.3	68.5	53.1	27.1	68.6	47.7
Mantillo	18.3	1.7	37.7	15.3	40.0	11.1
Otras gramíneas	45.7	10.7	81.7	17.9	129.1	33.5
Hierbas	16.6	6.1	56.0	20.4	29.7	12.5
pH	8.1	0.1	8.2	0.0	8.4	0.1
Cond. Eléctrica mmhos cm^{-1}	0.4	0.0	0.5	0.0	0.5	0.0
Mat. Orgánica (%)	1.4	0.3	1.5	0.2	1.4	0.1
Calcio (%)	3.7	0.5	3.8	0.4	4.4	0.3
Magnesio (%)	5.0	0.7	3.2	0.5	4.2	0.9
Arena (%)	38.9	1.1	39.2	2.3	36.9	2.6
Arcilla (%)	34.0	1.6	35.2	2.5	40.3	1.8
Limo (%)	27.1	2.0	25.7	2.5	22.8	1.7

T1= transecto 1, T2 = transecto 2, T3 = transecto 3, n = 6, E.E. = error estándar.

Cuadro 3. Cantidad de biomasa (g/m^2 , $n=5$) en los transectos en Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo. y algunas propiedades del suelo ($n=5$) en 2015 en área adyacente al área sembrada con *Bouteloua gracilis* en Julio de 2003.

	T1	E.E.	T2	E.E.	T3	E.E.
Biomasa total	125.6	69.4	15.2	6.7	44.8	9.7
<i>B. gracilis</i>	7.2	2.7	2.4	1.6	8.8	10.9
Mantillo	15.2	6.2	7.2	2.7	12.8	8.8
Otras gramíneas	36.0	6.4	9.6	4.7	20.8	16.0
Hierbas	82.4	65.9	3.2	1.5	15.2	4.6
pH	7.4	0.2	7.6	0.1	7.4	0.3
Cond. Eléctrica mmhos cm^{-1}	0.5	0.1	0.4	0.0	0.5	0.1
Mat. Orgánica (%)	1.7	0.1	1.5	0.1	2.0	0.7



Calcio (%)	3.7	0.2	4.0	0.5	4.3	2.5
Magnesio (%)	4.2	0.4	3.3	1.1	4.1	2.5
Arena (%)	47.2	1.3	48.7	0.7	50.2	4.0
Arcilla (%)	33.1	0.9	30.7	0.8	27.6	2.8
Limo (%)	19.7	0.8	20.6	0.6	22.2	2.0

T1= transecto 1, T2 = transecto 2, T3 = transecto 3, n = 6, E.E. = error estándar.

Literatura Citada

- Archer, S., W. MacKay, J. Mott, E. Nicholson, M. Pando Moreno, M.L. Rosenzweig, N.M. Seligman, N.E. West, and J. Williams. 1999. Arid and semiarid-land community dynamics in a management context. In: T.W. Hoekstra and M. Shachak (eds.). *Arid Lands Management. Toward Ecological Sustainability*. University of Illinois Press. Chicago IL. USA. pp. 48-74.
- Briske, D.D. and A.M. Wilson. 1980. Drought effects on adventitious root development in blue grama seedlings. *Journal of Range Management* 33: 323-327.
- Castellanos Pérez, E., R. Gutiérrez Luna, J.J. Quiñones Vera, C.M. Valencia Castro, J.J. Martínez Ríos, J. Santos Serrato Corona y E.E. Luján Machado. 2008. Siembra del zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) en un área abandonada al cultivo en Durango. *Agrofaz* 8 (2):27-33.
- Holecheck, J.L., R.D. Pieper, and C.H. Herbel. 1998. *Range Management. Principles and Practices*. Second edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ. 526 p.
- 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.
- Lauenroth, W.K., O.E. Sala, D.G. Milchunas, and R.W. Lathrop. 1987. Root dynamics of *Bouteloua gracilis* during short-term recovery from drought. *Functional Ecology* 1:117-124.
- NOM-021-SEMARNAT. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/021.pdf>.
- Society for Range Management. 1986. *Range research: Basic problems and techniques*. W. Cook and J. Stubbendieck (eds.). Published by the Society for Range Management. Denver Co. USA.
- Weaver, J.E. 1926. *Root development of field crops*. McGraw Hill Book Company Inc. New York, New York. <http://soilandhealth.org/wp-content/uploads/01aglibrary/010139fieldcroproots/010139ch4.html>



COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE ESPECIES FORRAJERAS BAJO DIFERENTES FRECUENCIAS DE CORTE EN LA ÉPOCA SECA EN YUCATÁN

YIELD COMPONENTS OF SPECIES FORAGES UNDER DIFFERENT FREQUENCIES AT THE TIME DRY IN YUCATAN

Javier E. Castillo¹, Rosendo A. Alcaraz¹, Francisco Villanueva², Javier F. Enríquez³ y Víctor R. Can⁴

¹C.E. Mocochoá-INIFAP, ² C.E. Santiago Ixcuintla-INIFAP, ³ Campo Experimental La Posta-INIFAP, ⁴ Instituto Tecnológico de Tizimín. ¹ Campo Experimental Mocochoá Km. 25.5 Antigua Carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, México. C.P. 97454. Tel: 01800-088-22-22. *castillo.javier@inifap.gob.mx

Resumen

El objetivo fue evaluar las características productivas de 15 especies forrajeras de crecimiento amacollado dos frecuencias de corte 35 y 42 días (d), en la época de seca, en el oriente de Yucatán. Las especies forrajeras evaluadas fueron diez cultivares del género *Panicum* tales como: Tanzania, Aruana, Likoni, Atlas, CIAT 16051, CIAT 16061, Guinea Común, Mombaza, Vencedor y Massai; cuatro del género *Brachiaria*, entre ellos Insurgente, Yacaré, MG5, Mulato II y uno del género *Paspalum*, el Suerte. Cada variedad fue establecida aleatoriamente en parcelas de 8 m² (4 m de largo x 2 de ancho), con un área útil de 1.2m². Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela mayor fueron los cultivares (n=15) y la parcela menor, las frecuencias de corte (35 y 42d), cada tratamiento contó con tres repeticiones. En general todas las variables evaluadas presentan diferencias significativas. El cultivar CIAT 16061 presentó la mayor altura (51.1 cm) y rendimiento de materia seca con valor de 8,801 kg ha⁻¹ con incremento de rendimiento de forraje de 322 %, respecto a los demás cultivares evaluados con una media de 2,732 kg MS ha⁻¹. El mayor rendimiento de forraje fue, a los 42 días con 3,480 kg MS ha⁻¹, comparado con 2,795 kg MS ha⁻¹ a los 35 días. El cultivar CIAT 16061, presenta características sobresalientes de adaptación, productividad y persistencia para contribuir a la alimentación de los animales en pastoreo en la zona Oriente del Estado de Yucatán.

Abstract

The objective was to assess the productive characteristics of 15 more growing forage species two frequencies 35 and 42 days (d), in the time of dry, in the East of Yucatan. The forage species evaluated were ten cultivars of the genus *Panicum* such as: Tanzania, Aruana, Likoni, Atlas, CIAT 16051, CIAT 16061, common Guinea, Mombasa, Victor and Massai; four of the genus *Brachiaria*, including insurgent, Jacare, MG5, Mulato II and one of the genus *Paspalum*, the luck. Each variety was randomly established in plots of 8 m² (4 m long x 2 wide), with a useful area of 1.2m². We used a completely randomized design with arrangement of split plots, where the main plot were cultivars (n = 15) and the lower plot, cutting frequencies (35 and 42d), each treatment had three replicates. In general all of the variables evaluated show significant differences. The cultivar of CIAT 16061 presented the highest (51.1 cm) and dry matter yield value of 8,801 kg ha⁻¹ with 322% forage yield increased, with respect to the other cultivars evaluated with an average of 2,732 kg DM ha⁻¹. The higher forage yield was, at 42 days with 3,480 kg DM ha⁻¹, compared to 2,795 kg DM ha⁻¹ at 35 days. It cultivate CIAT 16061, presents features outstanding of adaptation, productivity and persistence to contribute to the power of them animals in grazing in the area east of the State of Yucatan.

Palabras clave: *Panicum*, *Brachiaria*, *Paspalum*, Altura, Rendimiento, Materia, hoja.



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 (Mejía *et al.*, 2010). 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.

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 información del rendimiento y potencial productivo de los forrajes que permitan usar esta información en los sistemas actuales de alimentación.

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. Las especies forrajeras evaluadas fueron diez cultivares del género *Panicum* tales como: Tanzania, Aruana, Likoni, Atlas, CIAT 16051, CIAT 16061, Guinea Común, Mombaza, Vencedor y Massai; cuatro del género *Brachiaria*, entre ellos Insurgente, Yacaré, MG5, Mulato II y uno del género *Paspalum*, el Suerte, en dos frecuencias de corte (35 y 42 días) durante la época de seca (del 9 de marzo al 1° de junio) de 2016. Se establecieron del 1° de octubre de 2015 al 25 de febrero de 2016, con un corte de homogenización el 9 de marzo. Cada variedad fue establecida aleatoriamente en parcelas de 8 m² (4 m de largo x 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 (frecuencias de corte), se formó al dividir a la mitad, quedando dividida de 4 m² (2 m de largo x 2 de ancho). Empezando con 35 días (d) de corte en un extremo y 42 d de corte en el extremo opuesto. La altura de corte se realizó a 15 cm. Los muestreos se realizaron en los dos surcos centrales de cada mitad, quedando 4 plantas por subparcela con un área útil de 1.2m². Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande



fueron los cultivares ($n=15$) y la subparcela las frecuencias de corte (60 y 90 días), cada tratamiento contó con tres repeticiones. Los datos generados, fueron analizados mediante el paquete estadístico SAS (SAS, 2009). Las variables de respuesta fueron : altura promedio de planta (cm), Rendimiento Total de materia seca (kg MS ha^{-1}), Hoja (%), Tallo (%) y Cobertura aérea (%). La medición de altura, se realizó en las cuatro plantas centrales por parcela. El rendimiento total de materia seca (MS), se realizó cosechando 1.2 m^2 y se secó hasta adquirir un peso constante en una estufa de aire forzado por 72 horas a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. 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 edad de crecimiento, al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. La medición de cobertura basal, se realizó en la base del tallo de las cuatro plantas centrales en cm.

Resultados y Discusión

El comportamiento agronómico y productivo de los diferentes cultivares por efecto de las frecuencias de corte, se presenta en el cuadro 2: En general todas las variables evaluadas presentan diferencias significativas ($P<0.05$).

Cuadro 1. Parámetros Agronómicos de diferentes cultivares de pastos tropicales bajo dos frecuencias de corte en la época seca.

Cultivar	Altura (cm)	Kg de MSHa ⁻¹	Hoja (%)	Cobertura Basal (cm)	Cobertura Aérea (%)
Tanzania	97.93±7.5a	5806±1153abcde	44.793±4.3edf	9.417±1.4a	99.33±12a
Insurgente	56.2±7.5bcd	11095±1153ab	34.197±4.3ef	8.333±1.4a	69±12a
Aruana	73.07±7.5abc	4471±1153cde	30.073±4.3f	9.417±1.4a	100±12a
Suerte	58.47±7.5bcd	7966±1153abc	53.673±4.3bcde	10.5±1.4a	100±12a
Likoni	51.6±7.5cd	2101±1153cde	38.9±4.3edf	7.75±1.4a	61.67±12a
Atlas	45.2±7.5cd	1619±1153de	51.383±4.3bcdef	7.25±1.4a	65±12a
CIAT 16051	32.27±7.5d	1453±1153de	68.62±4.3ab	8.417±1.4a	61.67±12a
CIAT 16061	39.47±7.5cd	2153±1153cde	67.837±4.3abc	8.75±1.4a	82.67±12a
Yacaré	101.67±7.5a	7204±1153abcd	45.517±4.3cdef	8.583±1.4a	100±12a
MG5	92.33±7.5ab	6567±1153abcde	42.503±4.3edf	7.083±1.4a	95±12a
Mulato	111.67±7.5a	12243±1153a	50.397±4.3bcdef	9.083±1.4a	100±12a
Guinea	106.67±7.5a	5153±1153abcde	37.76±4.3edf	8.083±1.4a	88.33±12a
Mombaza	111±7.5a	4713±1153cde	60.173±4.3bcd	7.167±1.4a	96.67±12a
Vencedor	44.87±7.5cd	1244±1153de	49.63±4.3bcdef	9.333±1.4a	69±12a
Massai	27.8±7.5d	946±1153e	88.987±4.3a	11.5±1.4a	61.67±12a

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

El cultivar CIAT 16061 presentó la mayor altura (51.1 cm), respecto a los demás y el pasto Suerte el de menor altura con 28.2 cm. Se destaca el mayor rendimiento de materia seca para el cultivar CIAT 16061, con valor de $8,801 \text{ kg ha}^{-1}$ con incremento de rendimiento de forraje de 322 %, respecto a los demás cultivares evaluados con una media de $2,732 \text{ kg MS ha}^{-1}$. El mayor porcentaje de hoja lo presentó el cultivar Suerte, con 89 %, siendo similar ($P>0.05$) a los cultivares Tanzania, Yacaré, MG5, Mulato, Guinea, Mombaza y Massai cuyos valores fluctúan entre de 78 a 89 %,

mientras que el contenido de tallos fue superior ($P < 0.05$) en Likoni, Altas y Vencedor con valores que fluctúan entre 43 y 54 %. La mayor cobertura basal fue para CIAT 16061 con 15.6 cm y fue similar a la mayor cantidad de cultivares evaluados, excepto los pastos Insurgente, MG5 y Guinea con valores de 11.1 a 11.4 cm. La mayor cobertura aérea fue para CIAT 16061 con 89 % y similar a Vencedor con 68.6 %, lo cual se debe a que pertenecen a su mismo género *Panicum*, lo cual difiere a lo reportado por Enríquez et al. (2013) para Mombaza, Insurgente y Mulato en la época de seca con valores promedio de 80%, por debajo a los presentados y sin ser diferentes entre sí.

En cuanto al efecto de las frecuencias de corte, la altura, porcentaje de hoja y cobertura aérea de los pastos, fueron similares durante la época de seca evaluada ($P > 0.05$), tal como se observa en el cuadro 2, con valores promedio de 34.5 cm, 72.5%, y 51.1 % respectivamente. Mientras que para rendimiento de forraje, muestra un producción de materia seca superior ($P < 0.05$) con valor de 3,480 kg MS ha⁻¹ a los 42 días, comparado con 2,795 kg MS ha⁻¹ a los 35 días, valores por encima y diferentes a los reportados por López et al. (2012) a los 35 y 42 días con 1,405 y 958 kg MS ha⁻¹ para los pastos Mombaza, mulato e Insurgente, ya que reporta mayor rendimiento a los 35 días.

Cuadro3. Efecto de la edad de corte sobre las características productivas de forrajes con crecimiento amacollado.

Frecuencias de Corte	Altura (cm)	Kg msha ⁻¹	Hoja (%)	Cobertura Basal (cm)	Cobertura Aérea (%)
35 días	34±0.9a	2795±182.7b	72±1.2a	12.5±0.3b	53±1.7a
42 día	35±0.9a	3480±182.7a	73±1.2a	13.4±0.3a	49±1.7a

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

Conclusiones

El cultivar CIAT 16061, presenta características sobresalientes de adaptación, productividad y persistencia 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 y nortes, con la finalidad de emitir recomendaciones sólidas sobre su manejo y utilización bajo condiciones de pastoreo.

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. IV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales.
- Enríquez, Q. J. F., Juárez, L. F., Montero, L. M., López, G. I. Núñez, H. G. y Cab, J. F. 2013. Producción de forraje de cinco especies de gramíneas con fertilización+ riego y manejo tradicional, en las épocas de nortes y seca en Veracruz.
- López, G. I., García, T. B., Montero, L. M., López, Y. y Rueda., B. L. 2012. Rendimiento de forraje de seis gramíneas cosechadas a cuatro frecuencias de corte en clima AW1. Segunda Reunión Internacional conjunta de manejo de pastizales y producción Animal.
- SAS Institute Inc. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide, Second Edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.



CURVA DE RADIOSENSIBILIDAD (DL₅₀) EN PASTO ROSADO [*Melinis repens* (WILLD.) ZIZKA], CON RADIACIÓN GAMMA DE CO⁶⁰

RADIOSENSIBILITY CURVE (LD₅₀) ON NATAL GRASS [*Melinis repens* (WILLD.) ZIZKA], WITH CO⁶⁰ GAMMA RADIATION

Raúl Corrales-Lerma¹, Carlos R. Morales-Nieto¹, Alan Álvarez-Holguín¹, Alfonso Carrasco-Ponce¹
y Brenda L. Sánchez-Prieto¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1. Código postal 31000. Chihuahua, Chihuahua. México. morales_nieto_c_r_@hotmail.com; rulo.corr.ler@gmail.com

Resumen

El objetivo fue determinar la curva de radiosensibilidad (DL₅₀) en germinación y desarrollo del pasto rosado (*Melinis repens*), utilizando C⁶⁰ como agente radioactivo. Se utilizó semilla silvestre recolectada en el estado de Chihuahua. Las dosis de irradiación consistieron en 0 (T-0), 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 Gray (Gy). La prueba de germinación se condujo en condiciones de laboratorio y las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (% GE) e índice de velocidad de germinación (Ivge). La emergencia y desarrollo de plantas, se realizó en condiciones de invernadero. En esta etapa se evaluaron las variables: largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), altura de forraje (AF) y concentración de clorofila (CC). Los datos se analizaron con el programa SAS 9.1.3[®] mediante Análisis de Tendencia y ANOVA con la prueba de Dunnett para comparación de medias. Las dosis 150, 200, 250, 300 y 350 Gy, presentaron menor (p<0.001) % GE que T-0. El menor (p<0.001) Ivge se presentó con la semilla sometida a 250, 300 y 350 Gy. La semilla irradiada con 100 y 150 Gy presentó mayor (p<0.001) LH, AF y CC. Con 350 Gy se obtuvo menor (p<0.001) LH, AF y CC. Se determinó DL₅₀ en semilla de pasto rosado con las dosis 250 y 300 Gy para % GE e Ivge, respectivamente. La LH, AF y CC se incrementaron con dosis de 100 y 150 Gy.

Palabras clave: radiosensibilidad, inducción de variabilidad, mejoramiento de pastos.

Abstract

The aim was to determine the radiosensitivity curve (LD₅₀) in germination and development of natal grass (*Melinis repens*), using CO⁶⁰ as radioactive agent. Wild seed collected in the state of Chihuahua was used. The irradiation dose consisted of 0 (T-0), 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300 and 350 Gray (Gy). The germination test was conducted under laboratory conditions and evaluated variables were: germination percentage (GE%) and germination speed index (GeSI). The emergence and development of plants was carried out under greenhouse conditions and the variables evaluated in this stage were: leaf length (LL), leaf width (LW), forage height (FH) and chlorophyll concentration (CC). Data were analyzed with SAS program 9.1.3[®] by Trend Analysis and ANOVA with Dunnett's test for comparison of means. The doses 150, 200, 250, 300 and 350 Gy, had lower (p <0.001) than GE% T-0. The lower (p <0.001) GeSI was presented with the seed under 250, 300 and 350 Gy. The seed irradiated with 100 and 150 Gy showed higher (p <0.001) LH, AF and CC. With 350 Gy was obtained lower (p <0.001) LH, AF and CC. For natal grass seed, LD₅₀ was determined with doses 250 and 300 Gy for GE and Ivge%, respectively. LH, AF and CC increased with doses of 100 and 150 Gy.

Keywords: radiosensitivity, induction of variability, improved pasture.



Introducción

El Co^{60} puede provocar cambios en la estructura del genoma en pastos, a su vez ser utilizado para determinar la curva de radiosensibilidad o dosis letal media (DL_{50}) en germinación y desarrollo de pastos. Algunos isotopos radiactivos han sido utilizados en el mejoramiento genético de diferentes cultivos para inducir mutaciones (Ángeles-Espino *et al.*, 2013). Las variaciones genéticas definen el potencial para evolucionar ante cambios ambientales y perpetuar la especie; en consecuencia, la generación de variabilidad es fundamental para el mejoramiento genético (Rosenberg *et al.*, 2012). El pasto rosado [*Melinis repens* (Willd.) Zizka] es una gramínea nativa de Sudáfrica, considerada como una de las especies invasoras más agresivas en el norte de México. Por su alto contenido de lignina, este pasto es de baja digestibilidad y se clasifica como una de las especies más invasoras en pastizales (Melgoza *et al.*, 2014). La biodiversidad vegetal se sustenta por la cantidad y variedad de especies que conforman un ecosistema.

Cuando un individuo es sometido a radioactividad, a medida que ésta aumenta, regularmente se presentan cambios negativos o degenerativos. En dosis bajas de radiación ionizante, los impactos sobre la estructura del ADN son mínimos, mientras que con altas dosis, el genoma sufre múltiples impactos y puede ser causal de muerte celular (Thole *et al.*, 2011). Por esta razón, el primer paso para inducir mutaciones con radiaciones ionizantes, es determinar la curva de radiosensibilidad o dosis letal media (DL_{50}). En semillas, la DL_{50} está relacionada con la concentración de radiación absorbida y se obtiene cuando la sobrevivencia es del 50% en la población expuesta. Morela *et al.* (2002) señalaron que con esta proporción existe mayor frecuencia de mutaciones útiles para programas de mejoramiento genético. En el mismo sentido, otros investigadores coinciden que a través de radiaciones gamma en distintas especies vegetales, se puede determinar la curva de radiosensibilidad como punto de partida para realizar mejoramiento (Ángeles-Espino, 2013). Para el caso específico de gramíneas silvestres establecidas en zonas áridas y semiáridas, se desconocen trabajos de investigación en mejoramiento genético para inducir mutagénesis con radiación gamma. Por lo anterior, el objetivo fue determinar la DL_{50} en la germinación y desarrollo de pasto rosado.

Materiales y Métodos

Se irradió semilla silvestre de pasto rosado en el Complejo MOSCAMED de SENASICA-SAGARPA en Metapa de Domínguez, Chiapas, México en colaboración con el Campo Experimental Rosario Izapa, Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). El germoplasma utilizado se recolectó en agostaderos de los municipios de Chihuahua, General Ángel Trías y Belisario Domínguez del estado de Chihuahua. Las dosis de irradiación consistieron en 0 (T-0), 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300 y 350 Gray (Gy) y se utilizó un irradiador panorámico Gamma Beam 127 MDS Nordion, con fuente de almacenamiento de 50 g de cobalto 60 (Co^{60}) en seco. La prueba de germinación se llevó a cabo en laboratorio. Las pruebas de emergencia y desarrollo de plantas se realizaron bajo condiciones de invernadero.

Para la prueba de germinación se utilizaron cajas Petri provistas de algodón y papel filtro con 50 semillas por caja y cuatro repeticiones por dosis. Las cajas Petri fueron colocados en una incubadora Precision Scientific model 6M a temperatura de $28 \pm 2^\circ\text{C}$. La prueba se realizó bajo un diseño completamente al azar, con una duración de 15 días (d) y humedad a capacidad de campo. El porcentaje de germinación (% GE) se evaluó realizando conteos diarios y se consideró semilla germinada cuando la plúmula o radícula fue igual o mayor a 5.0 mm de longitud. El índice de



velocidad de germinación (Ivge) se obtuvo con la ecuación sugerida por González-Zertuche y Orozco-Segovia (1996).

El desarrollo de plantas se evaluó en invernadero con plantas emergidas de semilla irradiada con las mismas dosis que en la prueba de germinación. El experimento se condujo bajo un diseño experimental en bloques completos al azar con 10 repeticiones por tratamiento. Cada repetición consistió en una planta establecida 21 d después de la siembra. Las macetas fueron bolsas negras de polietileno de 25 cm de altura por 10 cm de diámetro perforadas en la parte inferior. Las bolsas se llenaron con 21-22 cm de suelo franco-arenoso de origen aluvial. Los riegos se suministraron a capacidad de campo durante 16 semanas que duró la prueba (verano y otoño de 2015), desde la fecha de siembra hasta el corte de biomasa aérea. Las variables evaluadas fueron: largo de hoja (LH), ancho de hoja (AH), altura de forraje (AF) e índice de concentración de clorofila (CC).

Los datos se analizaron bajo el procedimiento GLM, mediante análisis de tendencia, ANOVA y comparación de medias con la prueba de Dunnett, utilizando el paquete SAS 9.1.3[®] (SAS, 2006).

Resultados y Discusión

La Figura 1a muestra el % GE en la semilla sometida a diferentes concentraciones de radiación gamma con Co⁶⁰, donde se encontró efecto por dosis de irradiación ($p < 0.001$). Los resultados muestran una tendencia lineal ($p < 0.001$). Los tratamientos 10, 50 y 100 Gy no presentaron diferencia ($p > 0.05$) en % GE con respecto al testigo (T-0). Las dosis de irradiación 150, 200, 250, 300 y 350 Gy, presentaron menor ($p < 0.001$) % GE que la semilla sin irradiar. La DL₅₀ para % GE se encontró a los 250 Gy.

Al incrementar la dosis de irradiación gamma, los efectos se manifestaron con un decremento en el % GE de pasto rosado y la DL₅₀ fue encontrada a los 250 Gy. Estos resultados coinciden con Ariramana *et al.* (2014) quienes en una prueba de germinación en semilla de frijol de palo (*Cajanus cajan*; leguminosa utilizada para el consumo humano) la cual fue irradiada con Co⁶⁰ y encontraron la DL₅₀ a 250 Gy en una prueba que duró 15 d. Bharathi *et al.* (2013) al tratar una solanácea medicinal conocida como oroval o ashwagandha (*Withania somnifera*), encontraron la DL₅₀ a los 250 Gy en % GE a los 15 d. En semilla de lisianto (*Eustoma grandiflorum*) irradiada con Co⁶⁰, Santos-Pérez (2013) encontró en esta planta ornamental la DL₅₀ a 200 Gy para % GE entre 15 y 30 d. Lo anterior puede ser un indicador para que semillas con características semejantes a estas especies, sean sometidas a estas dosis de radiación gamma. Algunos estudios sugieren que la DL₅₀ es el primer paso para el mejoramiento vegetal por mutagénesis, ya que determina el rango más efectivo de mutaciones (Morela *et al.*, 2002; Ángeles-Espino, 2013).

En la Figura 1b se presenta la velocidad de germinación en semilla de pasto rosado irradiada con diferentes concentraciones de radiación gamma. Se encontró efecto ($p < 0.001$) por dosis de irradiación. Se observó un incremento en la rapidez para germinar con dosis de 10, 50, 100 y 150 Gy y un descenso en las dosis desde 200 hasta 350 Gy. A diferencia del % GE, la DL₅₀ para Ivge fue con la dosis de irradiación a 300 Gy. Estudios similares reportan que en semilla de soya, De la Fé (2000) aplicó dosis entre 0 y 480 Gy con radiación gamma con Co⁶⁰ y encontró una tendencia cuadrática, ya que a los 280 Gy obtuvo la mayor velocidad de germinación entre el tercer y noveno día. Melki y Marouani (2010) midieron velocidad de germinación en semilla de trigo irradiada con Co⁶⁰ en dosis de 0, 10, 20 y 30 Gy, sin obtener diferencia entre tratamientos. Lo anterior, puede ser un indicador para que semillas ortodoxas con características similares a estas especies, sean consideradas para someterse a este rango de irradiación gama (Co⁶⁰).

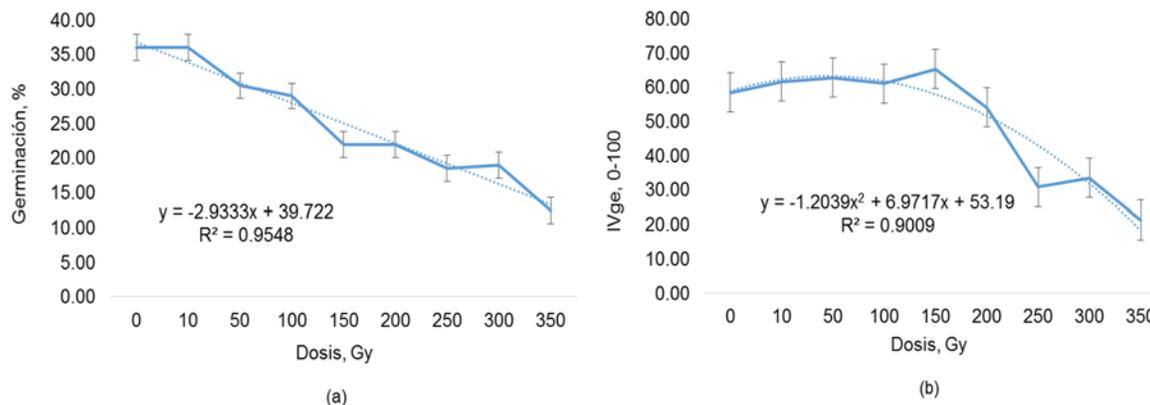


Figura 1. Porcentaje y velocidad de germinación (medias \pm error estándar) de pasto rosado (*Melinis repens*), con semilla sometida a diferentes dosis de radiación gamma con cobalto 60. Gray= Gy. Ivge= índice de velocidad de germinación. 0-100= escala del Ivge.

Las dosis 10, 50, 100, 150 y 200 Gy no presentaron diferencia ($p > 0.05$) en Ivge con respecto al T-0. Por el contrario, semilla irradiada a 250, 300 y 350 Gy fue más lenta ($p < 0.001$) para germinar, comparada con la sometida al resto de las dosis de irradiación.

En la Figura 2 se observa el comportamiento de las variables morfológicas de plantas de pasto rosado producidas con semilla irradiada con Co^{60} . Se encontró efecto ($p < 0.001$) en LH con una tendencia cuadrática ($p < 0.001$). Las hojas de las plantas de semilla irradiada con dosis de 250, 300 y 350 Gy fueron más cortas ($p < 0.001$) que las de T-0. Los tratamientos 10, 50, 100 y 150 Gy no mostraron diferencia ($p > 0.05$) con T-0 en LH (Figura 2a). En AH no se presentaron diferencias ($p > 0.05$) entre dosis de irradiación, con una tendencia lineal descendiente (Figura 2b). Para la variable AF se encontró efecto por dosis de irradiación ($p < 0.001$) con tendencia cuadrática ($p < 0.001$). Las plantas de la semilla irradiada con las dosis 100 y 150 Gy, mostraron mayor ($p < 0.001$) AF que las plantas de semilla sin irradiar. Por otra parte, la dosis con 350 Gy mostró menor ($p < 0.001$) AF que T-0 (Figura 2c).

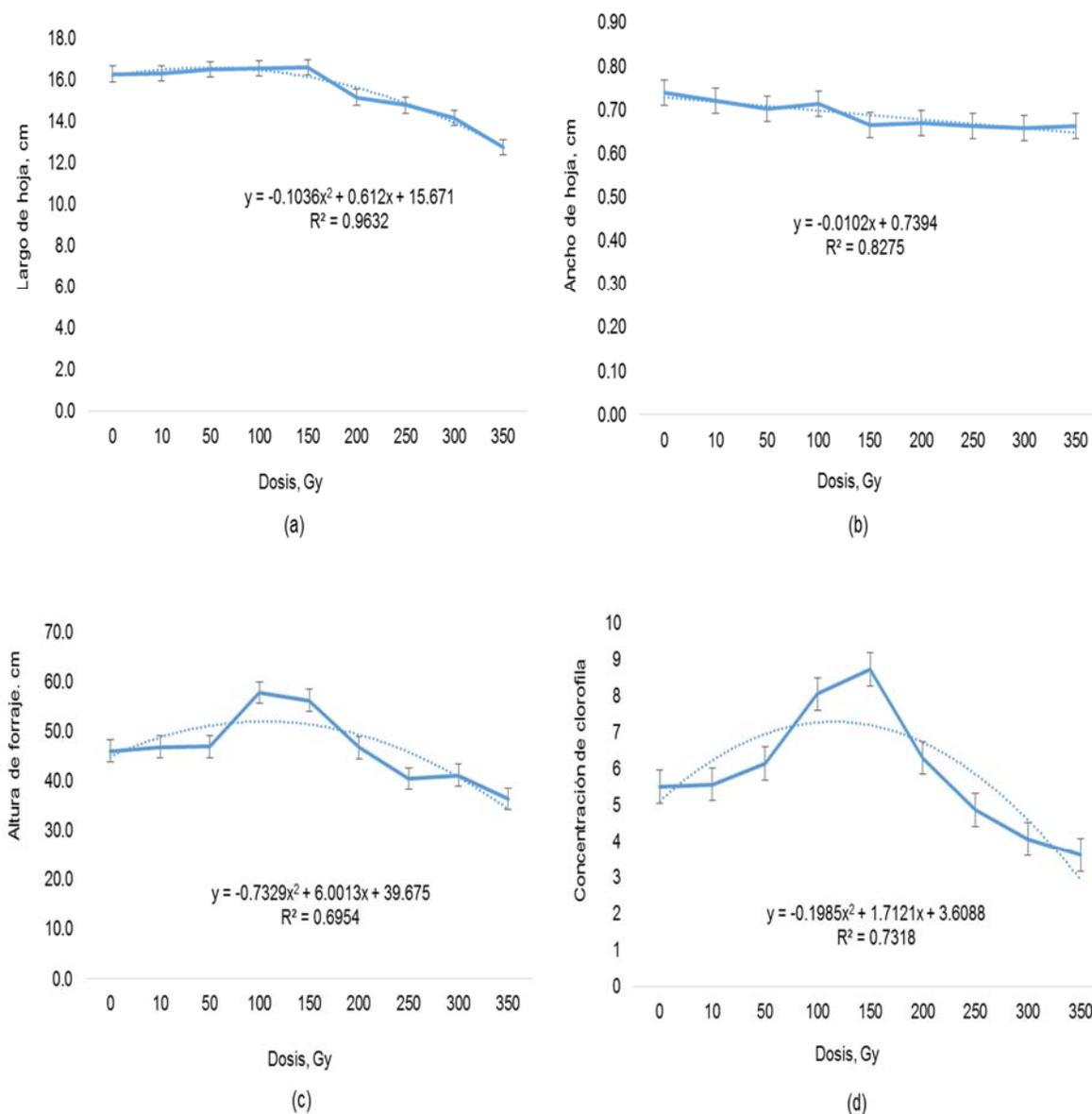


Figura 2. Comportamiento de variables morfológicas e índice de concentración de clorofila (medias \pm error estándar) en pasto rosado (*Melinis repens*), con semilla sometida a diferentes dosis de radiación gamma con cobalto 60. Gray= Gy

Para las variables evaluadas en invernadero no se encontró DL_{50} . Sin embargo, la radiación provocó algunas diferencias. Por ejemplo, se observó una tendencia en el incremento de LH hasta los 150 Gy, no obstante, la tendencia disminuyó a 200 Gy a medida que las dosis se incrementaron. Para la variable AH no se presentaron diferencias estadísticas; no obstante, se observó una tendencia lineal decreciente. En este sentido, se esperaría que a medida que la dosis de irradiación aumentara, el AH disminuyera con respecto al T-0 y encontrar la DL_{50} con altas dosis. Además, se obtuvo que en AF las dosis de 100 y 150 Gy favorecieron el crecimiento de forraje, pero al incrementar las dosis se afectó negativamente esta variable a partir de los 200 Gy.



En un estudio de radiosensibilidad con rayos gamma, Lemus *et al.* (2002) reportaron que la variedad A-4 de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) no se vio afectada con dosis de 0 a 300 Gy; sin embargo, a partir de 400 Gy el número de hojas por planta disminuyó significativamente. Lemus *et al.* (2002) irradiaron semilla de dos variedades de frijol caupí (TC 9-6 y A-4) con dosis de 0 a 750 Gy con Co^{60} ; de 300 Gy en adelante fue donde la altura de plantas en ambas variedades disminuyó significativamente.

La irradiación de semilla presentó efecto ($p < 0.001$) en la CC de las plantas y una tendencia cuadrática ($p < 0.001$). Además, las plantas de la semilla irradiada con 350 Gy registraron menor ($p < 0.001$) CC que las plantas de la semilla sin irradiar (Figura 2d). La CC se incrementó con las dosis de 100 y 150 Gy, no obstante, al aumentar la intensidad de radiación gamma en semilla de pasto rosado, disminuyó la CC a partir de los 200 Gy. Aun así, 350 Gy no fueron suficientes para encontrar la DL_{50} . Krishna *et al.* (1984) irradiaron semilla de pasto rodhes (*Chloris gayana*) con Co^{60} a dosis de 0 a 900 Gy y reportaron que al aumentar la intensidad de rayos gamma, se incrementó la cantidad de mutaciones en el espectro de la clorofila (albina, xantha, chlorina, viridis, tigrina, striata, albo-xantha y albo-viridis). En el presente estudio, la CC mostró un comportamiento similar a Ivge y AF; cabe resaltar que fue en estas tres variables donde la semilla irradiada con 100 y 150 Gy, favorecieron la producción de forraje. En general, estas dosis coincidieron en la tendencia para hacer más eficiente el comportamiento de las variables LH, Ivge, AF y CC. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se infiere que la radiosensibilidad puede ser un factor que provoca cambios metabólicos capaces de promover o inhibir reguladores de crecimiento a nivel celular, dependiendo de la cantidad de radiación nuclear (Krishna *et al.*, 1984).

Conclusiones

Se determinó la DL_{50} en pasto rosado para % GE e Ivge. En las variables morfológicas no se encontró DL_{50} con las dosis de irradiación aplicadas a la semilla de pasto rosado. Sin embargo, se encontraron incrementos en valores de LH, AF y CC, consideradas variables con interés productivo. Conocer la radiosensibilidad del pasto rosado permite continuar estudios de mejoramiento genético y facilitar la obtención de nuevo material de interés económico y ecológico.

Literatura Citada

- Ángeles-Espino, A., A. J. Valencia-Botín, G. Virgen-Calleros, C. Ramírez-Serrano, L. Paredes-Gutiérrez, y S. Hurtado-De la Peña. 2013. Determinación de la dosis letal (DL_{50}) con Co^{60} en vitroplántulas de Agave tequilana var. Azul. *Rev Fitotec Mex* 36 4:381-386.
- Ariramana, M., S. Gnanamurthy, D. Dhanavelb, T. Bharathi and S. Murugan. 2014. Mutagenic effect on seed germination, seedling growth and seedling survival of Pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp). *International Letters of Natural Sciences* 21:41-49.
- Bharathi, T., S. Gnanamurthy, D. Dhanavel, S. Murugan, and M. Ariraman. 2013. Induced Physical mutagenesis on seed germination, lethal dosage and morphological mutants of ashwagandha (*Withania somnifera* (L.) Dunal). *International Journal of Advanced Research* 1 5:136-141.
- De la Fé C., M. Romero, R. Ortiz, y M Ponce. 2000. Radiosensibilidad de semillas de soya a los rayos gamma ^{60}Co . *Cultivos Tropicales* 21 2:43-47.
- González-Zertuche, L, y A. Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: Manfreda Brachystachya. *Bol. Soc. Bot. México* 58:15-30.
- Krishna, G., G. Shivashankar, and J. Nath. 1984. Mutagenic response of rhodes grass (*Chloris gayana* KUNTH.) to gamma rays. II. Studies on second (M_2) generation parameters. *Euphytica* 33 2:517-524.



- Lemus, Y., J. F. Méndez-Natera, J. F. Cedeño, y V. Otahola-Gómez. 2002. Radiosensibilidad de dos genotipos de frijol [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] a radiaciones gamma. *Revista UDO Agrícola* 2:22-28.
- Melki, M, and A. Marouani. 2010. Effects of gamma rays irradiation on seed germination and growth of hard wheat. *Environ Chem Lett.* 8:307-310.
- 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.
- Morela, F., V. González, S. Castroni, E. Díaz, y L. Castro. 2002. Efecto de la radiación gamma sobre la diferenciación de plantas de caña de azúcar a partir de callos. *Agron Trop* 52 3:311-323.
- Rosenberg, S. M., C. Shee, R. L. Frisch, and P. J. Hastings. 2012. Stress-induced mutation via DNA breaks in *Escherichia coli*: A molecular mechanism with implications for evolution and medicine. *Bioessays* 34:885-892.
- Santos-Pérez, U. I. 2013. Inducción de mutaciones foliares en lisianthus (*Eustoma grandiflorum*) utilizando agentes mutagénicos físicos y químicos. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Montecillo Texcoco, Edo. de México.
- SAS Institute Inc. 2006. Statistical Analysis System 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Thole, V., A. Peraldi, B. Worland, P. Nicholson, J. H. Doonan, and P. Vain. 2012. T-DNA mutagenesis in *Brachypodium distachyon*. *Journal of Experimental Botany* 63 2:567-576.



PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE LOS PASTOS INSURGENTE Y MULATO CON FERTILIZACIÓN Y RIEGO VS MANEJO TRADICIONAL, EN VERACRUZ

FORAGE PRODUCTION OF INSURGENTE AND MULATO GRASSES WITH FERTILIZATION AND IRRIGATION VS TRADITIONAL MANAGEMENT, IN VERACRUZ

Javier F. Enríquez^{1*}, José F. Villanueva², Francisco E. Cab³ y Maribel Montero¹.

¹ C. E. La Posta, CIRGOC, INIFAP, ² C. E. El Verdineño, CIRPAS-INIFAP.

³ Instituto Tecnológico Superior de Alvarado (ITSAV).

Autor para correspondencia: enriquez.javier@inifap.gob.mx

Resumen

El objetivo fue comparar el efecto de la fertilización + riego (F+R) vs manejo tradicional (MT), de los pastos Insurgente *Brachiaria brizantha* y Mulato *Brachiaria* híbrido, sobre el rendimiento de forraje durante el año, en clima cálido subhúmedo. Las parcelas midieron 12.5 m² con 1 m² de área de muestreo. Se fertilizó con la dosis 250 60, kg ha⁻¹ de N y P, se aplicó todo el P y 25 kg de N ha⁻¹ después de cada corte; el riego por goteo se aplicó dos veces por semana en las épocas de nortes y seca. Se determinó el rendimiento de materia seca (MS), cosechada cada 35 días. El Diseño experimental fue en Bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas donde la parcela grande fueron los pastos y la chica el manejo tradicional y fertilización + riego: con tres repeticiones. Los resultados indican que no hubo diferencias (P>0.05) en producción de forraje entre los dos pastos evaluados, pero si hubo diferencias (P<0.05) en el manejo ((F+R vs MT) en donde los resultados del tratamiento con fertilización y riego fue diferente en todos los cortes realizados, así como entre épocas de evaluación. La producción anual acumulada fue de 23,876 vs 7,365 kg ha⁻¹ de materia seca para Insurgente y de 27,007 vs 7,210 kg ha⁻¹ para Mulato, con (F+R) y (MT), respectivamente, lo cual es una ventaja palpable del uso de esta tecnología para incrementar la producción de biomasa forrajera y alimentar un mayor número de animales por hectárea.

Palabras clave: Fertilización, riego, materia seca, Insurgente, Mulato.

Introducción

En el trópico mexicano, uno de los principales problemas del ganado en pastoreo es la subalimentación, en esta región la producción de leche y carne de bovino se basa fundamentalmente en el pastoreo y en donde la producción y calidad del forraje tiene un efecto directo sobre la producción animal ya que es la principal fuente de energía y proteína. Diversos factores afectan la producción y calidad del forraje, los más importantes son la especie y variedad del mismo, estado fenológico al momento de la cosecha, fertilidad del suelo, las 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 (Ortega et al., 2009). En el estado de Veracruz, en los últimos años se ha incrementado la oferta nuevas especies y cultivares de pastos, algunos de ellos incluidos el Insurgente *Brachiaria brizantha* y Mulato *Brachiaria* híbrido, se dispone de poca información técnica sobre su adaptación y productividad bajo cierto tipo de manejo, por lo que la necesidad de



seleccionar la especie idónea acompañada de las prácticas agronómicas para cada región, es un requisito indispensable para mantener la más alta productividad de la empresa ganadera (Enríquez *et al.*, 2011). Así mismo, factores ambientales adversos como bajas temperaturas, alta nubosidad, vientos fuertes, días más cortos que ocurren de noviembre a febrero (época de nortes); al igual que la escasa o nula disponibilidad de humedad en el terreno por falta de lluvias de marzo a mayo, (época seca), son factores que repercuten en un menor desempeño en el crecimiento de las plantas. Situación que limita el desarrollo del ganado en la región central del golfo de México. Por lo anterior, el objetivo del presente, fue evaluar la producción de forraje de los pastos Insurgente y Mulato con fertilización + riego (F+R) y sin fertilización ni riego o manejo tradicional (MT) durante un año.

Materiales y Métodos

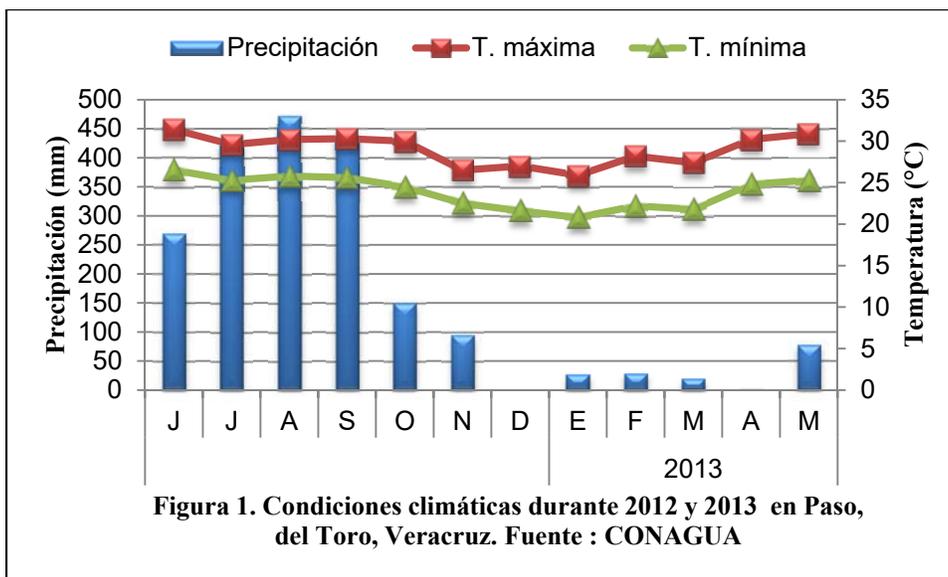
Esta prueba se llevó a cabo en el campo experimental “La Posta” de Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19° 02' de latitud Norte con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el clima en el área de influencia de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1337 mm, con 1379 mm de evaporación. La altitud es de 16 m.s.n.m. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor del 2.6 %. Se evaluaron los pastos Insurgente *Brachiaria brizantha* y Mulato *Brachiaria híbrido* y el efecto de la fertilización + riego (F+R) vs manejo tradicional (MT). Las parcelas tuvieron dimensiones de 12.5 m², con un área de muestreo 1 m², para cada uno de los tratamientos. Las gramíneas recibieron una fertilización de 250-60-00, kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, P y K, de los cuales, se aplicaron 25 kg ha⁻¹ de N al inicio de la época de lluvias después del corte de uniformización, posteriormente se aplicaron 25 kg de N después de cada corte, el fósforo se aplicó en una sola ocasión al inicio de la época de lluvias. De diciembre a mayo, a las parcelas fertilizadas se les aplicó riego por goteo dos veces por semana procurando dejar el suelo a capacidad de campo. La cosecha se realizó cada 35 días a una altura de corte de 15 cm del suelo para ambas especies. Se tomó una submuestra de 200 g de cada parcela, las cuales se secaron en una estufa de aire forzado a 55 °C hasta peso constante. Variables medidas: Producción de materia seca por corte, estacional y anual de los pastos Insurgente y Mulato. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la especie forrajera y la subparcela el manejo (F+R) vs (MT). La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS 2002 y para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey con una P < 0.05.

Resultados y Discusión

La precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron en 2012 y 2013, durante el periodo experimental, se muestran en la Figura 1. Durante el año se registró una precipitación de 2002 mm, de los cuales en la época de lluvias se acumularon 1753 mm, en nortes 152 mm y en la época seca 97 mm, ocurridos en un periodo de 145 (junio a octubre), 105 (noviembre a febrero) y 105 días (marzo a mayo), respectivamente, lo que se reflejó en la producción de los pastos evaluados. Las variaciones en la temperatura también fueron importantes, particularmente en los meses de diciembre a febrero, tiempo durante el cual ocurren bajas temperaturas en promedio mensual con 20.8 °C que ocurrieron en enero y promedio mensual de temperatura máximas de 31.4 registrados



en junio, las cuales influyen de manera positiva o negativa hasta cierto punto, en el crecimiento de los pastos.



La producción de biomasa por corte se muestra en el Cuadro 1, en donde se observa que no hubo diferencias ($P>0.05$) entre los pastos evaluados en los cortes realizados, es decir estos pastos tuvieron una respuesta similar en el ambiente en que fueron evaluados.

Cuadro 1. Producción de materia seca (kg/ha) por corte de dos especies de pastos, en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

Cultivar	Corte 1	Corte 2	Corte 3	Corte 4	Corte 5	Corte 6	Corte 7	Corte 8	Corte 9	Corte 10
Insurgente	1836a	1346a	1241a	1327a	1785a	1439a	1303a	1434a	1965a	1942a
Mulato	3169a	1024a	1524a	1574a	1650a	1579a	1277a	1243a	2070a	1996a

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P\leq 0.05$).

En el Cuadro 2 se agrupan los resultados obtenidos para cada uno de los tratamientos por época, en donde hubo diferencias ($P<0.05$) entre los dos tratamientos y épocas, los resultados se presentan para cada uno de los pastos de manera individual, en donde se aprecia que para Insurgente el efecto de la fertilización y el riego fue significativo en la época de nortes y seca y para el total acumulado, mientras que para el pasto Mulato, las diferencias entre las prácticas de manejo fueron en todas las épocas del año. De manera general se aprecia un incremento sustancial en la producción de forraje de ambos pastos por el efecto de la F+R, ya que en el total acumulado el pasto Insurgente produjo 224 % más forraje que el tratamiento MT. Mientras que el Mulato, tuvo una respuesta superior con una producción del 274 %, con relación al MT.

**Cuadro 2. Producción de materia seca (kg/ha) estacional de dos especies de pastos, en Paso del Toro, Veracruz.**

Especie	Lluvias	Nortes	Seca	Total
Insurgente + FR	6,909 a	7,114 a	9,852 a	23,876 a
Insurgente MT	4,592 a	1,942 b	830 b	7,365 b
Mulato + FR	10,089 a	6,990 a	9,927 a	27,007 a
Mulato MT	4,493 b	2,021 b	694 b	7,210 b

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

La respuesta en la producción de forraje de los pastos evaluados sobre la práctica de fertilizar y regar en la época de nortes y seca, contra el manejo tradicional, sin realizar ninguna de esas dos practicas se presenta en el Cuadro 3, en donde se observan diferencias ($P < 0.05$) entre los dos manejos de la pradera, prácticamente en todas las épocas del año y de manera contundente en la producción acumulada. Lo anterior hace evidente que el suelo en el cual se desarrolló la prueba requiere de la aportación de nutrimentos para que los pastos manifiesten su potencial de producción de biomasa, y esto, sumado al suministro de agua, en las épocas en que ocurre un déficit de humedad por falta de precipitación, situación que magnifica más el rendimiento de las especies, lo que 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, en la época de nortes y seca, el tratamiento tradicional sin fertilización ni riego, el crecimiento se restringió ampliamente tal como lo han documentado (Enríquez y Romero, 1999; Meléndez *et al.*, 2006), quienes indican que las bajas temperaturas, días más cortos, alta nubosidad y la falta de precipitación, propician disminución en el crecimiento de los pastos y bajas tasas de crecimiento, situación que predomina y provoca la escases de forraje para el ganado en pastoreo durante las épocas de nortes y seca.

Cuadro 3. Respuesta de la fertilización y riego en la producción de forraje (kg/ha) por época y anual en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

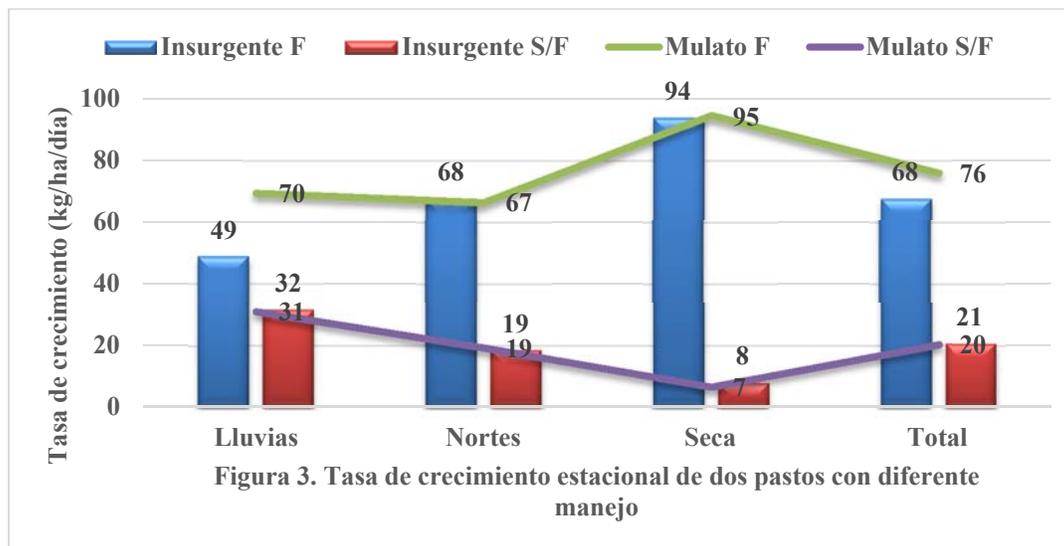
Tratamiento	Épocas del año			Total acumulado
	Lluvias	Nortes	Seca	
Fertilizado	8,499 a	7,052 a	9,889 a	25,441 a
Sin fertilizar	4,542 b	1,982 b	762 b	7,287 b
% de incremento	87	255	1097	219

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

En la Figura 2, se observan las tasas de crecimiento ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) de los pastos por época del año, es de destacar la similitud en la tendencia de ambos pastos en la producción de forraje, cuando no se someten a la aportación de fertilizante y riego en épocas de escasez de humedad, con valores sumamente bajos con relación a la las prácticas de manejo a que fueron sometidas estas especies,



en donde se aprecia un comportamiento similar en ambos pastos, posiblemente porque ambos pastos son del mismo tienen un origen similar, ya que el Insurgente es progenitor del pasto Mulato.



Conclusiones

La fertilización + el riego produjo incrementos de 87, 255 y 1097 %, en las épocas de lluvias, nortes y seca, respectivamente, y 219 % considerando todo el año, con relación al manejo tradicional, sin fertilizar y sin riego, estas prácticas de manejo incrementan la producción de forraje particularmente en las épocas de mayor deficiencia de forraje para la alimentación animal.

Literatura Citada

- Enríquez Q.J.F. y Romero M. J. 1999. Tasa de crecimiento estacional a diferentes edades de rebrote de 16 ecotipos de *Brachiaria* spp. en Isla, Veracruz. *Agrociencia* 33(2):141-148.
- Enríquez Q.J.F., Meléndez N.F., Bolaños A.E.D. y Esqueda E.V. 2011. Producción Y Manejo De Forrajes Tropicales. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental La Posta. Libro Técnico Núm. 28. Veracruz, México. 404 p.
- García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Meléndez N.F., González M.J.A, y Pérez P.J. 2006. Manejo tecnológico del pasto Estrella Africana en el trópico. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tab., México 79 p.
- Ortega R.L., Enríquez Q.J.F., López G.I. Producción Sustentable De Forrajes Tropicales. En: Román PH, L Ortega R, L Hernández A, E Díaz A, JA Espinosa G, G Núñez H, R Vera A, M Medina C y FJ Ruiz L (comps). 2009. Producción de leche de bovino en el sistema de doble propósito. Libro Técnico Núm. 22. INIFAP. CIRGOC. Veracruz, México. 2009. 19- 49.
- SAS. SAS User's Guide: Statistics (version 9.0 ed.). Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. (2002).
- Adams, M. 1995. Fundamentos de química de suelos Universidad Central de Venezuela Consejo de Desarrollo Científico y Humanismo.



EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ECOTIPOS DE *Brachiaria brizantha* PROCEDENTES DE ÁFRICA, PARA EL TRÓPICO VERACRUZANO

EVALUATION AND SELECTION OF ECOTYPES OF *Brachiaria brizantha* FROM AFRICA TO THE TROPICS VERACRUZANO

Javier F. Enríquez^{1*}, José F. Villanueva² y Maribel Montero¹.

¹ C. E. La Posta, CIRGOC, INIFAP, ² C. E. El Verdineño, CIRPAC-INIFAP.

Resumen

El objetivo fue evaluar la adaptación y selección preliminar de diferentes genotipos de *Brachiaria brizantha*, en clima cálido subhúmedo. Se evaluaron 13 genotipos de *B. brizantha* procedentes del Banco de germoplasma del International Livestock Institute (ILRI) de África. Los materiales se establecieron en parcelas de 5 m lineales con una distancia entre plantas de 1 m y entre parcelas de 2 m en bloques completos al azar. Las plantas se desarrollaron originalmente en vivero y posteriormente fueron trasplantadas a campo. Se midió la producción de forraje cada 60 días (seis cortes) hasta completar un año. Se determinó porcentaje de: proteína, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y lignina. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar y cada planta se consideró como repetición y la comparación de medias con la prueba de Tukey. La producción del forraje acumulado tuvo rangos de 755 a 1724 g MS⁻¹ por planta, el más bajo correspondió al ecotipo 13499D, y el más alto para 13545D, el cual fue similar a los ecotipos 14809D, 13758D y 13456D. Hubo diferencias en composición química para todas variables con contenidos contrastantes entre épocas. Los valores más altos de proteína (16 %) se obtuvieron en la época seca, y en lluvias (8.55%), para los ecotipos 13151D y 13497D, respectivamente. Las variaciones para la época de lluvias fueron de 5.01 a 8.55 %, mientras que en época seca los valores fueron 11 vs 16 %. Se concluye que los genotipos con mayor rendimiento de forraje fueron: 13545D, 14809D, 13758D y 13456D.

Palabras clave: *Brachiaria brizantha*, ecotipos, materia seca, adaptación.

Introducción

El género *Brachiaria* spp. tiene una amplia diversidad genética natural, de la cual se encuentran colecciones en los bancos de germoplasma de al menos siete instituciones de investigación en el mundo, con un total de 687 accesiones de 21 especies (Keller-Grein *et. al* 1996). En una evaluación de 343 accesiones, Do Valle (1990) logró seleccionar 12 de ecotipos por su desempeño agronómico (mayor producción de materia seca foliar y resistencia a salivazo), los cuales fueron considerados como materiales clave que pudieran ser utilizados como progenitores para realizar mejoramiento genético o bien en evaluaciones bajo pastoreo para explorar su capacidad productiva con posibilidades de ser liberados en el mercado. Vallejos *et al.* (1989 a) evaluaron una colección de 136 ecotipos que incluían 10 especies del género *Brachiaria* en donde se encontraron fuertes diferencias en rendimiento de materia seca, relación hoja tallo, contenido de proteína cruda, digestibilidad in vitro, altura y cobertura y tolerancia a plagas y enfermedades entre los ecotipos en estudio, reduciendo dicha colección a 32 ecotipos promisorios de seis especies. Lo anterior, confirma las bondades y ventajas de evaluar colecciones monoespecíficas de germoplasma en un ecosistema determinado ya que esto permite obtener un avance sustancial en el proceso de selección. La investigación que se ha realizado en los últimos años en esta especie va encaminada a la selección de nuevos ecotipos, dada la diversidad natural que se ha colectado en sus centros de



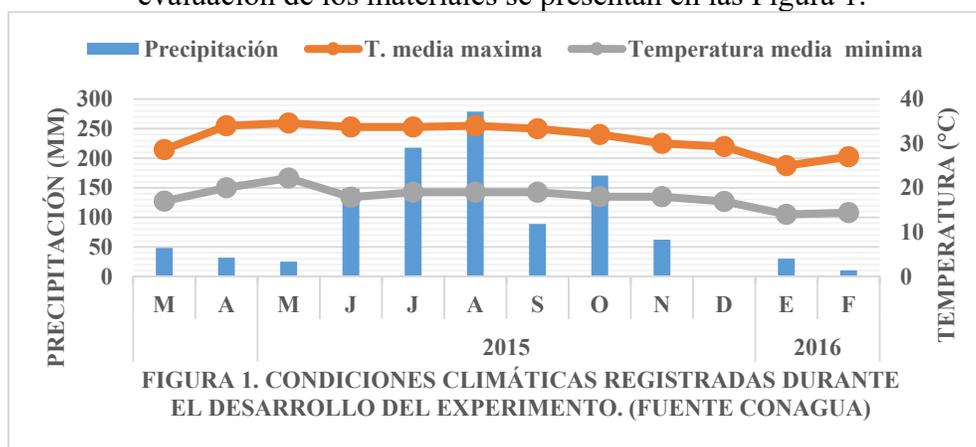
origen de las cuales se tienen alrededor de 400 ecotipos de *B. brizantha* conservados en los diferentes bancos de germoplasma de diversas instituciones de investigación a nivel mundial Keller-grein *et al.*, (1998). El objetivo es identificar materiales “elite” con mayor adaptación al ambiente, tolerancia a plagas y enfermedades rendimiento de forraje.

Materiales y métodos

Esta prueba se llevó a cabo en el campo experimental “La Posta” de Paso del Toro, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19° 02' de latitud Norte con el meridiano 96° 08' de longitud Oeste. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el clima en el área de influencia de “La Posta”, corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media de 25.4°C y precipitación de 1337 mm, con 1379 mm de evaporación. La altitud es de 16 m.s.n.m. Los suelos son clasificados como vertisoles, con pH ácido de 5.4, textura arcillosa y con un contenido de materia orgánica, de alrededor del 2.6 %. Los materiales en evaluación fueron 13 ecotipos *Brachiaria brizantha*, recolectados en su centro de origen en diferentes países de África los cuales forman parte de la colección del Banco de Germoplasma del ILRI (International Livestock Research Institute), ubicado en Etiopía. Las plantas se sembraron en charolas de poliestireno y posteriormente se trasplantaron a bolsas de vivero, las cuales una vez iniciado el temporal fueron establecidas seis plantas en un surco a una distancia de 1 m entre plantas y 2 m entre parcelas. El 3 de marzo de 2015 se realizó un corte de uniformización de los pastos y se midió la producción de forraje cada 60 días (seis cortes) hasta completar un año de evaluación, El corte se realizó a una altura de 15 cm sobre el nivel del suelo. Se cosecho toda la planta para determinar producción de materia seca por planta. Se consideraron a cada una de las tres plantas muestreadas como una repetición. Se procesaron muestras de planta completa en laboratorio para determinar el porcentaje de: proteína, Fibra detergente neutro y fibra detergente ácido y lignina con las técnicas comunes de laboratorio. Se utilizó un diseño e bloques completos al azar y la comparación de medias en los casos pertinentes se utilizó la prueba de Tukey.

Resultados y Discusión

La precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron en el sitio experimental durante la evaluación de los materiales se presentan en las Figura 1.





La precipitación total registrada fue de 1113 mm, con una distribución normal de acuerdo a los meses del año, pero inferior en 200 a 250 mm, con relación al promedio general reportado para esta localidad. Las variaciones en la temperatura también fueron importantes, particularmente en los meses de diciembre a febrero, en el mes de enero se registró la temperatura media más baja de 14 °C y las temperaturas media más alta del mes se registraron en mayo con 34.6 °C. Tanto la distribución de la precipitación como las variaciones de temperaturas registradas fueron similares a los promedios registrados para esta localidad, por lo que podría considerarse como un año normal.

Producción de forraje. - En el Cuadro 1, se muestra la producción de materia seca de los ecotipos de *B. brizantha* en donde se tuvieron diferencias ($P < 0.05$) entre ecotipos en tres de los seis cortes realizados y en el acumulado anual. En general la producción de forraje vario de corte a corte entre ecotipos, lo que fue de acuerdo a la época del año y la disponibilidad de humedad en el suelo, las horas sol y la temperatura. La producción del forraje acumulado tuvo rangos de 755 a 1724 g MS⁻¹ por planta, con el valor más alto para el ecotipo 13545D, el cual fue similar a los ecotipos 14809D, 13758D y 13456D, mientras que el más bajo fue el ecotipo 13499D. Cabe señalar que estas variaciones en la producción de forraje son reflejo de las diferencias entre genotipos, los cuales muestran su potencial de producción acordes a un determinado ambiente en el cual se desarrollan, lo que permite seleccionar a los más sobresalientes en cuanto a producción de biomasa.

Cuadro 1. Producción de materia seca (g/planta) de diferentes ecotipos de *B. brizantha* en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

No. Ecotipo ILRI	MSC1	MSC2	MSC3	MSC4	MSC5	MSC6	MSTOT
14809D	367 abc	328 a	368 ab	319 a	159 a	58 a	1598 a
13368D	236 bc	104 a	413 ab	187 ab	134 a	17 a	1091 ab
13497D	149 c	196 a	407 ab	135 b	220 a	58 a	1163 ab
13758D	193 bc	273 a	593 ab	181 b	232 a	39 a	1512 a
13584D	302 abc	317 a	561 ab	112 b	62 a	23 a	1378 ab
13545D	406 ab	274 a	642 ab	160 b	194 a	47 a	1724 a
13151D	501 a	252 a	316 ab	101 b	138 a	53 a	1361 ab
13346D	231 bc	223 a	562 ab	89 b	161 a	60 a	1325 ab
13456D	206 bc	148 a	672 a	160 b	187 a	83 a	1456 a
16550D	128 c	215 a	550 ab	180 b	234 a	100 a	1408 ab
13462D	223 bc	296 a	378 ab	124 b	151 a	58 a	1231 ab
13653D	218 bc	315 a	396 ab	108 b	157 a	90 a	1231 ab
13499D	133 c	121 a	197 b	144 b	105 a	54 a	755 b

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

La producción de forraje no es la única variable de interés para seleccionar un pasto, también es importante conocer su composición química ya que se deben de seleccionar materiales que reúnan la mayor cantidad de atributos, que estén reunidos en una sola planta. Al respecto en el Cuadro 2, se puede observar que hubo diferencias ($P < 0.05$) en la composición química entre épocas, Los contenidos de proteína fueron superiores en la época de seca, mientras que los valores de FDA y FDN mostraron valores superiores en la época de lluvias, y una situación inversa a la anterior, se obtuvo en los contenidos de lignina, con mayor acumulación en la época seca. Los valores de proteína de la época seca fueron superiores con relación a los de lluvias 16 vs 8.55 %, para los



ecotipos 13151d y 13497, respectivamente. Las variaciones para la época de lluvias fueron de 5.01 a 8.55 %, mientras que en época seca los valores fueron 11 vs 16 %. Cabe señalar que en contenido de proteína destaca el ecotipo 13151D en ambas épocas de evaluación, pero no estuvo entre los más sobresalientes en la producción de biomasa.

Cuadro 2: Composición química de ecotipos de *B. brizantha* en dos épocas del año en la localidad de Paso del Toro, Veracruz.

No. Ecotipo ILRI	Época de Lluvias				Época de Secas			
	PC	FDN	FDA	LIGN	PC	FDN	FDA	LIG
14809D	7.41 ab	73 bcde	40 ab	6.9 a	12 abc	68 abc	36 b	8.5 abcd
13368D	7.41 ab	70 d	38 ab	4.5 cd	13 abc	61 e	28 c	6.5 d
13497D	8.55 a	76 abc	34 b	4.6 cd	11 bc	69 abc	35 bc	7.4 abc
13758D	7.78 ab	71 cde	39 ab	4.9 bcd	10 c	72 ab	35 bc	7.8 abcd
13584D	7.82 ab	76 abc	40 ab	5.1bcd	13 abc	62 de	31 bc	7.0 bcd
13545D	7.57 ab	73 abcd	39 ab	4.9 bcd	13 abc	64 cde	30bc	7.2 bcd
13151D	7.87 a	77 ab	40 ab	5.9 abc	16 a	69 abc	33 bc	7.8 abcd
13346D	7.20 ab	75 abcd	40 ab	6.3 ab	14 abc	68 abc	31 bc	9.4 ab
13456D	7.45 ab	78 a	42 ab	5.5 abc	15 ab	72 ab	35 bc	10.0 a
16550D	7.70 ab	72 bcde	43 a	4.5 cd	14 abc	67 bcd	32 bc	8.5 abcd
13462D	6.5 ab	75 abcd	42 ab	5.6 abc	13 abc	68 abc	34 bc	9 abc
13653D	6.74 ab	745 abcd	39 ab	4.8 cd	13 abc	68 abc	36 b	8.7 abc
13499D	7.35 ab	70 e	34 b	3.9 d	14 abc	68 abc	36 b	9 abc
Mixe	5.01 b	75 abcd	38 ab	5.0 bcd	13 abc	73 a	55 a	9.4 ab

Medias en la misma columna con Diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

Conclusiones

Los genotipos más destacados en esta evaluación preliminar fueron: *B. brizantha* 13545D, 14809D, 13758D y 13456D, los cuales pueden seleccionarse para pruebas avanzadas de selección.

Literatura Citada

- Do Valle, C. 1990. Selecao e melhoramento de gramineas do genero Brachiarias perspectivas de lancamento. In: Peres R.M.; Alcantara, P.B.; Justo, C.; Tolfo, E.; Camargo, C. L.C.; Pereira, C.A.; Salvador, P.R.; Saes, J.M.; Silva- Filho, J.P.; Mecelis, N.R.; Silva, A.F.; Geraldi-Junior, G.; Chagas, P.D.; Favoretto, V.; Santos, Filho, L.; (eds) Encontro sobre producao de sementes de plantas forrageiras 4, Sao Jose do Rio Preto Brasil. 1990. 16 p.
- García E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana). 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 p.
- Keller-Grein G. Mass., L., B. y Hanson., J. 1996. Natural variation in Brachiaria Species In: J.W. Miles, B.L. Mass and C.B. do Valle. (eds.) Brachiaria Biology, Agronomy, and Improvement. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT publication n° 259) pp. 16-42.
- Vallejos, A.; Pizarro, E.A; Chávez, C.; Pezo, Dy Ferreira, P. 1989. Evaluación agronómica de Gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1 Ecotipos de Brachiaria. Pasturas Tropicales. 11 (2) 2-9.



**PLANTAS DE PASTIZALES DEL RANCHO GANADERO “REAL DE MAZAPIL”,
ZACATECAS.
RANGE PLANTS OF THE “REAL DE MAZAPIL”, CATTLE RANCH, ZACATECAS,
MEXICO.**

Ricardo Vásquez¹, Jesús Valdés², José Ángel Villarreal³
(1,2,3) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México
Contacto: Ricardo Vásquez. Correo electrónico: rvaldape@hotmail.com

Objetivo

El trabajo se efectuó para respaldar el inventario, evaluación y diagnóstico del estado productivo de los sitios de pastizal del rancho, y planificar las prácticas de manejo o de rehabilitación, como parte de un “Programa de Manejo de Pastizales”.

Materiales y Métodos

Se utilizaron: tijeras, prensas botánicas, etiquetas de campo, secadora de plantas, piolet, bolsas de plástico, cámara fotográfica, cartulina blanca. El método y frecuencia de colecta y toma de fotografías se vinculó a las fechas de trabajo para determinar y evaluar los sitios de pastizal del rancho de 15,000 Ha, localizado en la “Cuenca de San Tiburcio”, Zacatecas, cubriendo las etapas de floración y fructificación de las plantas en las cuatro estaciones de los años 2006 y 2007.

Resultados

En dos años de trabajo se determinaron 13 sitios de pastizal y, además, la flora del rancho se integró en una lista de plantas agrupadas en 42 familias, 128 géneros, y 190 especies, longevidad, origen, tipo biológico, época de crecimiento, importancia económica/valor forrajero y manejo. 2. Se elaboró un documento en Power Point con datos taxonómicos e imágenes de cada especie.

Conclusiones

Se representa la diversidad florística, en Word y en Power Point, para respaldar el manejo del pastizal del rancho, asistir técnicamente a un ganadero privado y generar información de utilidad para técnicos, estudiantes e investigadores de la región.

Palabras clave: plantas, pastizales, rancho, ganadero, programa

Introducción

Generalmente, en todo trabajo de inventario, evaluación, diagnóstico del estado de los recursos de un rancho o ejido ganadero, las plantas presentes en el pastizal, al menos las más comunes e importantes, son elementos imprescindibles a incorporar. Son de igual importancia al momento de dictaminar las prácticas de rehabilitación o, simplemente de conservación, que le devuelvan o mantengan al pastizal en el estado productivo deseable. Complementariamente, el conocimiento de estas respecto a su taxonomía básica, como familia, género y especie, además de su nombre común en la región, su longevidad, origen y valor forrajero, son aspectos por demás necesarios para interpretar lo “bueno” o lo “malo” que está ocurriendo en los diferentes sitios de pastizal del rancho, o del ejido. Por lo anterior, su colección y enlistado deberán ser parte obligada del Programa



de Manejo de Pastizales que se esté revisando, o elaborando de manera inicial, como ha sido en el presente trabajo.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el Rancho “Real de Mazapil”, que comprende los predios conocidos regionalmente como “Santa María (24°18' 07'' latitud norte, y 101° 44'38.7'', longitud oeste), San José de los Lobos (24° 13' 52.6'', latitud Norte, y 101° 49'59'', longitud oeste), “El Poder de Dios” y “La Gloria”, municipio de Mazapil, Zacatecas (Hernández, 2008), dentro de la región ecológica conocida como “Cuenca de San Tiburcio” (Moyeda *et al.* 1979). Tiene a los ejidos “El Venado”, “El Cardito” y “La Gruñidora” como predios colindantes.

Se utilizaron materiales y métodos comunes para elaborar colecciones de plantas de uso ganadero, como son: prensas botánicas, secadora de plantas (algunas veces al sol), piolet, etiquetas, bolsas de plástico, cámara fotográfica. La colecta se efectuó en cada viaje de trabajo para determinar y evaluar los sitios de pastizal del rancho, lo que permitió cubrir las etapas de floración y fructificación de las plantas en las cuatro estaciones, a lo largo de los dos años que duró el trabajo.

Resultados y Discusión

Se determinaron 13 sitios de pastizal en una extensión de 15,000 Ha del rancho, de donde se integró una lista que agrupa 42 familias, 113 géneros, y 190 especies de plantas (Anexo 1) complementada con un documento en Power Point con imágenes (propias y complementadas de diferentes fuentes) de cada especie, para fines de respaldar el estudio de tales plantas por el propietario, su familia, trabajadores y productores, investigadores, prestadores de servicios, etc., de la región.

Conclusiones

Entre otros servicios, se generó una colección, una lista de especies considerada como exhaustiva, y un documento en Power Point, complementarios a la evaluación de los sitios de pastizal. para determinar la capacidad de carga de ganado bovino y al diseño de un sistema de pastoreo para el rancho, como parte inicial de un “Programa de Manejo de Pastizales”, para un rancho ganadero extensivo, en el municipio de Mazapil, Zacatecas, México.

Literatura Citada

Hernández A., Rolando. 2008. Programa de Manejo de Pastizales. Rancho Real de Mazapil, Zacatecas. Tesis de licenciatura. UAAAn. Saltillo Coah.

Moyeda, D. A., J. Gutiérrez, R. Nava, y M. Mellado. 1979. Intensidad de pastoreo y producción de leche caprina en la zona árida del norte de Zacatecas. 390. p.



SOMMAP

Anexo 1. Lista de especies de plantas Rancho Ganadero “Real de Mazapil”, municipio de Mazapil, Zacatecas

R. Vásquez Aldape, José Ángel Villarreal Quintanilla y Jesús Valdés Reyna

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.

Fecha: 2007

No.	Familia	Género	Especie	Nombre Común	L	O	Tipo Biol.	EC	Valor Forrajero	M
1	Agavaceae	<i>Agave</i>	<i>lechuguilla</i>	Lechuguilla	P	N	Su	V	F1-In-Or-Ar	De
2		<i>Agave</i>	<i>scabra ssp. scabra</i>	Magüey áspero	P	N	Su	V	F1-Or-In	De
3		<i>Dasylium</i>	<i>cedrosanum</i>	Sotol	P	N	Ro	V	F1-In-Or-Co-Ar	De
4		<i>Yucca</i>	<i>carnerosana</i>	Palma samandoca	P	N	Au	P	F1-In-Cm	De
5		<i>Yucca</i>	<i>filifera</i>	Palma china	P	N	Ao	P	F1-In-Or-Cm	De
6		<i>Yucca</i>	<i>spp</i>	Palma	----	----	----	P	-----	----
7	Aisoaceae	<i>Sesuvium</i>	<i>verrucosum</i>	Verdolaga salina	P	N	Hi	V	Fo	Md
8	Amaranthaceae	<i>Amaranthus</i>	<i>hybridus</i>	Quelite morado	A	N	Hi	V	F1-Ml-Cm	Id
9		<i>Dicraurus</i>	<i>leptocladus</i>	Encaje	P	N	Au	V	F1	Md
10	Amaryllidaceae	<i>Cooperia</i>	<i>drummondii</i>	Cebolleta	P	N	Bu	V	Fo	Md
11	Asclepidaceae	<i>Asclepias</i>	<i>curassavica</i>	Vientiuñilla	P	N	Hi	V	Fo	Id
12	Asteraceae	<i>Acourtia</i>	<i>nana</i>	Alamillo	P	N	Hi	V	Fo	Md
13		<i>Acourtia</i>	<i>wrightii</i>	Espinosilla	P	N	Hi	V	Fo	Md
14		<i>Ageratina</i>	<i>wrightii</i>	Mota blanca	P	N	Hi	V	Fo	De
15		<i>Ageratum</i>	<i>corymbosum</i>	Mota morada	P	N	Hi	V	Me	Md
16		<i>Ambrosia</i>	<i>confertiflora</i>	Cadillito	P	N	Hi	V	F1-To-Ml	Id
17		<i>Artemisia</i>	<i>klotzschiana</i>	Estafiate	P	N	Hi	V	F2-Me	De
18		<i>Chaetopappa</i>	<i>bellioides</i>	Moradilla	P	N	Hi	V	Fo	Md
19		<i>Conyza</i>	<i>coulteri</i>	Hierba del caballo	A	N	Hi	V	F1-To-Ml	Id
20		<i>Conoclinium</i>	<i>greggii</i>	Mota morada	P	N	Hi	V	Fo	Md
21		<i>Flaveria</i>	<i>anomala</i>	Flaveria unifloral	P	N	Hi	V	Fo	Md
22		<i>Flaveria</i>	<i>trinervia</i>	Flaveria	A	N	Hi	V	Fo	Md
23		<i>Flourensia</i>	<i>cernua</i>	Hojasén	P	N	Au	V	F1-To-Me-Is	Id
24		<i>Gochmatia</i>	<i>hypoleuca</i>	Ocotillo	P	N	Au	V	F4	De-Cl
25		<i>Gutierrezia</i>	<i>sarothrae</i>	Escobilla	P	N	Hi	V	F1-Is-To	Id
26		<i>Gutierrezia</i>	<i>sphaerocephala</i>	Escobilla anual	A	N	Hi	V	F1-Is	Md
27		<i>Gymnosperma</i>	<i>glutinosum</i>	Mariquita	P	N	Hi	V	To-Is	Md
28		<i>Helianthus</i>	<i>annuus</i>	girasol	A	N	Hi	V	F1-	F1-Ml
29		<i>Heterosperma</i>	<i>pinnatum</i>	H. de dos en dos	A	N	Hi	V	Fo	Id
30		<i>Isocoma</i>	<i>veneta</i>	Tlalocote	P	I	Au	V	To	Id
31		<i>Iva</i>	<i>ambrosiaefolia</i>	Falsa cicutilla	A	N	Hi	V	Fo	Id
32		<i>Machaeranthera</i>	<i>pinnatifida</i>	Árnica del campo	P	N	Hi	V	F1-Me	Md
33		<i>Parthenium</i>	<i>argentatum</i>	Guayule	P	N	Sa	V	F1-In	De
34		<i>Parthenium</i>	<i>confertum</i>	Cicutilla perenne	B-P	N	Hi	V	F1-Ml	Md
35		<i>Parthenium</i>	<i>hysterophorus</i>	Cicutilla anual	A	N	Hi	V	F1-To-Ml	Id
36		<i>Parthenium</i>	<i>incanum</i>	Mariola	P	N	Sa	V	F2	Md
37		<i>Psilostrophe</i>	<i>gnaphalodes</i>	Flor de papel	P	N	Hi	V	To-Ml	Id
38		<i>Sartwellia</i>	<i>mexicana</i>	Flaverilla mexicana	P	N	Hi	V	Fo	Md
39		<i>Senecio</i>	<i>salignus</i>	Senecio	P	N	Au	V	To-Me-Mf	Id
40		<i>Taraxacum</i>	<i>officinale</i>	Diente de león	A-P	I	Hi	V	F2-Me-Ml	Md
41		<i>Thymophylla</i>	<i>acerosa</i>	Hierba del perro	P	N	Hi	V	Fo-Is	In
42		<i>Thymophylla</i>	<i>pentachaeta</i>	Parraleña	P	N	Hi	V	F1-Me	Md
43		<i>Thymophylla</i>	<i>tenuiloba</i>	Hierba del perro	A-P	N	Hi	V	F0	Md
44		<i>Trixis</i>	<i>californica</i>	Falsa jara	P	I	Au	V	Fo	Md
45		<i>Verbesina</i>	<i>encelioides</i>	Hediondilla	A	N	Hi	V	Fo-Ml	Id
46		<i>Verbesina</i>	<i>lanceolata</i>	Hierba áspera	P	N	Hi	V	Fo	
47		<i>Viguiera</i>	<i>dentata</i>	H. del muerto	P	N	Hi	V	F1-Ml-Or	Id
48		<i>Viguiera</i>	<i>stenoloba</i>	Escalerilla	P	N	Au	V	F0	Md
49		<i>Zaluzania</i>	<i>triloba</i>	Altamisa	P	N	Hi	V	F1-Me	Md
50		<i>Zinnia</i>	<i>acerosa</i>	Hierba del burro	P	N	Hi	V	F1-Is	Id
51		<i>Zinnia</i>	<i>anomala</i>	Zinnia	P	N	Hi	V	Fo	Id
52	Boraginaceae	<i>Cryptantha</i>	<i>albida</i>	Pelucilla	A	N	Hi	V	Fo	Md
53		<i>Heliotropium</i>	<i>torreyi</i>	Cola de alacrán	P	N	Hi	V	F1	Md
54		<i>Tiquilia</i>	<i>canescens</i>	Oreja de ratón	P	N	Hi	V	F1-Is	Id
55		<i>Tiquilia</i>	<i>greggii</i>	Oreja de perro	P	N	Hi	V	Fo	Md



56	Brassicaceae	<i>Lepidium</i>	<i>montanum</i>	Pimientera	P	N	Hi	V	Fo	Md
57		<i>Lepidium</i>	<i>virginicum</i>	Lentejilla	A	N	Hi	V	F1-M1	Md
58		<i>Lesquerella</i>	<i>fendleri</i>	Huevona	P	N	Hi	V	F1-Me	Md
59		<i>Sinthlipsis</i>	<i>greggii</i>	Botoncillos	A-B	N	Hi	V	F1	Md
60	Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i>	<i>recurvata</i>	Heno	P	N	Ef	V	F1-Or	Md
61	Burseraceae	<i>Bursera</i>	<i>fagaroides</i>	Bursera	P	N	Au	V	Fo	De
62	Cactaceae	<i>Cylindropuntia</i>	<i>imbricata</i>	Coyonoxtle	P	N	Su	V	F1-Is-Me-Ar	Id
63		<i>Cylindropuntia</i>	<i>leptocaulis</i>	Tasajillo	P	N	Su	V	Fo-Me	Id
64		<i>Cylindropuntia</i>	<i>tunicata</i>	Clavellina	P	N	Su	V	F1	Id
65		<i>Echinocactus</i>	<i>horizonthalonius</i>	Manca caballo	P	N	Su	V	Fo-Or	Md
66		<i>Echinocactus</i>	<i>platyacanthus</i>	Bisnaga burra	P	N	Su	V	In-Or-Cm	De
67		<i>Echinocereus</i>	<i>enneacanthus</i>	Pitayero	P	N	Su	V	F1-Or	De
68		<i>Echinocereus</i>	<i>pectinatus</i>	Cactus arcoiris	P	N	Su	V	Fo-Or	De
69		<i>Ferocactus</i>	<i>stainesii</i>	Bisnaga colorada	P	N	Su	V	Fo-Or-Cm	De
70		<i>Ferocactus</i>	<i>uncinatus</i>	Bisnaga ganchuda	P	N	Su	V	Fo-Or	De
71		<i>Opuntia</i>	<i>bulbispina</i>	Perrito	P	N	Su	V	Fo	Id
72		<i>Opuntia</i>	<i>cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo	P	N	Su	V	F2	De
73		<i>Opuntia</i>	<i>leucotricha</i>	Nopal duraznillo	P	N	Su	V	F1-Co	De
74		<i>Opuntia</i>	<i>microdasy</i>	Nopal cegador	P	N	Su	V	F1	Md
75		<i>Opuntia</i>	<i>rastrera</i>	Nopal rastrero	P	N	Su	V	F1	Md
76		<i>Opuntia</i>	<i>robusta</i>	Nopal tapón	P	N	Su	V	F1	Md
77		<i>Opuntia</i>	<i>stenopetala</i>	Nopal serrano	P	N	Su	V	F1-Or	Md
78	Caryophyllaceae	<i>Drymaria</i>	<i>glandulosa</i>	Drymaria	A	N	Hi	V	Fo	Id
79	Celastraceae	<i>Mortonia</i>	<i>palmeri</i>	Afinador	P	N	Au	V	F1	De
80	Chenopodiaceae	<i>Atriplex</i>	<i>acanthocarpa</i>	Saladillo	P	N	Hi	V	F1	De
81		<i>Atriplex</i>	<i>canescens</i>	Costilla de vaca	P	N	Au	V	F4	De-Cl
82		<i>Atriplex</i>	<i>repens</i>	Saladillo rastrero	P	N	Hi	V	Fo	De
83		<i>Chenopodium</i>	<i>murale</i>	Quelite de puerco	A	I	Hi	I	F2-M1	Id
84		<i>Salsola</i>	<i>iberica</i>	Maroma	A	I	Hi	V	F1-To-M1	Id
85		<i>Suaeda</i>	<i>mexicana</i>	Jauja anual	A	N	Hi	V	Fo	De
86	Convolvulaceae	<i>Cuscuta</i>	<i>glabrior</i>	Fideo	A	N	Hi	P	F1-To	Id
87	Crassulaceae	<i>Echeveria</i>	<i>elegans</i>	Rosa de alabastro	P	N	Hi	V	Or	De
88	Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>schiedeana</i>	Junquillo	P	N	Fz	V	Fo	De
89	Ephedraceae	<i>Ephedra</i>	<i>aspera</i>	Popotillo	P	N	Sa	V	F1-M1	De
90	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>lindheimeri</i>	Hierba del cáncer	P	N	Hi	V	F1	Md
91		<i>Euphorbia</i>	<i>antisyphilitica</i>	Candelilla	P	N	Hi	V	F1-In-Or	De
92		<i>Euphorbia</i>	<i>dentata</i>	Periquitos	A	N	Hi	V	To	Id
93		<i>Euphorbia</i>	<i>serrula</i>	Sonajilla	A	N	Hi	V	Fo	Id
94		<i>Jatropha</i>	<i>dioica</i>	Sangre de drago	P	N	Hi	V	Fo-Me	De
95	Fabaceae	<i>Acacia</i>	<i>constricta</i>	Largoncillo	P	N	Au	V	F2-Is	In
96		<i>Dalea</i>	<i>bicolor</i>	Engordacabra	P	N	Au	V	F3	De-Cl
97		<i>Dalea</i>	<i>frutescens</i>	Engordacabra	P	N	Au	V	F3	De-Cl
98		<i>Eysenhardtia</i>	<i>polystachya</i>	Vara dulce	P	N	Au	V	F4	De
99		<i>Hoffmanseggia</i>	<i>glauca</i>	Coquillo	P	N	Hi	V	F2	De
100		<i>Mimosa</i>	<i>zygophylla</i>	Gatuño	P	N	Au	V	F1	Md
101		<i>Prosopis</i>	<i>glandulosa</i>	Mezquite	P	N	Au	V	F2-Or-Me-Ma-Is	Id
102		<i>Senna</i>	<i>demissa</i>	Pata de vaca	P	N	Hi	V	F1	De
103		<i>Senna</i>	<i>wislizenii</i>	Pinacate	P	N	Au	V	Fo	De
104	Fouquieriaceae	<i>Fouquieria</i>	<i>splendens</i>	Albarda	P	N	Au	P	Co-Or	De
105	Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia</i>	<i>spinosa</i>	Corona de Cristo	P	N	Au	V	F1-Or-Co	De
106	Krameriaceae	<i>Krameria</i>	<i>cytisoides</i>	Chayotillo	P	N	Hi	V	F2	Md
107	Lamiaceae	<i>Salvia</i>	<i>ballotaeflora</i>	Mejorana	P	N	Au	V	F2-Me	De
108		<i>Salvia</i>	<i>greggii</i>	Salvia	P	N	Au	V	Me-Or	De
109		<i>Salvia</i>	<i>reflexa</i>	Chía	A	N	Hi	V	F1-Me-M1	Id
110	Loganiaceae	<i>Buddleja</i>	<i>marrubifolia</i>	Falso marrubio	P	N	Au	V	Fo	De
111	Malvaceae	<i>Anoda</i>	<i>cristata</i>	Violeta del campo	A	N	Hi	V	Fo	Md
112		<i>Sphaeralcea</i>	<i>angustifolia</i>	Hierba del negro	P	N	Hi	V	F1-M1	Id
113		<i>Sphaeralcea</i>	<i>subhastata</i>	Falsa H. del negro	P	N	Hi	V	Fo	Id
114		<i>Malva</i>	<i>parviflora</i>	Malva	A	I	Hi	V	F1-Me-M1-To	Id
115	Oleaceae	<i>Forestiera</i>	<i>angustifolia</i>	Panalero	P	N	Au	V	F2	De
116	Onagraceae	<i>Gaura</i>	<i>coccinea</i>	Linda tarde	A-P	N	Hi	V	Fo	Md
117	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis</i>	<i>glabrifolia</i>	Hierba de la tarde	P	N	Hi	V	Fo	Id
118		<i>Nyctaginia</i>	<i>capitata</i>	Hierba blanca	P	N	Hi	V	F1	Md
119	Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>cembroides</i>	Pino piñonero	P	N	Ao	V	F1-Ma-Or	De
120	Poaceae	<i>Amelochloa</i>	<i>clandestina</i>	Zacate picoso	P	N	Za	V	F2-F3	Md
121		<i>Achnatherum</i>	<i>eminens</i>	Zac. agujilla grande	P	N	Za	V	F1-Is	Md



SOMMAP

122		<i>Aristida</i>	<i>adscensionis</i>	Zac. 3 barb. anual	A	I	Za	V	F1	Md
123		<i>Aristida</i>	<i>curvifolia</i>	Zacate tres barbas	P	N	Za	V	F1	Md
124		<i>Aristida</i>	<i>pansa</i>	Zacate tres barbas	P	N	Za	V	F1	Md
125		<i>Aristida</i>	<i>ternipes</i>	Zacate araña	P	N	Za	V	F1	Md
126		<i>Bouteloua</i>	<i>barbata</i>	Zac. seis semanas	A	N	Za	V	F1-Is	Id
127		<i>Bouteloua</i>	<i>curtipendula</i>	Zacate banderita	P	N	Za	V	F4-Or	De-Cl
128		<i>Bouteloua</i>	<i>dactyloides</i>	Zacate búfalo	P	N	Za	V	F3-Or	De-Cl
129		<i>Bouteloua</i>	<i>eriopoda</i>	Zacate negra	P	N	Za	V	F4	De
130		<i>Bouteloua</i>	<i>gracilis</i>	Zac. navajita azul	P	N	Za	V	F4-Or	De-Cl
131		<i>Bouteloua</i>	<i>karwinskii</i>	Zac San Tiburcio	P	N	Za	V	F2	De-Cl
132		<i>Bouteloua</i>	<i>ramosa</i>	Zacate chino	P	N	Za	V	F3	De-Cl
133		<i>Chloris</i>	<i>virgata</i>	Zacate mota	A	N	Za	V	F1-Ml-Is	Id- Cl
134		<i>Dasyochloa</i>	<i>pulchella</i>	Zacate borreguero	P	N	Za	V	F1-Is	Id
135	Leptochloa	<i>Disakisperma</i>	<i>dubium</i>	Zacate gigante	P	N	Za	V	F2-F3	De
136		<i>Distichlis</i>	<i>spicata</i>	Zacate salado	P	N	Za.	V	F1	Md
137		<i>Enneapogon</i>	<i>desvauxii</i>	Zacate ladera	P	N	Za	V	F1	Md
138		<i>Eragrostis</i>	<i>barrelieri</i>	Zac. disturbio	A	I	Za	V	F1	Id
139		<i>Eragrostis</i>	<i>intermedia</i>	Zac. amor	P	N	Za	V	F2-F3	Md
140		<i>Eragrostis</i>	<i>mexicana</i>	Zacate de agua	A	N	Za	V	F1	Md
141		<i>Eragrostis</i>	<i>neomexicana</i>	Zacate amor	A	N	Za.	V	F1	Md
142		<i>Eragrostis</i>	<i>pectinacea</i>	Zacate apestoso	A	N	Za.	V	F1	Id
143		<i>Erioneuron</i>	<i>avenaceum</i>	Zacate peludo	P	N	Za	V	F1	Md
144		<i>Heteropogon</i>	<i>contortus</i>	Zacate barba negra	P	N	Za	V	F2	De
145		<i>Hilaria</i>	<i>belangeri</i>	Zacate mesquite	P	N	Za	V	F4	De
146	Panicum	<i>Hopia</i>	<i>obtusata</i>	Zacate mesquite	P	N	Za.	V	F2	De
147	Lycurus	<i>Muhlenbergia</i>	<i>phleoides</i>	Zacate lobero	P	N	Za	V	F3	Md
148		<i>Muhlenbergia</i>	<i>porteri</i>	Zacate telaraña	P	N	Za	V	F3	De
149		<i>Muhlenbergia</i>	<i>arenacea</i>	Zacate liendrilla	P	N	Za	V	F1	Md
150		<i>Muhlenbergia</i>	<i>repens</i>	Zacate aparejo	P	N	Za	V	F3-Is	Md
151		<i>Muhlenbergia</i>	<i>tenuifolia</i>	Zac.liendrilla roja	A	N	Za	V	F2	Md
152		<i>Muhlenbergia</i>	<i>villiflora</i>	Z. liendrilla salina	P	N	Za	V	F2	Md
153		<i>Nasella</i>	<i>leucotricha</i>	Zac agujilla blanca	P	N	Za	V	F2	De
154		<i>Panicum</i>	<i>hallii</i>	Zacate rizado	P	N	Za	V	F3-F4	De
155		<i>Scleropogon</i>	<i>brevifolius</i>	Zacate burro	P	N	Za	V	F1-Is	Id-Cl
156		<i>Setaria</i>	<i>geniculata</i>	Zac pajita cerdosa	P	N	Za	V	F3	De
157		<i>Setaria</i>	<i>leucopila</i>	Zac. tempranero	P	N	Za	V	F3	De
158		<i>Setaria</i>	<i>macrostachya</i>	Zac. tempranero	P	N	Za	V	F3	De
159		<i>Setaria</i>	<i>lutescens</i>	Zac. cola de zorra	A	I	Za	V	F2	Md
160		<i>Sporobolus</i>	<i>airoides</i>	Zacatón alcalino	P	N	Za	V	F2-F3	De-Cl
161		<i>Sporobolus</i>	<i>coahuilenses</i>	Z. Cuatrociénegas	A	N	Za	V	F1	De
162		<i>Sporobolus</i>	<i>pyramidatus</i>	Z. salado anual	A	N	Za	V	F1	Md
163		<i>Trichachne</i>	<i>californica</i>	Zac.punta blanca	P	N	Za	V	F3	De
164	Polemoniaceae	<i>Gilia</i>	<i>rigidula</i>	Gilia	P	N	Hi	V	F0	Md
165		<i>Loeselia</i>	<i>scariosa</i>	Huachichile	A-P	N	Hi	V	Me	Md
166	Pteridaceae	<i>Astrolepis</i>	<i>sinuata</i>	Helechillo	P	N	Hi	V	To	Md
167	Ranunculaceae	<i>Clematis</i>	<i>drummondii</i>	Barbas de chivo	P	N	Ht	V	F1-To	Md
168	Resedaceae	<i>Reseda</i>	<i>luteola</i>	Reseda	A	N	Hi	V	F1-In	Id
169	Rhamnaceae	<i>Condalia</i>	<i>ericoides</i>	Tecomblate	P	N	Au	V	F1	Md
170		<i>Ziziphus</i>	<i>lloydii</i>	Junco gris	P	N	Au	V	Fo	Md
171		<i>Ziziphus</i>	<i>obtusifolia</i>	Junco gris	P	N	Au	V	Fo	Md
172	Rosaceae	<i>Lindleya</i>	<i>mespiloides</i>	Barreta negra	P	N	Au	V	F3	De-Cl
173	Rubiaceae	<i>Hedyotis</i>	<i>pygmaea</i>	Chaparrita	P	N	Hi	V	Fo	Md
174	Scrophulariaceae	<i>Castilleja</i>	<i>lanata</i>	Pincel indio	P	N	Hi	V	F2	De
175		<i>Leucophyllum</i>	<i>laevigatum</i>	Cenizo	P	N	Au	V	Fo	De
176		<i>Maurandya</i>	<i>antirrhiniflora</i>	Enredadera	P	N	Hi	V	Fo	Md
177	Solanaceae	<i>Chamaesaracha</i>	<i>coronopus</i>	Falso trompillo	P	N	Hi	V	Fo	Md
178		<i>Datura</i>	<i>quercifolia</i>	Toloache	A	N	Hi	V	To-Me-Ml	Id
179		<i>Lycium</i>	<i>berlandieri</i>	Cilindrillo	P	N	Au	V	F1	De
180		<i>Lycium</i>	<i>leiospermum</i>	Cilindrillo pálido	P	N	Au	V	Fo	Md
181		<i>Physalis</i>	<i>virginiana</i>	Tomatillo	P	N	Hi	V	Fo	Md
182		<i>Solanum</i>	<i>elaegnifolium</i>	Trompillo	P	N	Hi	V	To-Is-Ml	Id
183		<i>Solanum</i>	<i>rostratum</i>	Mala mujer	A	N	Hi	V	F1-Ml	Id
184		<i>Solanum</i>	<i>triquetum</i>	Hierba mora	P	N	Hi	V	Fo	Me
185	Verbenaceae	<i>Citharexylum</i>	<i>brachyanthum</i>	Chile de pájaro	P	N	Au	V	Fo	De
186		<i>Verbena</i>	<i>bipinnatifida</i>	Verbena de Dakota	A	N	Hi	V	Fo	Md
187		<i>Verbena</i>	<i>ciliata</i>	Moradilla	A	N	Hi	V	F1	Md



188	Zygophyllaceae	<i>Kallstroemia</i>	<i>parviflora</i>	Atarraya	A	N	Hi	V	Fo	Md
189		<i>Larrea</i>	<i>tridentata</i>	Gobernadora	P	N	Au	V	To-Me-In-Is F1	Id
190		<i>Peganum</i>	<i>mexicanum</i>	Garbancillo	P	N	Hi	V	F1-To	Id
	42 FAMILIAS	128 GÉNEROS	190 ESPECIES							
Au = Arbusto A=Anual Ao= Arbol Bu=Bulbo Cl =Especie clave Cm= Comestible De =Deseable EC=Época de crecimiento Fo= Valor Forrajero Desconocido F1= V. Forrajero Bajo F2= V. Forrajero Regular F3= V. Forrajero Bueno F4= V. Forrajero Excelente Fz =Falso zacate Hi=Hierba Ht =Hierba trepadora Id = Indeseable Is=Indicadora de sobrepastoreo In=Industrial I=Invierno L=Longevidad Ma=Maderable Md = Menos deseable Me=Medicinal MI=Maleza O=Origen Or=Ornamental Pr=Primavera P=Perenne Ro =Rosetófila Sa =Subarbusto Su =Suculenta TB=Tipo Biológico To=Tóxica V=Especie de verano V.F. Valor forrajero Za =Zacate * = Citado x Cotecoca-Zacatecas. Tipos de vegetación: Matorral inerme y Matorral crasirosulifolio. ** = Citado por Cotecoca, y colaboradores *N/O= No Observado en campo, por los autores. 2006										

Nombres actuales y anteriores (sinonimia)

Nombre en la lista	Nombre en otra fuente	
<i>Achnatherum eminens</i>	<i>Stipa eminens</i>	
<i>Agave scabra ssp scabra</i>	<i>Agave asperima</i>	
<i>Amelichloa clandestina</i>	<i>Stipa clandestina</i>	
<i>Astrolepis sinuata</i>	<i>Notholaena sinuata</i>	
<i>Bouteloua dactyloides</i>	<i>Buchloe dactyloides</i>	
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	<i>Opuntia imbricata</i>	
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i>	<i>Opuntia leptocaulis</i>	
<i>Cylindropuntia tunicata</i>	<i>Opuntia tunicata</i>	
<i>Dalea bicolor</i>	<i>Dlea tuberculata</i>	
<i>Dasyochloa pulchella</i>	<i>Erioneuron pulchellum</i>	
<i>Dasylyrion palmeri</i>	<i>Dasylyrion cedrosanum</i>	
<i>Disakisperma dubium</i>	<i>Leptochloa dubia</i>	
<i>Gymnosperma glutinosum</i>	<i>Selloa glutinosa</i>	
<i>Hopia obtusa</i>	<i>Panicum obtusum</i>	
<i>Isocoma veneta</i>	<i>Bigelowia veneta</i>	
<i>Jatropha dioica</i>	<i>Jatropha spathulata</i>	
<i>Muhlenbergia phleoides</i>	<i>Lycurus phleoides</i>	
<i>Nasella leucotricha</i>	<i>Stipa leucotricha</i>	
<i>Prosopis glandulosa</i>	<i>Prosopis juliflora</i>	
<i>Yucca filifera</i>	<i>Yucca decipiens</i>	
<i>Zinnia acerosa</i>	<i>Zinnia pumila</i>	
Especies citadas por Cotecoca-Zacatecas, pero no observadas en el presente estudio		
<i>Aristida ternipes</i>	*N/O	
<i>Eragrostis intermedia</i>	*N/O	
<i>Eragrostis neomexicana</i>	*N/O	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	*N/O	
<i>Hilaria belangeri</i>	*N/O	
<i>Lycurus phleoides</i>	*N/O	
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	*N/O	
<i>Opuntia leucotricha</i>	*N/O	
<i>Setaria geniculata</i>	*N/O	
<i>Setaria macrostachya</i>	*N/O	
<i>Sporobolus pyramidatus</i>	*N/O	
<i>Stipa clandestina</i>	*N/O	
<i>Trichachne californica</i>	*N/O	
<i>Yucca carnerosana</i>	*N/O	
<i>Yucca spp</i>	*N/O	



PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE CUATRO ESPECIES DE PASTOS EN LA ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ

PRODUCTION OF FORAGE OF FOUR GRASS SPECIES IN THE MEDIA AREA OF SAN LUIS POTOSÍ

Francisco Santiago¹, José F. Cervantes¹, Mauricio Velázquez¹ Héctor G. Gámez¹

¹Centro de Investigación de la Región Noreste.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
santiago.francisco@inifap.gob.mx

Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar la producción de biomasa forrajera de los pastos Buffel Titán (*Pennisetum ciliare* L.), Garrapata Hércules (*Eragrostis superba*), Llorón Imperial (*Eragrostis curvula*) y Navajita Cecilia (*Bouteloua gracilis*) en dos épocas del año. El estudio se realizó en el municipio de Rioverde, San Luis Potosí, México. Con altitud de 850 msnm, temperatura media anual de 21.6 °C y precipitación media anual de 557 mm. Se evaluó la producción forrajera, en dos épocas del año (verano-otoño e invierno-primavera), mediante un muestreo destructivo, que consistió en cortar 2 m lineales de plantas de pasto a 10 cm del suelo. Los datos se analizaron con procedimiento MIXED del estadístico SAS 9.3. La mayor producción la obtuvo el pasto Buffel Titán con 40.89 toneladas de materia verde por hectárea por año (13.15 ton MS/ha/año), mientras que los pastos Garrapata Hércules (22 ton MV/ha/año), Navajita Cecilia (12.4 ton MV/ha/año) y Llorón Imperial (10.7 ton MV/ha/año) presentaron rendimientos más bajos ($P < 0.05$), en una lámina de riego de 659 mm. Respecto al contenido de materia seca, Llorón Imperial y Navajita Cecilia tuvieron un porcentaje similar 44.15 % de MS ($P = 0.1000$), Garrapata Hércules y Buffel Titán fueron diferentes ($P < 0.0001$) con 38.55 % y 30.85 % de MS, respectivamente. Se recomienda para la Zona Media de San Luis Potosí la siembra de pasto Buffel Titán, por ser el pasto más productivo durante todo el año.

Palabra clave: Buffel, Navajita, Garrapata, Llorón, biomasa, materia seca.

Introducción

La Zona Media del estado de San Luis Potosí con una extensión territorial de 12,776.12 km², se caracteriza por su clima semitropical, apto para el buen desarrollo de los pastizales. Para la adopción de nuevas especies de pastos para la producción pecuaria en esta región, es importante realizar estudios para discernir cuales son los géneros, especies y accesiones de pastos que mejor se adaptan a los factores agroclimáticos. Para poder tomar una decisión de la especie de pasto a establecer en la zona, es importante tomar en cuenta, la productividad, valor nutritivo, resistencia o tolerancia a factores estresantes (plagas, enfermedades y sequía), el rápido establecimiento y la carga animal que soporta (Machado *et al.*, 2006). En zonas semiáridas en condiciones de temporal, altitud superior a los 1800 msnm, el pasto Buffel Titán (*P. ciliare* L.) ha llegado a producir 2.6 ton/ha de materia seca (Beltrán *et al.*, 2008), mientras que los pasto Llorón Imperial (*E. curvula*) y Garrapata Hércules (*E. superba*) tienen producciones de 1.9 ton/ha de MS y 1.2 ton/ha de MS, respectivamente (Beltrán *et al.*, 2009), bajo las mismas condiciones Navajita Cecilia (*B. gracilis*) ha llegado a producir 1.0 ton/ha de MS (Beltrán *et al.*, 2007). La medición de la biomasa disponible



en las pasturas brinda información de gran importancia para la producción ganadera debido a la relación directa que existe entre el material ofrecido por día a los animales en pastoreo (kg vaca^{-1}) y su efecto sobre la carga animal. Por lo tanto, el objetivo fue medir la producción de forraje de cuatro variedades de pastos para zonas semiáridas en un ambiente con precipitaciones de 500-800 mm anuales, en este caso en Rioverde, San Luis Potosí.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. El estudio se realizó en el Sitio Experimental “Rioverde” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Rioverde, San Luis Potosí, México, en las coordenadas $21^{\circ}55'37.0''$ N y $100^{\circ}01'04''$ O, con una altitud promedio de 850 msnm. El clima del área corresponde al $\text{Bs}_1 \text{h w}''$ (w) (e) g; seco o estepario con un cociente P/T >22.9 ; semicálido con invierno fresco y temperatura media anual de 21.6°C , con un máximo de 43°C y una mínima de 2°C , con régimen de lluvias en verano, extremo, con una precipitación media anual de 557 mm (García, 1981; Labarthe *et al.*, 1989).

Material genético y diseño experimental. El desarrollo de este estudio, estuvo compuesto de cuatro variedades (tratamientos), se establecieron parcelas de pasto Llorón Imperial (*E. curvula*), Buffel Titán (*P. ciliare* L.), Garrapata Hércules (*E. superba*) y Navajita Cecilia (*B. gracilis*) mismas que se dividieron en cuatro subparcelas. Las variables a evaluar fueron, materia verde (MV), materia seca (MS) y porcentaje de materia seca (% MS). La toma de muestra para determinar las variables fue completamente aleatorizada, con tres réplicas en cada unidad experimental, para un total de 12 muestras por parcela experimental. Las semillas de las variedades de pastos categoría Registrada, cosecha otoño-invierno año 2014 del Campo Experimental San Luis de INIFAP, fueron germinadas en charolas comerciales de unicel, como sustrato se utilizó peat moss comercial.

Manejo agronómico. Antes de realizar el trasplante, se preparó el terreno de manera convencional, con un paso de arado y dos de rastra, posteriormente se surco a una distancia de 0.8 m. Con esta preparación se delimitó la parcela experimental de 50 m de ancho por 60 m de largo ($3,000 \text{ m}^2$) para cada pasto, donde quedaron circunscritas cuatro unidades experimentales repartidas en un espacio de 10 m de ancho por 60 m de largo, para un total de 600 m^2 cada unidad experimental, la separación entre ellas fue de 2 m.

El trasplante de las plantas se realizó cuando estas alcanzaron una altura óptima (15 cm). La distancia de siembra fue de 0.2 m entre planta y 0.8 m entre surcos. Se efectuó una sola aplicación de Urea (46-00-00), con una dosis de 200 kg/ha, aunado a un pase de escarda; en el pasto Buffel Titán se realizó a los 25 días después del trasplante, Garrapata Hércules a los 32 días, Navajita Cecilia a los 58 días y en Llorón Imperial a los 67 días.

Se aplicó un riego por gravedad de presiembra de 100 mm, mientras que los riegos de auxilio fueron de 80 mm en los dos periodos. En el periodo verano-otoño (V-O; julio-diciembre), se tuvo una precipitación de 319 mm y se aplicó tres riegos de auxilio, acumulando una capa de 659 mm. En el periodo invierno-primavera (I-P; enero-junio), hubo una precipitación de 238 mm y se aplicó un solo riego de auxilio, obteniendo una capa de 318 mm. Se realizó control de maleza de manera manual.

Procedimiento de muestreo y análisis estadístico. El muestreo en campo se realizó en el periodo V-O 2015 y I-P 2016, cuando las plantas se encontraban en etapa reproductiva. En el periodo V-O, los muestreos se realizaron a los 118, 131, 108 y 183 días después de la siembra, en los pastos



SOMMAP

Buffel Titán, Garrapata Hércules, Llorón Imperial y Navajita Cecilia, respectivamente. En el periodo I-P, los muestreos se realizaron a los 178, 182, 184 y 189 días después de la poda de homogenización, en los pastos Llorón Imperial, Navajita Cecilia, Garrapata Hércules y Buffel Titán, respectivamente. La muestra en campo, fue al azar, eligiendo tres surcos en cada una de las cuatro parcelas que conforma el lote experimental de cada pasto. Los cortes se realizaron a 10 cm del suelo en un área de 1.6 m².

Los datos se analizaron con procedimiento MIXED mediante el método de estimación REML, del paquete estadístico SAS 9.3. Se empleó un modelo que incluyó a la época como bloque, el genotipo pasto como tratamiento y la interacción de ambos; la repetición de cada unidad experimental se consideró como aleatoria. La comparación de las medias fue por Tukey-Kramer ($\alpha=0.05$).

Resultados y Discusión

Los pastos produjeron distinta cantidad de biomasa forrajera ($P < 0.0001$). La producción de materia seca del Garrapata Hércules fue de 8.23 ton ha⁻¹ año⁻¹, difiriendo de los pastos, Buffel Titán (13.15 ton ha⁻¹ año⁻¹), Navajita Cecilia (5.45 ton ha⁻¹ año⁻¹) y Llorón Imperial (4.42 ton ha⁻¹ año⁻¹; $P < 0.0001$). Buffel Titán, difirió con los pastos Llorón Imperial y Navajita Cecilia ($P < 0.0001$). Sin embargo, entre Llorón Imperial y Navajita Cecilia no hubo diferencia en producción de materia seca ($P = 0.127$; Cuadro 1).

En estudios realizados durante cinco años a una altitud por arriba de los 1,500 msnm, en condiciones de riego, el pasto Buffel Titán tuvo una producción promedio de 7.58 ton ha⁻¹ de MS y 12.30 ton ha⁻¹ de MV. Así mismo, el pasto Garrapata Hércules fue reportado con una producción promedio de 11.40 ton ha⁻¹ de MS y 24.80 ton ha⁻¹ de MV (Beltrán *et al.*, 2008; Beltrán *et al.*, 2009), esto indica que estas variedades de pastos son más productivas cuando son establecidos en una altitud bajo los 900 msnm. Buffel Titán tuvo una diferencia mayor en producción de MS de 5.57 ton ha⁻¹ y Garrapata Hércules 3.17 ton ha⁻¹ en producción de MS.

El pasto Navajita Cecilia tuvo una producción en MS de 5.44 ton ha⁻¹, siendo similar a lo reportado por Beltrán *et al.*, (2007) en zona semiárida altiplano, en condiciones de riego, pero, con diferencia en producción de MV de 3.47 ton ha⁻¹. Navajita Cecilia aprovecha las condiciones de humedad para la reserva de agua en tallos y hojas, esto provocó la mayor cantidad de MV. Beltrán *et al.*, (2009) reportaron producciones en pasto Llorón Imperial de 11.74 ton ha⁻¹ de MV y 4.97 ton ha⁻¹ de MS, siendo similar a la producción en este estudio.

En el porcentaje de MS, el pasto Llorón Imperial tuvo 44.15 %, similar a Navajita Cecilia ($P=1.00$); mientras que los pastos Garrapata Hércules y Buffel Titán tuvieron 38.55 % MS y 30.85 % MS respectivamente, siendo estadísticamente diferentes ($P < 0.0001$). Las dos especies de pastos que tuvieron un porcentaje de MS más alto, se debe a la capacidad que tienen para producir hijuelos, generando mayor cantidad de tallos. A una altitud de 1,882 msnm, con precipitaciones de 332.2 mm, el pasto Navajita variedad Cecilia presenta un contenido de materia seca del 56 % (Beltrán *et al.*, 2010), lo cual difiere del presente estudio.



Cuadro 1. Producción de materia verde (MV) y materia seca (MS) por hectárea, porcentaje de materia seca y comparación de medias.

	Pastos				P valores, comparación de medias por Tukey-Kramer					
	GH	LLI	NC	BT	GH vs BT	GH vs LLI	GH vs NC	BT vs LLI	BT vs NC	LLI vs NC
MV ton ha ⁻¹ año ⁻¹	21.99	10.72	12.45	40.89	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.6092
MS ton ha ⁻¹ año ⁻¹	8.23	4.42	5.45	13.15	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1093
% MS	38.55	44.15	44.15	30.85	<0.0001	0.0084	0.0085	<0.0001	<0.0001	1.0000

GH: Garrapata Hércules; **LLI:** Llorón Imperial; **NC:** Navajita Cecilia; **BT:** Buffel Titán.

Por época del año hubo diferencia en MV ton ha⁻¹ y MS ton ha⁻¹ ($P < 0.0001$). La mayor producción de MV se tuvo en la época verano-otoño, con una diferencia de 3.38 ton ha⁻¹ sobre la época invierno-primavera. Esta diferencia pudo haber sido a las condiciones edafoclimáticas de la época, mayor humedad, más horas luz, temperaturas altas, generando las condiciones para el proceso fotosintético de las plantas. Mientras que, en producción de MS en época otoño-invierno tuvo una diferencia de 1.95 ton ha⁻¹ sobre invierno-primavera. El porcentaje de MS tuvo diferencia significativa ($P=0.012$). En verano-otoño, se obtuvo un 40.9 % de MS, mientras que en invierno-primavera, la producción de MS fue de 37.9 % (Cuadro 2).

Por época de año, hubo diferencia entre los pastos ($P < 0.0001$) en producción de MV ton ha⁻¹ y MS ton ha⁻¹. En época verano-otoño, el pasto Buffel Titán, fue el que tuvo mayor producción con 25.92 ton ha⁻¹ de MV y 9.34 ton ha⁻¹ de MS, seguido del pasto Garrapata Hércules con 9.87 ton ha⁻¹ de MV y 4.42 ton ha⁻¹ de MS. En época invierno-primavera, el pasto Buffel Titán y Garrapata Hércules tuvieron una producción similar de 3.80 ton ha⁻¹ de MS, mientras que Navajita Cecilia produjo de 2.32 ton ha⁻¹ (Tabla 2). En la misma época con precipitación de 336.3 mm y una dosis de fertilizante de 120-60-00, Buffel variedad común (*Pennisetum ciliare* L.) elevó su producción a 14,556 kg MS ha⁻¹, Garrapata [*Eragrostis superba* (Peyr)] 9,192 kg MS ha⁻¹ y Navajita variedad alma [*Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. ex Steud] 3,192 kg MS ha⁻¹, (Sáenz-Flores *et al.*, 2015). Mientras que Beltrán *et al.*, (2010) reportaron producciones de forraje en pasto Navajita Cecilia de 980 kg MS ha⁻¹, las cuales son inferiores a las obtenidas en este estudio. En la época verano-otoño, el pasto Buffel Titán es una buena opción para la producción de forraje, aunque dependerá de la fertilización proporcionada.

Cuadro 2. Producción de materia verde y materia seca en ton ha⁻¹ en la época verano-otoño e invierno-primavera.

Pasto	Verano-otoño		Invierno-primavera	
	MV ton ha ⁻¹	MS ton ha ⁻¹	MV ton ha ⁻¹	MS ton ha ⁻¹
Garrapata Hércules	9.87	4.42	12.13	3.81
Llorón Imperial	7.10	2.63	3.63	1.80
Navajita Cecilia	6.90	3.13	5.55	2.32
Buffel Titán	25.92	9.34	14.97	3.81
<i>Promedio</i>	12.45	4.88	9.07	2.93



Conclusiones

Del presente trabajo se concluye que para la Zona Media de San Luis Potosí la siembra de pasto Buffel Titán es la mejor opción, seguida de Pasto Garrapata, por ser los pastos más productivos durante todo el año. La época del año tuvo un efecto sobre la producción de los pastos, en verano-otoño la producción fue mayor que en invierno-primavera; y los pastos Llorón Imperial y Navajita Cecilia fueron los que tuvieron mayor porcentaje de MS.

Literatura Citada

- Beltrán, L. S.; Loredo O. C.; García D. C. A.; Hernández A. J. A.; Urrutia M. J.; Gámez V. H. G.; González E. L. A.; Núñez S. T.; 2009. Llorón Imperial y Garrapata Hércules nuevas variedades de pastos para el altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 36. San Luis Potosí, S. L. P. México 39 p.
- Beltrán, L. S.; Loredo O. C.; Núñez Q. T.; González E. L. A.; García D. C. A.; Hernández A. J. A.; Urrutia M. J.; Gámez V. H. G. 2008. Buffel Titán y Buffel Regio nuevas variedades de pastos para el altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 35. San Luis Potosí, S. L. P. México 36 p.
- Beltrán, L. S.; Loredo O. C.; Núñez Q. T.; González E. L. A.; García D. C. A.; Hernández A. J. A.; Urrutia M. J.; Gámez V. H. G. 2007. Navajita Cecilia y Bnaderita Diana pastos nativos sobresalientes para el Altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 33. San Luis Potosí, S. L. P. México 38 p.
- García, E. 1981. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Labarthe, G., M. Tristán, R. Aguillón, L. S. Jiménez y A. Romero. 1989. Cartografía Geológica 1:50 000 de las Hojas El Refugio y Mineral El Realito, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato. UASLP. Instituto de Geología. Folleto Técnico 12. S.L.P., México. 87 p.
- Machado R.; E. Seguí, Y. Olivera, O. Toral y H. B. Wencomo. 2006. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Editorial Universitaria, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala-EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 459 p.
- Sáenz-Flores, E.; Saucedo-Terán R. A.; Morales-Nieto C. R.; Jurado-Guerra P.; Lara-Macías C. R.; Melgoza-Castillo A.; Ortega-Gutiérrez J. A. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*. 9 (2): 11-118.
- SAS/STAT. 2010. Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.



GERMINACIÓN DE SEMILLA DE ZACATE BANDERITA [*Buoteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] COSECHADA EN POBLACIONES NATURALES DEL MUNICIPIO DE MAPIMÍ, DURANGO

SEED GERMINATION OF SIDEOATS GRAMA [*Buoteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] HARVESTED IN NATURAL POPULATIONS OF THE MUNICIPALITY OF MAPIMÍ, DURANGO

Ulises N. Gutiérrez^{1*}, Andrea Minor¹, Edmundo Castellanos¹, Amaury Esquivel¹, Jorge A. Bustamante¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED. Ejido Venecia, Durango, km 32 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo.

*Autor para correspondencia. Email:ulisesnoelg@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad de semilla de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) de cinco años de edad. La recolección de la semilla se llevó a cabo en diferentes poblaciones naturales localizadas en los márgenes de la carretera Bermejillo-El 120 dentro del municipio de Mapimí, Durango. La cosecha se realizó en el año 2010 durante los meses de septiembre y octubre cuando ésta se encontraba en su madurez. El material colectado se depositó en costales y se almacenó por cinco años a temperatura ambiente y sin tratamiento para su conservación, únicamente se conservó la semilla cubierta por sus estructuras externas naturales para evitar romper la latencia. Se determinó el porcentaje de cariósides por gramo de diásporas. El promedio de diásporas por gramo fue de 536 en las cuales se encontraron 85 cariósides, esta cantidad representó en promedio un 16%. Con la obtención de los cariósides se procedió a realizar pruebas en una cámara de germinación “Thermo Scientific Precision” (Model 818 incubator), la cual se mantuvo a una humedad relativa del 60 %, temperatura promedio de 25 a 27 °C, y fotoperiodo de 12 h luz/12 h oscuridad. El tiempo máximo de germinación de la semilla fue de 72 horas y se encontró un porcentaje de germinación del 95.6 además de reflejar un buen vigor. Esto resultados nos indican la capacidad de la semilla de zacate banderita para mantenerse viable por lo menos en cinco años sin mostrar un detrimento en el porcentaje de germinación.

Palabras clave: *Bouteloua curtipendula*, germinación, latencia, diáspora, cariósido.

Introducción

Actividades agropecuarias, así como la construcción de caminos y carreteras, han causado la degradación de vastas áreas de pastizales, se estima que cerca del 85% de la superficie ubicada en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, se encuentra en una condición que va de regular a pobre (Sáenz-Flores et al., 2015).

La implementación de un programa de resiembra con el uso de gramíneas nativas permite la recuperación de estos ecosistemas, permitiendo incrementar la cantidad y calidad del forraje, además de lograr un impacto ecológico positivo al recuperar y conservar estos recursos (Morales et al., 2008; PACP-Ch, 2011).



El zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) es una planta perenne, nativa del desierto Chihuahuense, de buen valor forrajero y con una amplia distribución en casi todos los tipos de pastizales del norte de México, siendo muy importante para la ganadería (COTECOCA, 1979). Este zacate se recomienda para resiembras en pastizales erosionados (Esqueda et al., 2004) con el fin de mejorar la condición de los pastizales, recuperando la funcionalidad de estos ecosistemas.

Sin embargo, una de las principales limitantes para realizar una resiembra con pastos nativos es la poca disponibilidad en el mercado y el elevado costo de la semilla. Cerca del 90% de las semillas utilizadas en la resiembra de pastizales es importada de Estados Unidos a un costo elevado (Ramos y Espinoza, 1999). Una opción para la obtención de semilla a menor costo, es la cosecha de semilla de poblaciones naturales, en el estado de Durango se encuentran disponibles áreas potenciales para la producción de semilla de zacate banderita, sin embargo, la calidad de la semilla es un aspecto de poca importancia para la mayoría de los productores. Lo anterior, trae como resultado un establecimiento pobre o nulo de las praderas, esto ha propiciado la necesidad de estudiar el comportamiento de la germinación, por lo tanto, una semilla de excelente calidad física, fisiológica, sanitaria y genética permitirá asegurar un buen establecimiento de los recursos genéticos forrajeros en México. (Morales y Melgoza, 2010; INIFAP, 2012).

Otra característica importante de evaluar, es la longevidad de la semilla sobre todo bajo condiciones ambientales no controladas de almacenamiento y sin tratamiento químico de conservación. La latencia es de gran importancia para la sobrevivencia de los pastos, ya que les permite germinar en el lugar y en el momento adecuado (Baskin y Baskin, 1985). Las causas más comunes de latencia son la presencia de una envoltura de la semilla impermeable al oxígeno y al agua, la presencia de inhibidores que impiden o controlan la germinación. Los efectos en la germinación son variables y considerables variaciones son observadas entre especies, ecotipos, sitios y años de cosecha (Tian et al., 2002). Existen diversas alternativas para romper latencia en semillas de pastos, dentro de éstas la remoción de estructuras externas se debe realizar próxima a la siembra (INIFAP, 2012). El objetivo de este trabajo fue determinar la viabilidad de semilla de zacate banderita cosechada en el año 2010 de poblaciones naturales mediante pruebas de germinación, la cual se almacenó a temperatura y humedad relativa al ambiente y con la semilla cubierta por sus estructuras externas naturales para evitar romper la latencia.

Materiales y Métodos

La recolección de semilla de zacate banderita se llevó a cabo en diferentes poblaciones naturales localizadas en los márgenes de la carretera Bermejillo-El 120 dentro del municipio de Mapimí, Durango. La cosecha se realizó en el año 2010 durante los meses de septiembre y octubre cuando ésta se encontraba en su madurez. El material colectado se depositó en costales y se almacenó en el laboratorio de recursos naturales de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED a lo largo de cinco años a temperatura ambiente; mencionando que no se le dio ningún tratamiento para su conservación.

Características ambientales del sitio de colecta

En general, el municipio de Mapimí tiene un clima semicálido y semiseco, con una temperatura máxima de 41° C y una mínima de 9° C. El régimen de lluvias comprende los meses de julio a septiembre, con heladas en el mes de enero.



En la Figura 1, se presentan los datos de precipitación y temperatura reportados por la estación climatológica de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED denominada Apantita, la temperatura promedio del año 2010 fue de 18°C, mientras que la precipitación pluvial fue de 377 mm, mayor a la precipitación histórica de 283 mm reportada por la misma estación climatológica.

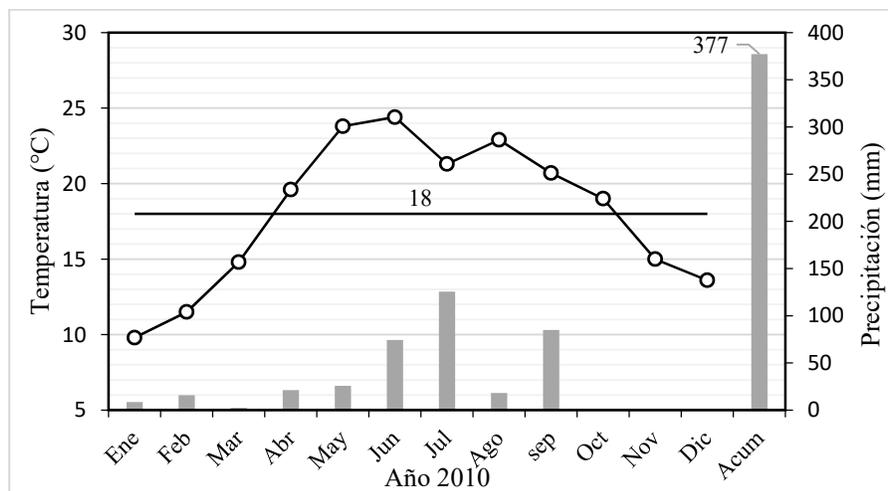


Figura 1. Temperatura y precipitación registrada en el área de estudio.

El tipo de vegetación predominante es matorral desértico micrófilo, pero además podemos encontrar pastizal mediano abierto, y otros tipos de vegetación en menor proporción.

Metodología

Se tomaron 10 muestras de un gramo por separado de semilla con diásporas, cada muestra se introdujo en una licuadora y se licuó de 5 a 7 tiempos, hecho esto, se pasó la muestra por un tamiz de apertura de 0.54 mm para separar lo mejor posible la paja de los cariósides. Posteriormente se pesaron los cariósides y se contaron. Para obtener la Pureza Física de la semilla se utilizó la siguiente fórmula = (peso de cariósides/peso total de la muestra)*(100).

Con la obtención de los cariósides se procedió a realizar las pruebas de germinación para lo cual se utilizaron 16 cajas Petry con papel filtro sobre su bases y se depositaron 10 cariósides por caja, se les agregó agua destilada como hidratante (5 ml) Se utilizó una cámara de germinación “Thermo Scientific Precision” (Model 818 incubator) Plant Growth Chamber- Microprocessor Controlled, la cual se mantuvo a una humedad relativa del 60 %, temperatura promedio de 25 a 27 °C, y fotoperiodo de 12 h luz/12 h oscuridad. El tiempo de germinación de la semilla germinara fue de 3 días, el experimento se realizó el mes de junio del 2015. El conteo de plántulas germinadas se presentó a partir del segundo día que se introdujeron a la cámara. El tercer día se realizó el conteo final de plántulas germinadas. Para conocer el porcentaje de germinación (PG) de la semilla se utilizó la siguiente fórmula $PG = (\text{Número de plántulas normales}/\text{número de semillas}) \cdot (100)$.



Resultados y Discusión

Pureza de la semilla

La pureza física es un indicador sólido de calidad, el cual, es imposible de apreciar a simple vista, especialmente en diásporas, ya que las brácteas accesorias impiden observar el contenido y madurez de cariósides (Larsen y Andreasen, 2004). En la Figura 2, se presentan los resultados del número de cariósides encontrado por un gramo de diásporas, en promedio se contabilizaron 536 diásporas por gramo en los cuales se encontraron 85 cariósides, esta cantidad representa en promedio alrededor del 16%.

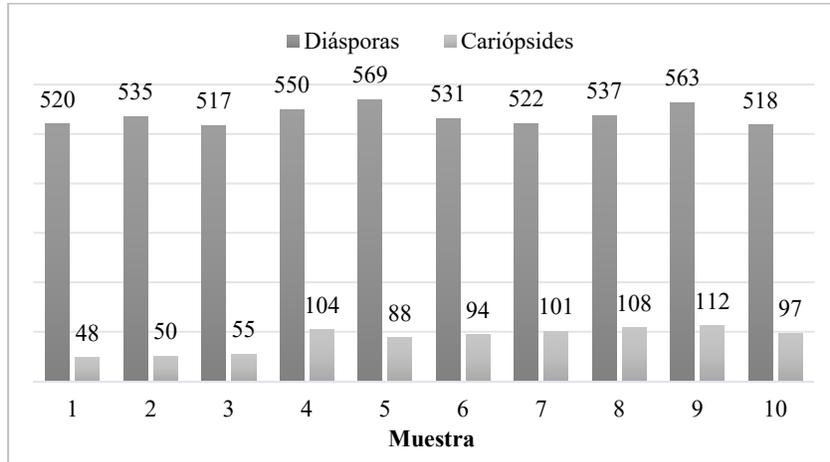


Figura 2. Número de diásporas y cariósides contenidos en un gramo de muestra de semilla.

Con relación al peso encontrado, en la Figura 3, se observan los resultados de la pureza física de la semilla donde en un gramo de muestra de diásporas se determinó que las impurezas representaron el 97 por ciento, las cuales incluyeron la unidad de dispersión completa (diáspora con glumas, lema, palea, ramillas, aristas y otros materiales).

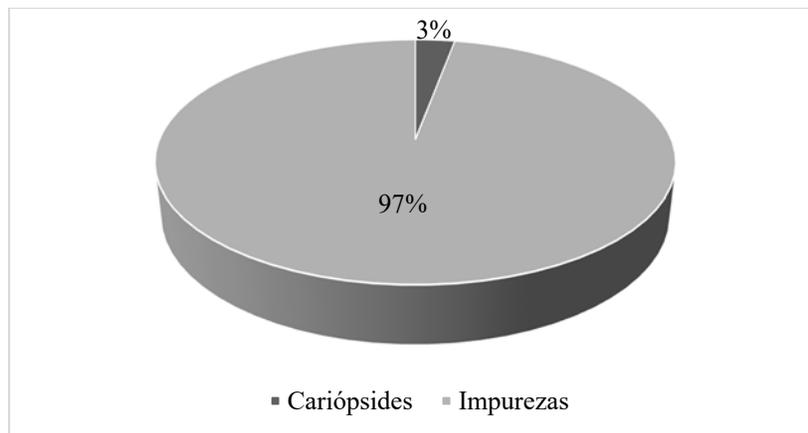


Figura 3. Porcentaje promedio de impurezas por gramo de muestra de semilla.



Germinación de cariósides.

En el Cuadro 1, se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de germinación, en la cual se obtuvo un porcentaje de germinación de 95.6 %. Germinaron 153 cariósides de un total de 160 que se probaron. Esta determinación se calculó con base a las plántulas que presentaron raíz, hipocótilo y epicótilo bien desarrollados, sanos y sin malformaciones. Halinar (1981), informó de las tasas de germinación de 20 a 30% y de 18 a 34% en 2 años consecutivos de estudio. Sáenz-Flores (2015), encontraron 81.5% de germinación de semilla bajo diferentes tratamientos de fertilización en Aldama, Chihuahua.

Cuadro 1. Porcentaje de germinación de cariósides de zacate banderita bajo condiciones controladas.

Numero de caja	Cantidad de cariósides	Días a la germinación		Total
		2	3	
1	10	7	2	9
2	10	8	1	9
3	10	8	2	10
4	10	8	1	9
5	10	9	0	9
6	10	7	3	10
7	10	9	1	10
8	10	8	1	9
9	10	8	2	10
10	10	9	0	9
11	10	10	0	10
12	10	9	0	9
13	10	5	5	10
14	10	9	1	10
15	10	9	1	10
16	10	9	1	10
Total	160	132	21	153

Shidaee et al. (1969) menciona que la germinación no se ve afectada en semilla de hasta dos años, sin embargo se han tenido mejores emergencias en semilla de dos años y a partir de estos la viabilidad declina. En comparación con nuestro trabajo comprobamos que la germinación no declina como se mencionó anteriormente ya que la semilla con la que se trabajó tiene cinco años que fue recolectada y almacenada en costales y bajo ningún tratamiento para su almacenamiento, aun con la semilla de cinco años se mostraron resultados de germinación de un 95 % de germinación en cariósides.

Cuando las condiciones de humedad y temperatura le son favorables el banderilla puede alcanzar el 50% de su germinación en 22 horas (Simanton y Jordan, 1986), para en caso lo cual concuerda con lo encontrado en este estudio el cual se presentaron las emergencias de plántulas a las 48 horas.



Conclusiones

Los resultados encontrados en este estudio mayor del 95% de germinación, indican la capacidad de la semilla de zacate banderita para mantenerse viable por lo menos en cinco años sin mostrar un detrimento en el porcentaje de germinación.

Literatura citada

- Baskin, M. J. and C. C. Baskin. 1985. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: A continuum. *BioScience* vol. 35 (8): 492-498.
- COTECOCA, (Comisión Técnico Consultiva para la determinación de los Coeficientes de Agostadero). 1979. Chihuahua. SARH. México, D.F. 234 p.
- Esqueda, C.M.H., S. Echavarría, J.S. Santos, P. Jurado y R. Escobar. 2004. Tecnología para el establecimiento de gramíneas en áreas de agricultura marginal. Publicación Técnica #1. INIFAP-CIRNOC Campo Experimental La Campana. 13 pp.
- Halinar, M. 1981. Germination studies and purity determinations on native Wisconsin prairie seeds. In: Stuckey, Ronald L.; Reese, Karen J., eds. *The Prairie Peninsula*. Disponible en: <http://images.library.wisc.edu/EcoNatRes/EFacs/NAPC/NAPC06/reference/econatres.napc06.mhalinar.pdf>. Consultado octubre 12, 2016.
- INIFAP, (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. Manual para el establecimiento y manejo de semilleros de especies forrajeras en México. Folleto Técnico No. 21. Disponible en: http://www.academia.edu/24589513/Manual_para_el_Establecimiento_y_Manejo_de_Semilleros_de_Especies_Forrajeras_en_M%C3%A9xico. Consultado en octubre 13, 2016.
- Morales, N. C. R., Quero A. R., Pérez P. J, Hernández G. A., Le Blanco. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia* 42(7):767-775.
- Morales, N. C. y A. Melgoza C. 2010. Características productivas de zacates forrajeros importantes en el norte de México. Folleto Técnico 28. INIFAP-CIRNOC-Sitio Exp. La Campana-Madera. 51 pp.
- PACP-CH, 2011. Plan de acción para la conservación y uso sustentable de los pastizales del desierto Chihuahuense en el estado de Chihuahua 2011-2016. Disponible en: <http://www.birdconservancy.org/wp-content/uploads/2014/06/Grasslands-Chihuahua-2011-FINALweb2may.pdf>. Consultado octubre 13, 2016.
- Ramos, J. L., y J. M. Espinoza. 1999. Proyecto nacional de producción de semillas forrajeras. S. E. Pabellón. INIFAP-CIRNOC. Desplegable Informativo. 7.
- Sáenz-Flores, E., R. A. Saucedo-Terán, C. R. Morales-Nieto, P. Jurado-Guerra, C. R. Lara-Macías, A. Melgoza-Castillo y J. A. Ortega-Gutiérrez. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*. Vol. IX, Núm. 2. Mayo-Agosto.
- Shaidae, G., B.E. Dahl, y R.M. Hansen. 1969. Germination and emergence of different age seeds of six grasses. *J. Range Manage.* 22(4):240-243.
- Simanton, J. R. y G. Jordan. 1986. Early root and shoot elongation of selected warm-season perennial grasses. *J. Range Manage.* 39 (1):63-67.
- Tian, X., A. D. Knapp, L. R. Gibson, K. J. Moore, E. C. Brummer, and T. B. Bailey. 2002. Cupule removal and caryopsis scarification improves germination of Eastern Gama grass. *Crop Science*. 42:185-189.

SIETE ESPECIES VEGETALES CLAVE EN RESTAURACIÓN, BELLEZA ESCENICA Y PRODUCTIVIDAD EN ZONAS ÁRIDAS DE MÉXICO

Gonzalo Hernández Ibarra¹ y Miguel Ángel Mata Espinosa¹

¹ Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfono laboral 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango. chalonza2011@gmail.com.

RESUMEN

El presente estudio se realizó con Rancho El Carmen, perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo, Durango se planteó el objetivo de activar un área degradada sin cobertura vegetal herbácea ni arbustiva. Se trabajó en una superficie de 4500 m² en los meses de septiembre a diciembre 2014, periodo en el cual se plantaron por translocación en orientación norte-sur y midieron las plantas siguientes: 50 de maguey mezcalero (*Agave salmiana*), 50 de sábila (*Aloe vera*), 50 de costilla de vaca (*Atriplex canescens*), 80 de pasto boofel (*Cenchrus ciliaris*), 80 de pasto plumoso (*Pappophorum vaginatum*) Buckley, 80 de pata de gallo (*Chloris virgata*) y 15 plantas de mezquite (*Prosopis glandulosa*). Se regó con 3 litros de agua por 4 ocasiones (un riego por semana), desde la plantación hasta su establecimiento; menos al mezquite ya establecido naturalmente. La productividad de las especies estudiadas se obtuvo considerando la cobertura vegetal y el porcentaje de sobrevivencia en todas las especies, siendo el valor menor para *Atriplex* con 94 % y el mayor con el 100% para *Agave*, *Aloe* y *Pappophorum*, respectivamente; además de la cantidad de hijuelos de maguey (4) y sábila (9). La cobertura vegetal total al inicio del experimento fue de 3.97 % y al final fue de 5.12%, respectivamente. Las siete especies mencionadas conforman un paisaje en plena restauración incrementando 1.15 % en cobertura vegetal total, constatando así que si es posible mejorar áreas tanto en su cobertura vegetal como en su composición florística.

Palabras clave: Zona árida, cobertura, sobrevivencia, translocación, riego.

Introducción

Aunque las zonas áridas y semiáridas de México ocupan más de la mitad del territorio, y poseen una gran cantidad de recursos naturales que se podrían explotar para la industria, la medicina y otros ámbitos, son las menos estudiadas. Aquí se encuentran los centros de origen y diversificación de grupos de plantas como las cactáceas, las agaváceas, y las crasuláceas, entre otras. De hecho, las zonas áridas y semiáridas de México han sido más analizadas por los extranjeros, sobre todo por investigadores del sur de Estados Unidos, donde están las extensiones más grandes de estos entornos. Se estima, por ejemplo, que a nivel de los matorrales xerófilos, característicos de nuestras zonas áridas y semiáridas en donde predominan las plantas suculentas, hay seis mil especies, cantidad mayor a las que habitan las selvas húmedas de México en su conjunto. Otro tipo de vegetación es el pastizal o zacatal, que a pesar de su apariencia sencilla, alberga una alta proporción de endemismo. Los de origen natural han sido fuente fundamental para la alimentación del ganado, y a estos se suman los secundarios o inducidos por actividades ganaderas. En suelos salinos y

yesosos, comunes en zonas áridas y semiáridas en los perímetros referidos, éstos predominan, pero también se desarrollan matorrales con una rica diversidad (Flores, 2011). En general el estudio constante del ecosistema conducirá a nuevos caminos permitiendo incrementar la productividad de las zonas áridas y semiáridas a corto, mediano o largo plazo. En el presente estudio se planteó el objetivo de activar un área degradada sin cobertura vegetal herbácea ni arbustiva.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo en el Rancho El Carmen propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo administrado por la Unidad Universitaria de Zonas Áridas (URUZA).

La Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas se localiza en las coordenadas geográficas 103° 36' 11" de longitud oeste y entre los 25° 53' 32" de latitud norte con una altura media de 1117 msnm (INEGI, 2009).

La comarca lagunera se caracteriza por tener un clima de tipo árido, desértico (BWhw), semi-cálido con lluvias en verano y teniendo una precipitación invernal entre el 5- 10%. La precipitación media anual es de 300 mm (INEGI, 2009).

Para el desarrollo del experimento se seleccionó el área a trabajar con características muy semejantes a cero por ciento de cobertura vegetal en los meses de agosto del año 2014 para iniciar con el experimento en mes de septiembre del mismo año.

Se recolectaron plántulas de maguey y sábila en áreas donde ya estaban establecidos y se extrajeron en forma de hijuelos para costilla de vaca, pasto boofel, pasto pata de gallo y pasto plumoso se buscaron plantas que estuvieran distribuidas en forma natural pero en macollos o con sobre densidad de individuos por área, de allí se translocaron al área del proyecto con ayuda de diversos implementos como talaches, palas, rejas y camioneta para su traslado. Una vez plantada a cada planta se le administraron 3 litros de agua, durante 4 ocasiones (un riego por semana), hasta su establecimiento en el mes de octubre del mismo año.

Se midieron las plantas junto con la plantación y después de 100 días por método simple de largo por ancho con ayuda de un flexómetro para obtener el área por planta y total de la cobertura.

Se obtuvieron los datos de porcentaje de sobrevivencia y cobertura por planta y total para cada especie.

Se capturaron los datos en Microsoft Excel para obtención de gráficos.

Resultados

Durante el experimento se obtuvieron resultados satisfactorios, ya que para el caso de sobrevivencia de las siete especies solo tres no tuvieron el cien por ciento, siendo la de menor valor como se muestra en la Figura 1; la costilla de vaca con un 94%, seguida por el pasto *Chloris* y *Cenchrus* con 95 y 97 %, respectivamente y las otras cuatro especies con el 100 % de sobrevivencia,



resaltando la especie de *Agave salmiana* por regenerar 4 nuevas plántulas con excelente vigor y el *Aloe vera* con nueve hijuelos o nuevas plántulas con mediano vigor, pero con características ideales para ser plantadas; la especie que mostró un vigor y adaptabilidad inmejorable fue el pasto *Pappophorum vaginatum* dado que además de sobrevivir el total de las plántulas inmediatamente a los siete días comenzaron a echar nuevas inflorescencias; la última especie de la que se comentará en el presente párrafo es el *Prosopis glandulosa* al cual se le podó las ramas en la parte inferior y las ramas torcidas para estética y formación.

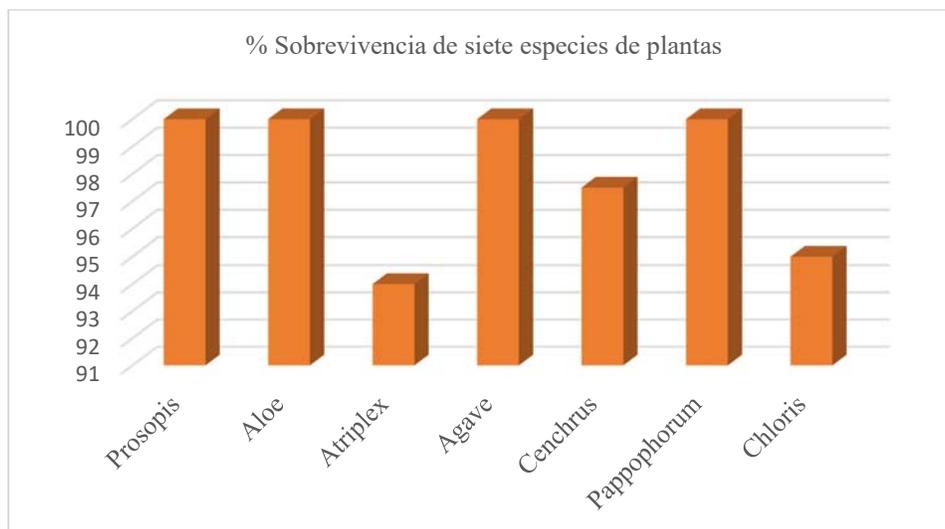


Figura 1. Porcentajes de sobrevivencia de las siete especies vegetales estudiadas.

Los beneficios se siguen observando, ya que la cobertura vegetal se incrementó en todos los casos estudiados como se puede observar en el Cuadro 1; donde los valores van de 3.267 para el caso de Mezquite por ser planta en la categoría de árbol y estar ya establecido de manera natural en el área de estudio hasta el caso del pasto pata de gallo con 0.0573 por ser la gramínea de menor área foliar por planta. Durante el primer año de establecimiento, los pastos no ha cerrado los espacios y las malezas pueden competir por luz, espacio y nutrientes del suelo, lo que disminuirá el potencial de los pastos. INIFAP, 2015. Para el caso del presente experimento las siete especies utilizadas llevan una gran ventaja y no se sometieron a estrés hídrico, además de que su sistema radicular ya está maduro y con asociaciones de micorrizas y otros microorganismos semejantes benéficos.

Cuadro 1. Porcentaje de cobertura por especie y total.

Planta	Cobertura Inicial (%)	Cobertura Final (%)
<i>Prosopis glandulosa</i>	3.267	4.248
<i>Aloe vera</i>	0.0956	0.1133
<i>Atriplex canescens</i>	0.1245	0.1555
<i>Agave salmiana</i>	0.1667	0.1866
<i>Cenchrus ciliaris</i>	0.0778	0.1133
<i>Pappophorum vaginatum</i>	0.1778	0.2222
<i>Chloris gayana</i>	0.0573	0.0755
Cobertura total	3.9667	5.1144



Las plantas que se utilizaron en el presente experimento están dentro de las consideradas por muchos autores expertos en botánica, biología y ciencias afines, puesto que Flores (2011) menciona que se estima que a nivel de los matorrales xerófilos, característicos de nuestras zonas áridas y semiáridas en donde predominan las plantas suculentas, hay seis mil especies, cantidad mayor a las que habitan las selvas húmedas de México en su conjunto. Las condiciones de manejo de las especies estudiadas confirman el hecho de que la adaptabilidad de las especies nativas siempre se verá reflejada en una sucesión más rápida y efectiva a favor del ecosistema donde se efectuó dicho manejo.

Conclusiones

Las siete especies mencionadas conforman un paisaje en plena restauración incrementando 1.15 % en cobertura vegetal total.

Si es posible mejorar áreas tanto en su cobertura vegetal como en su composición florística y por ende en resalte del paisaje a través de las tonalidades que intercalan los tallos, hojas e inflorescencias que van desde un color café intenso en los tallos de mezquite hasta un rojo desvanecido en las flores de la sábila.

Se deben realizar estudios sobre incremento de la biomasa por planta sobre todo las especies de gramíneas que son las más preferidas en los potreros por los animales.

Literatura Citada

- Flores Olvera M. H. 2011. Las Zonas áridas y semiáridas las menos exploradas investigadora del Instituto de Biología de la UNAM. Boletín UNAM-DGCS-763. Consultado el 28 de septiembre del 2016 de: http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2011_763.html
- INEGI. 2009. Anuario Estadístico de Durango. Gobierno del estado de Durango. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INIFAP. 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Clave INIFAP/CIRNE/P-165. Código INIFAP: MX-0-310307-52-03-17-10-66 Consultado el 23 de septiembre del 2016 de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/998.pdf>.



USO ETNOBOTÁNICO DE LA FLORA DEL MUNICIPIO DE MAZAPIL, ZACATECAS EN LOS EJIDOS PALMAS GRANDES Y EL TRIGO.

Barbarita Jiménez¹, Ramón Gutiérrez² y Daniel Rodríguez³.

Unidad Académica de Biología-UAZ¹, Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP^{2}, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UAZ³.*

**Carretera Zacatecas-Fresnillo Km. 24.5 Calera de V.R., Zac. C.P. 98500*

Introducción

La Etnobotánica es la integración del conocimiento tradicional con el científico, relativo a la relación Homo-planta (Luna, 2002).

De este modo la botánica retoma estos conocimientos, así dando forma y sentido a muchos de estos en economía, medicina, agricultura y ecología (Escobar, 2002).

El hombre como parte de la Naturaleza depende de ella irremediamente. Los servicios ambientales que requiere de los recursos naturales son: aire, agua, suelo, plantas y animales (Gómez-Pompa, 1985).

En la actualidad uno de nuestros mayores problemas es la falta de información y la falta de interés por los recursos naturales. Los procesos productivos, económicos y sociales han llevado a un deterioro continuo de nuestros ecosistemas (Echavarría et al., 2007).

Zacatecas estado perteneciente al norte de México, fue poblada en tiempos prehispánicos por grupos étnicos pertenecientes a la Tribu Chichimeca. Dividido en diferentes naciones: Guachichiles, Negritos, Guamares, Copuces, Guaxabanes y Sanzas, entre otras naciones. Distando esta subdivisión ya que les permitía explorar diferentes ecosistemas y el uso de la flora nativa en sus diferentes fines (alimento, medicina tradicional, etc),

Objetivo

Rescatar el conocimiento que los habitantes del municipio de Mazapil, Zacatecas tienen sobre el uso de las plantas de la región.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El Municipio de Mazapil se ubica entre los paralelos 23° 41' y 25° 04' de latitud norte; los meridianos 101° 11' y 102° 41' de longitud oeste; altitud entre 1 300 y 3 200 m (INEGI 2005). Colindando al norte con el estado de Coahuila de Zaragoza.

El rango de temperatura en esta área es de 12-22°C, con un rango de precipitación de 200-600mm. Con clima seco templado con lluvias en verano (35.6%), semiseco templado con lluvias en verano



(29.2%), muy seco semicálido con lluvias en verano (21.8%), seco semicálido con lluvias en verano (12.9%) y semifrío subhúmedo con lluvias escasas todo el año (0.5%) (INEGI 2005). El estudio se realizó en la cuenca Cedros de Mazapil, Zac., (CONAGUA, 2008) (Figura 1).

Vegetación

La vegetación de la región corresponde a matorral, donde las principales especies representativas corresponden a: gobernadora (*Larrea tridentata*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*), palma china (*Yucca filifera*), mezquite (*Prosopis* spp), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), pino piñonero (*Pinus pinea*), lechuguilla (*Agave lechugila*), nopal (*Opuntia* spp), biznaga (*Ferocactu latispinus*, *Mammillaria discolor*, *M. elegans*, *M. magnimamma* y *M. spinosissima*), engordacabra (*Dalea bicolor*), hojasén (*Cassia fistula*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), mariola (*Parthenium ramosissimum*), maguey (*Agave* spp), huizache (*Acacia* spp), candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*), gatuño (*Mimosa monancintra*), sotol (*Dasyllirion wheeleri*) y guayule (*Parthenium argentatum*) (Sánchez, 1980) (INEGI, 2005).

Colecta de Datos

A través de una encuesta dirigida, a personas adultas de ambos sexos, se procedió a un entrevista; en la cual se entrevistaron 23 personas, y de la colecta de plantas previamente identificadas se procedió a exponerlas a las personas para que indicaran si conocían a las mismas además de mencionaran los usos que les daban tanto para fines de fibra, medicamento o alimento.

Resultados

De las personas encuestadas sólo el 10.52% no identificaron ninguna de las plantas que se les mostraron, el 89.48% al menos identificó como mínimo 13 de 50 plantas.

De estas personas que fueron entrevistadas la mayoría son amas de casa y productores, de entre 16 años a 71. Como resultado solo los mayores de 60 años identificaron la planta por nombre común y el uso que se les daba a excepto de dos que tenían la edad de 33 y 36 años.

Esto quiere decir que el conocimiento acerca del uso etnobotánico se ha ido perdiendo conforme las generaciones van avanzando.



Listado de las plantas que tienen uso terapéutico tabla 1

LISTADO DE ESPECIES VEGETALES	
Nombre Científico	Nombre Común
<i>Ferocactus pilosus</i>	Biznaga roja
<i>agave asperri</i>	Maguey
<i>Yucca carnerosana</i>	Palma samadoca
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	Nopal cuijo
<i>Dalea capitata</i>	Engordacabra
<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla
<i>Parthenium incanun</i>	Mariola
<i>Flouencia cernua</i>	Hojasén
<i>Jatropha dioica</i>	Sangre de grado
<i>Heterotheca inubides</i>	Árnica
<i>Larrea tridentata</i>	Gobernadora
<i>Cucurbita foetidissima</i>	Calabacilla loca
<i>Iresine leptoclada</i>	Charníz
<i>Nama parvifolium</i>	Ventocidad
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Trompillo
<i>Coldenia canescenns</i>	Oreja de ratón

Discusión

El uso etnobotánico de la flora del semiarido Zacatecano (Mazapil, Zac), ha disminuido en virtud de adelantos tecnológicos, que inducen a las personas a depender de productos elaborados por la industria, olvidando el valor que tienen en sus territorios. Aspecto que debido al avance generacional la cultura de uso de sus recursos naturales renovables se está perdiendo.

Literatura Citada

INEGI, 2012. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Mazapil, Zacatecas, clave geostadística 32026. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32026.pdf>



- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2008. Eco regiones terrestres de México, escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2010. Anuario estadístico del estado de Zacatecas. Bases de datos. México.
- Coulloudon B., Eshelman K., Gianola J., Podborny P., Habich N., Hughes L., Jhonson C., Pellant M., Rasmussen A., Robles B., Shaver P., Spehar J. y Willoughby J. 1997. Sampling Vegetation Attributes. Bureau of Land Management National Business Center. Departamento de Agricultura, Denver, Colorado, Estados Unidos. 171 pp.
- Sánchez, S. O. 1980. La Flora del Valle de México, Editorial Herrero S. A. 31-72; 265-272 México. 519 p.
- CONAGUA. 2008. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero 3218 Cedros, estado de Zacatecas.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2014. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera “Desierto Semiárido de Zacatecas”, ubicada en el estado de Zacatecas, 303 páginas, incluyendo 10 anexos.
- HAILA, Y. y C. R. MARGULES. 1996. Survey research in conservation biology. *Ecography*. 19: 323-331.
- Echavarría Ch., F.G., G. Medina G., A. F. Rumayor R., A. Serna P., H. Salinas G., J. G. Bustamante W. 2009 Diagnóstico de los Recursos Naturales para la Planeación de la Intervención Tecnológica y el Ordenamiento Ecológico. *Tec. Pecu. Mex.* 10: 9



INVENTARIO DE FLORA, EN LO EJIDOS PALMAS GRANDES Y EL TRIGO DE MAZAPIL ZACATECAS.

Barbarita Jiménez¹, Ramón Gutiérrez² y Daniel Rodríguez³.

Unidad Académica de Biología-UAZ¹, Campo Experimental Zacatecas-CIRNOC-INIFAP^{2}, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UAZ³.*

**Carretera Zacatecas-Fresnillo Km. 24.5 Calera de V.R., Zac. C.P. 98500*

Introducción

Para poder estudiar la biodiversidad es importante conocer que elementos la componen. Al realizar un inventario facilita describir y conocer la estructura y función de diferentes niveles jerárquicos, para su aplicación en el uso y manejo de recursos naturales (Haila y Margules, 1996).

Obtener información básica y confiable para la toma de decisiones, sustentables científicamente, es una necesidad urgente que los investigadores, las instituciones y las naciones deben enfatizar. Para esto se hace imperioso el desarrollo de estrategias multidisciplinarias que permitan obtener información, a corto y mediano plazo, para conocer la composición y los patrones de la distribución espacial de la biodiversidad (Haila y Margules, 1996).

En el estudio de la biodiversidad se ha revelado que las actividades humanas ejercen una marcada influencia en la disminución de número de especies, en el tamaño y variabilidad genética de las poblaciones silvestres y en la pérdida irreversible de hábitats y ecosistemas (CONABIO, 1998).

Objetivo

Cuantificar el estado actual de la vegetación nativa y determinar los atributos de la vegetación en un gradiente espacial.

Materiales y Métodos

El área de estudio corresponde al municipio de Mazapil, Zac., en las comunidades Ejidos Palmas Grandes y El Trigo, se ubican entre los paralelos 23° 41' y 25° 04' de LN; los meridianos 101° 11' y 102° 41' LW; y una altura de 2800msnm (INEGI 2012).



Vegetación

La vegetación de la región corresponde a matorral, donde las principales especies representativas corresponden a: gobernadora (*Larrea tridentata*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*), palma china (*Yucca filifera*), mezquite (*Prosopis* spp), chaparro prieto (*Acacia rigidula*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), pino piñonero (*Pinus pinea*), lechuguilla (*Agave lechugila*), nopal (*Opuntia* spp), biznaga (*Ferocactu latispinus*, *Mannillaria discolor*, *M. elegans*, *M. magnimamma* y *M. spinosissima*), engordacabra (*Dalea bicolor*), hojasén (*Cassia fistula*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), mariola (*Parthenium ramosissimum*), maguey (*Agave* spp), huizache (*Acacia* spp), candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), gatuño (*Mimosa monancintra*), sotol (*Dasyilirion wheeleri*) y guayule (*Parthenium argentatum*) (Sánchez, 1980) (INEGI, 2005).

Suelos

Los suelos (SEMARNAT 2014), Corresponden a: Rendzina lítica, Castañozem lúvico, Castañozem cálcico, Castañozem cálcico-petrocálcica, Solanchak ortico, Solanchak ortico Petrogypsika, Xerosol cálcico lítica, Xerosol cálcico y Xersol lúvico

Métodos y Materiales

Se midieron dos estratos, el herbáceo y el arbustivo. Con las técnicas de línea de Canfield con longitud de 50 m y línea da Canfiel modificada a línea de Punta de Pie con longitud de 100 m, respectivamente. Las variables registradas fueron: cobertura aérea (arbustos) y basal (herbáceas) suelo desnudo, grava, materia orgánica, gramíneas y herbáceas, composición botánica y frecuencia (Coulloudon, 1997), (Canfield, 1947).

Resultados

Las especies de arbustos identificadas corresponden a Gobernadora (*Larrea tridentata*), Sangre de drago (*Jatropha dioica*), Mezquite (*Prosopis glandulosa*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Hojasén (*Flouencia cernua*), Mariola (*Parthenium incanum*), Charníz (*Iresine leptochloada*), Albarda (*Fouquieria splendens*) (Sánchez, 1980). Respecto a la densidad se encontró que gobernadora presentó 68.54%, seguido en importancia por Hojasén y Lechuguilla con 14.52 y 8.87% respectivamente. En relación a la cobertura sobre el suelo se determinó que el 29.78% está desprotegido de cobertura, 23.83% es de mantillo, 13.18% de cobertura vegetal y el resto para completar el 10% de la superficie del suelo presenta grava o roca.

Discusión

La degradación de suelos se debe a la poca cobertura vegetal, es de suma importancia tomar alternativas para el manejo de estas áreas, ya que hay también presencia de sucesión secundaria debido a la erosión de los suelos.



Literatura Citada

- INEGI, 2012. Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Mazapil, Zacatecas, clave geoestadística 32026. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/32/32026.pdf>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2008. Eco regiones terrestres de México, escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad e Instituto Nacional de Ecología. México, D.F
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 2010. Anuario estadístico del estado de Zacatecas. Bases de datos. México.
- Coulloudon B., Eshelman K., Gianola J., Podborny P., Habich N., Hughes L., Jhonson C., Pellant M., Rasmussen A., Robles B., Shaver P., Spehar J. y Willoughby J. 1997. Sampling Vegetation Attributes. Bureau of Land Management National Business Center. Departamento de Agricultura, Denver, Colorado, Estados Unidos. 171 pp.
- Sánchez, S. O. 1980. La Flora del Valle de México, Editorial Herrero S. A. 31-72; 265-272 México. 519 p.
- CONAGUA. 2008. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero 3218 Cedros, estado de Zacatecas.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2014. Estudio Previo Justificativo para el establecimiento del área natural protegida de competencia de la Federación con la categoría de Reserva de la Biosfera “Desierto Semiárido de Zacatecas”, ubicada en el estado de Zacatecas, 303 páginas, incluyendo 10 anexos.
- HAILA, Y. y C. R. MARGULES. 1996. Survey research in conservation biology. *Ecography*. 19: 323-331.



CARACTERISTICAS FORRAJERAS DE ECOTIPOS DE ZACATE NAVAJITA EN CHIHUAHUA

FORAGE CHARACTERISTICS OF BLUE GRAMA GRASS ECOTYPES IN CHIHUAHUA

Pedro Jurado¹, José F. Villanueva², Carlos R. Morales³ y Obed Gutiérrez³

¹Sitio Experimental La Campana-CIRNOC-INIFAP, ²Sitio Experimental Verdineño-CIRPAC-INIFAP, ³Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH

Resumen

Los pastizales del norte de México han sufrido cambios estructurales en el último siglo. La degradación de los pastizales puede causar una reducción de las poblaciones naturales de zacates forrajeros nativos como el navajita (*Bouteloua gracilis*). El objetivo del trabajo fue evaluar la diversidad morfológica del pasto navajita en el estado de Chihuahua, México. Se recolectaron 48 ecotipos en varias localidades del Estado en agosto 2014. Los pastos fueron trasplantados *ex situ* y fueron mantenidos bajo condiciones de temporal. En septiembre de 2015 se midieron características morfológicas, incluyendo altura de planta (AP), altura de forraje (AF), densidad y grosor de tallos (DT y GT), ancho y largo de hoja (AH y LH), ancho de espiga (AE), diámetro de macollo (DM) y rendimiento de forraje (RF) de los ecotipos. Los datos se analizaron con componentes principales (CP), agrupamiento, discriminantes y MANOVA. El análisis de CP mostró que los tres primeros componentes explicaron más del 96 % de la variación morfológica. El análisis de agrupamiento generó cuatro grupos. El análisis de discriminantes mostró AP, LH y DM como las variables más importantes. El MANOVA mostró que las variables más significativas fueron AP, DM y RF. Se encontró alta variedad morfológica entre las diferentes poblaciones, las cuales podrían servir de base para la selección de ecotipos de navajita para diversos propósitos como producción de semilla y de forraje.

Abstract

Grasslands of north Mexico have experienced structural changes in the last century. Grassland degradation may cause a reduction on natural populations of native forage grasses such as blue grama (*Bouteloua gracilis*). The objective of the study was to examine morphological diversity of blue grama grass in Chihuahua, Mexico. Forty eight ecotypes were collected in several sites within the state of Chihuahua in August 2014. Grasses were transplanted *ex situ* and kept under natural rainfall conditions. Morphological characteristics of plants were measured in September 2015, including: plant height (PH), forage height (FH), stem density and width (SD, SW), leaf width and length (LW, LL), seedhead width and length (SW, SL), basal diameter (BD), and forage yield (FY). Data were analyzed under principal components, cluster, and MANOVA. Principal components analysis showed first three PC explained 96% of the morphological variation. Cluster analysis generated four groups. Discriminant analysis showed PH, LW, and BD as most important variables. MANOVA indicated that most significant variables were pH, BD, and FY. High morphological variation was found among grass ecotypes, which may be the basis for selection of blue grama ecotypes for several purposes such as seed and forage production,

Palabras Clave: Morfología pastos, pastizales deteriorados, ecotipos forrajeros



Introducción

La diversidad biológica es la clave para el mantenimiento del mundo como lo conocemos, sin embargo, el problema de la biodiversidad es que la riqueza biológica se toma muy a la ligera (Wilson, 1992), lo cual es un gran error ya que esto representa una fuente potencial de riqueza material en forma de alimentos, medicinas y servicios para la sociedad. Este mismo autor señala que cada año se extinguen alrededor de 27,000 especies en el mundo. Los pastos nativos forrajeros son parte de la diversidad de los pastizales del norte de México. Desafortunadamente, estos pastizales han sufrido una degradación estructural con una reducción de su superficie potencial de un 36.6% (16.3 a 10.3 millones ha) durante el siglo pasado (Sánchez Colon *et al.*, 2009). Además, el 38.5% (3.97 millones ha) de la superficie actual se encuentra deteriorada. La degradación de los pastizales puede causar cambios en las poblaciones naturales de pastos forrajeros nativos como el navajita (*Bouteloua gracilis*). Por lo tanto, existe la necesidad de realizar estudios sobre la diversidad presente en los pastizales del norte de México. Algunos autores indican que existen diferencias morfológicas y genéticas entre poblaciones de zacate navajita con diferente historial de pastoreo en pastizales de Jalisco (Aguado *et al.* 2004; Arredondo *et al.*, 2005). Estudios sobre la diversidad morfológica y genética de zacates nativos encontraron una alta diversidad en zacate navajita y tempranero (*Setaria macrostachya*) en Chihuahua (Morales *et al.* 2009, 2015). Sin embargo, dada la importancia de los pastizales en la ganadería y otros servicios ambientales para la sociedad, así como la gran extensión de los mismos en Chihuahua, es importante ampliar la información. El objetivo del trabajo fue evaluar la diversidad morfológica del pasto navajita en los Valles Centrales del estado de Chihuahua, México.

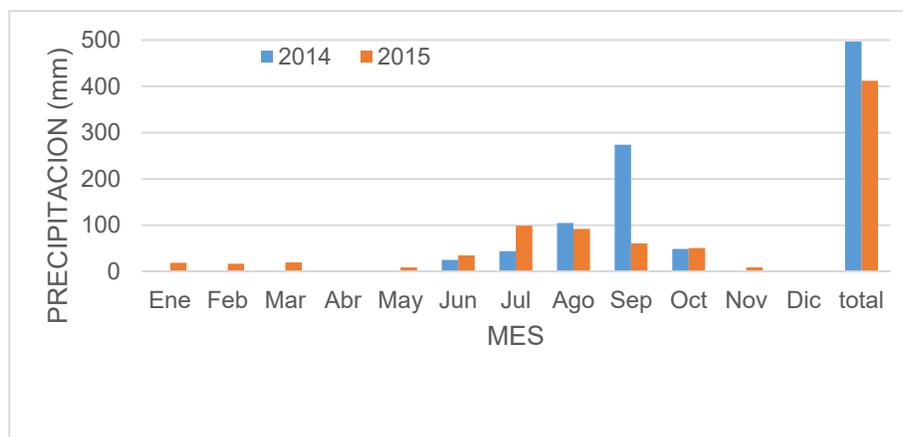
Materiales y Métodos

En agosto de 2014 se recolectaron 48 ecotipos de pasto navajita en diferentes municipios del estado de Chihuahua, desde Nuevo Casas Grandes en el noroeste hasta Matamoros en el sur. Siguiendo la metodología propuesta por Morales (2008), en cada sitio de muestreo se extrajeron cuatro plantas, con un diámetro de 2.5 cm y provistas de raíz. La parte aérea se cortó a una altura de 15 a 20 cm y cada planta fue identificada. Las plantas fueron colocadas en cajas con suelo húmedo para su transporte y trasplante en el Campo Experimental La Campana del INIFAP. La distancia total entre los sitios de recolecta fue de aproximadamente 525 km. El sitio donde se trasplantó el material recolectado es de topografía plana, suelos de origen aluvial con 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 una precipitación promedio de 355 mm anuales (INEGI, 2010). El terreno se preparó con barbecho y doble rastro. Se preparó una parcela para cada especie y el trasplante se realizó al azar. Las plantas fueron trasplantadas en hoyos de aproximadamente 20 cm de profundidad y 15 cm de diámetro. Al momento del trasplante, las plantas fueron regadas para asegurar su establecimiento. En 2015, se realizaron dos riegos de auxilio en el mes de agosto debido a la sequía. La precipitación anual en 2015 fue de 412 mm (Gráfica 1).

De los 48 ecotipos trasplantados en 2014, 47 de ellos se establecieron en 2015. En septiembre de 2015, durante la etapa de floración, se midieron 11 descriptores morfológicos en cada ecotipo. Los descriptores evaluados fueron: altura total de la planta (AP), altura de follaje (AF), densidad de tallos (DT), grosor de tallos (GT), ancho de hoja (AH), largo de hoja (LH), número de espigas (NE), diámetro del macollo (DM), ancho de espiga (AE), largo de espiga (LE) y rendimiento de forraje (RF). La AP se midió desde el nivel del suelo hasta la punta de la inflorescencia más alta.



La AF se midió desde el suelo hasta la altura de las hojas. La DT se obtuvo al contar el número total de tallos. El GT se midió al tomar un tallo al azar de la parte central de la planta. Para medir AH y LH se tomó una hoja al azar de la parte central de la planta. El NE se obtuvo al contar el total de ellas. El DM se midió en la base, a nivel del suelo. El AE y LE se obtuvieron de la parte central y a lo largo de la misma, respectivamente. El RF se obtuvo al estimar el peso seco de las plantas cortadas a 5 cm del suelo. El análisis de los datos morfológicos, se realizó con análisis de componentes principales (ACP), conglomerados (AC), de discriminantes (AD) de correspondencia y un MANOVA mediante el programa estadístico SAS 9.1.3 (2006).



Gráfica 1. Precipitación pluvial mensual y total en el Rancho Experimental La Campana en 2014 y 2015.

Resultados y Discusión

El cuadro 1 muestra los valores de los descriptores morfológicos medidos en los 47 ecotipos. El cuadro 2 muestra que los primeros tres CP estimaron el 96.5% de toda la variabilidad, lo cual es suficiente para explicar la diversidad morfológica de los ecotipos. A diferencia de Morales *et al.* (2009) quienes mostraron que los tres primeros CP explicaron el 57.3% de la variación total en la morfología de ecotipos de navajita en Chihuahua.

Cuadro 1. Datos morfológicos en los ecotipos de zacate navajita medidos en septiembre 2015 en Chihuahua.

Variable	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo
AF	47	34.53	5.14	24.0	46.0
AP	47	64.30	11.53	38.0	92.0
DT	47	68.64	25.75	16.0	120.0
GT	47	1.76	0.33	1.2	2.5
AH	47	2.07	0.43	1.2	3.5
LH	47	19.77	5.14	10.5	35.0
NE	47	2.85	0.51	2.0	4.0
LE	47	3.71	0.54	2.9	4.9
AE	47	3.63	0.83	2.0	5.0
DM	47	8.18	1.81	3.5	14.5
RF	47	25.00	10.22	5.4	47.9



Es importante mencionar que mediante el programa SAS se realizó una transformación canónica. Lo anterior, debido a que los datos o las unidades que se utilizaron para el análisis no eran homogéneos. Para la generación de los grupos se tomó en cuenta solamente las variables de la planta analizadas, donde se observa que se pueden formar diferentes grupos. Para elegir el número de grupos se utilizó el Pseudo estadístico T el cual mostró que se pueden generar 4 grupos. En la gráfica 2 se puede observar el agrupamiento realizado con diferente número de ecotipos en cada grupo. En el GII se encuentran los ecotipos que presentaron el mayor RF ($x=37.4$ gr/pl) y en el GIII se encuentran los que presentaron el menor RF ($x=19.79$ gr/pl). En lo que corresponde a la AP la menor fue para el GI y la mayor para el GIV. De los datos analizados se obtuvieron 4 grupos (GI, GII, GIII, GIV) los cuales estuvieron compuestos por 10, 6, 27 y 4 ecotipos respectivamente. En el GI las características sobresalientes que se obtuvieron fueron los que presentaron la mayor LH y NE, características de ecotipos con buen valor nutricional y alta producción de semilla, sin embargo, presentaron una baja AP, AH, LE, DM y RF; para el GII son los que presentaron el DM mayor pero los menores DT, GT, LH y AE, lo cual indica buena capacidad de crecimiento basal en ecotipos con potencial para disminuir erosión de suelo; Los ecotipos del GIII presentaron los mayores DT, AH, GT y RF y menor NE, ecotipos con potencial de producción de forraje. Finalmente, los ecotipos del GIV se caracterizaron por valores altos de AF, AP, LE y AE con potencial de producción de semilla para estos ecotipos.

Cuadro 2. Proporción de la varianza explicada y acumulada para los componentes principales (CP), basados en la caracterización morfológica de ecotipos de pasto navajita en Chihuahua.

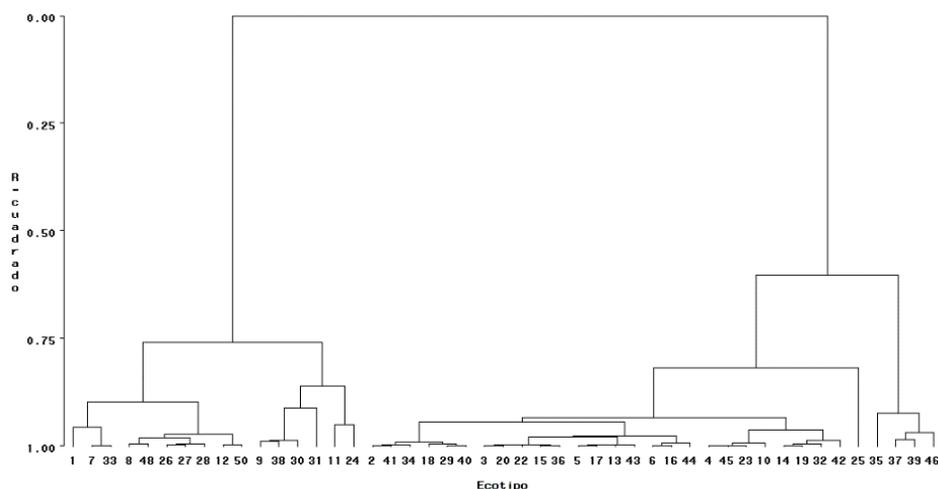
CP	Valor	Diferencia	Proporción	Proporción Acumulada
1	715.80	553.84	0.7472	0.7472
2	161.95	114.73	0.1690	0.9162
3	47.23	24.71	0.0493	0.9655
4	22.52	14.92	0.0235	0.9890
5	7.59	5.91	0.0079	0.9969

La colección *ex situ* de pasto navajita en el estado de Chihuahua presentó una diversidad morfológica amplia, debido tal vez a las condiciones ambientales de los sitios de origen (Morales *et al.*, 2009; Morales *et al.*, 2015). Por lo cual, estos ecotipos tienen características potenciales importantes para la utilización en programas de rehabilitación de pastizales (Bennett *et al.*, 2000; Grenier *et al.*, 2004; Morales *et al.*, 2009). El análisis de discriminantes solamente seleccionó AP, LH y DM como las más importantes ($P<0.05$), las cuales aportaran información importante para la toma de decisiones. El análisis de MANOVA mostró que las variables significativas ($P<0.05$) fueron AP, DM y RF aunque no fue para todos los grupos, ya que el GIII fue el que presentó menores diferencias.



Conclusiones

Existe alta diversidad fenotípica en los ecotipos de pasto navajita recolectados, además, existe diferencias entre las poblaciones que se analizaron. Sin embargo, no todas las variables evaluadas mostraron importancia. Se recomienda la realización de más estudios y el análisis de un mayor número de individuos y de poblaciones más alejadas. Se pudieron identificar algunos ecotipos con características especiales para su uso en resiembras, producción de semilla, entre otras.



Gráfica 2. Dendrograma de los diferentes ecotipos de zacate navajita de acuerdo a sus características morfológicas.

Literatura Citada

- Aguado-Santacruz, G.A., N.E. Leyva-López, K.I. Pérez-Márquez, E. García-Moya, E., J.T. Arredondo-Moreno y J.P. Martínez-Soriano. 2004. Genetic variability of *Bouteloua gracilis* populations differing in forage production at the southernmost part of the North American Graminetum. *Plant Ecology* 170:287-299.
- Arredondo, M.J.T., E. Huber-Sannwald, E. Garcia, M. Garcia y G.A. Aguado. 2005. Selección de germoplasma de zacate navajita con diferente historial de uso en Jalisco, Mexico. *Tec. Pecu. Mex* 43: 371-385.
- Bennett, S. J., D.M. Hayward and F.D. Marshall. 2000. Morphological differentiation in four species of the genus *Lolium*. *Genetics Resources and Crop Evolutions* 47:247-255.
- Grenier, C., P.J. Bramel, J.A. Dahlberg, A.E. Ahmadi, M. Mahmoud, G.C. Peterson, D.T. Rosenow and G. Ejeta. 2004. Sorghums of the Sudan: analysis of regional diversity and distribution. *Genetics Resources and Crop Evolution* 51:489-500.
- INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos-Chihuahua, Chihuahua.
- Morales, N.C.R., C. Avendaño, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. 2015. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano en Chihuahua, México. *Phyton* 84:190-200.
- Morales, N.C.R., L. Madrid, A. Melgoza, M. Martínez, S. Arévalo, Q. Rascón y P. Jurado. 2009. Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita en Chihuahua, Mexico. *Tec. Pecu. Mex* 47 3:245-256.
- Sánchez, C.S. 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México. p. 75-129.
- SAS. 2006. User's guide: Statistics (Version 9.1 ed.). SAS Institute. Cary NC, USA.
- Wilson, E.O. 1992. *The diversity of life*. New York, NY, USA: W.W. Northon and Company, Inc. 424 p.



ANALISIS MORFOLOGICO DE ECOTIPOS DE PASTO NAVAJITA VELLUDA Y LOBERO EN CHIHUAHUA

MORPHOLOGIC ANALYSIS OF HAIRY GRAMA AND WOLFSTAIL GRASS ECOTYPES IN CHIHUAHUA

Pedro Jurado¹, José F. Villanueva², Carlos R. Morales³ y Alan Alvarez³

¹Sitio Experimental La Campana-CIRNOC-INIFAP, ²Sitio Experimental Verdineño-CIRPAC-INIFAP, ³Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH

Resumen

La degradación de los pastizales del norte de México representa una pérdida de su diversidad natural que en la actualidad no se le da la importancia que merece. El objetivo del estudio fue evaluar la diversidad morfológica de los pastos navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*) y lobero (*Muhlenbergia phleoides*) en el estado de Chihuahua, México. Se recolectaron 40 ecotipos de navajita velluda y 34 de lobero en varias localidades del Estado en agosto 2014. Los pastos fueron trasplantados *ex situ* y mantenidos bajo condiciones de temporal. En septiembre de 2015, se midieron características morfológicas, incluyendo altura de planta, altura de forraje, densidad y grosor de tallos, ancho y largo de hoja, ancho de espiga, diámetro de macollo y rendimiento de forraje de los ecotipos. Se utilizaron componentes principales, conglomerados jerárquicos, discriminantes y MANOVA para el análisis estadístico. El análisis de componentes principales mostró que los tres primeros componentes explicaron 77.4%% de la variación morfológica en lobero y 73.8% en navajita velluda. El análisis de conglomerados generó tres grupos en ambas especies y dichos grupos fueron diferentes entre sí. De acuerdo a los datos observados, se dispone de alta variedad morfológica en ambos pastos, con ecotipos sobresalientes en producción y calidad de forraje.

Palabras Clave: pastos nativos, ecotipos forrajeros, diversidad de pastos.

Abstract

Grassland degradation may cause a reduction on their natural diversity which it is not valued as it should be. The objective of the study was to explore morphological diversity of hairy grama grass (*Bouteloua hirsuta*) and wolfstail grass (*Muhlenbergia phleoides*) in Chihuahua, Mexico. Forty ecotypes of hairy grama and 34 ecotypes of wolfstail were collected in several sites within the state of Chihuahua in august 2014. Grasses were trasplanted *ex situ* and kept under natural rainfall conditions. Morphological characteristics of plants were measured in septiembre 2015, including: plant height, forage height, stem density and width, leaf width and length, seedhead width and length, basal diameter, and forage yield. Principal components, cluster, discriminant, and MANOVA analysis were used. Principal components analysis showed that first three principal components explained 77.4% of the morphological variation in wolfstail grass and 73.8% of hairy grama. Cluster analysis generated three groups in both species and those groups were different among them. Based on the observed data, high morphological variation was found among grass ecotypes in both species, and several high-potential ecotypes for forage yield and quality were identified.

Keywords: native grasses, forage ecotypes, grass diversity.



Introducción

Los pastos nativos forrajeros son parte de la diversidad de los pastizales del norte de México. Desafortunadamente, estos pastizales han sufrido una degradación estructural con una reducción de su superficie potencial de un 36.6% (16.3 a 10.3 millones ha) durante el siglo pasado (Sánchez Colon *et al.*, 2009) y además, el 38.5% (3.97 millones ha) de la superficie actual se encuentra deteriorada. La degradación de los pastizales puede causar cambios en las poblaciones naturales de pastos forrajeros nativos. Considerando que la diversidad biológica de los ecosistemas representa una fuente potencial de riqueza para la sociedad (Wilson, 1992), existe la necesidad de realizar estudios sobre la diversidad presente en los pastizales del norte de México. Estudios previos indican que existen diferencias morfológicas y genéticas entre poblaciones de pastos nativos como navajita (*Bouteloua gracilis*) y banderilla (*Bouteloua curtipendula*) en México (Aguado *et al.* 2004; Arredondo *et al.*, 2005; Morales *et al.* 2009 a, b). Sin embargo, debido a la gran diversidad de los pastizales, existen algunas especies como el pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) y navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*) que han sido poco estudiados a pesar de su importancia en los pastizales del norte de México. El objetivo del trabajo fue evaluar la diversidad morfológica del pasto navajita velluda y lobero en los Valles Centrales del estado de Chihuahua, México.

Materiales y Métodos

En agosto de 2014 se recolectaron 40 ecotipos de pasto navajita velluda y 34 de pasto lobero en diferentes municipios del estado de Chihuahua, desde Nuevo Casas Grandes en el noroeste hasta Matamoros en el sur. Siguiendo la metodología propuesta por Morales (2008), en cada sitio de muestreo se extrajeron cuatro plantas, con un diámetro de 2.5 cm y provistas de raíz. La parte aérea se cortó a una altura de 15 a 20 cm y cada planta fue identificada. Las plantas fueron colocadas en cajas con suelo húmedo para su transporte y trasplante en el Campo Experimental La Campana del INIFAP. La distancia total entre los sitios de recolecta fue de aproximadamente 525 km. El sitio donde se trasplantó el material recolectado es de topografía plana, suelos de origen aluvial con 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 una precipitación promedio de 355 mm anuales (INEGI, 2010). El terreno se preparó con barbecho y doble rastro. Se preparó una parcela para cada especie y el trasplante se realizó al azar. Las plantas fueron trasplantadas en hoyos de aproximadamente 20 cm de profundidad y 15 cm de diámetro. Al momento del trasplante, las plantas fueron regadas para asegurar su establecimiento. En 2015, se realizaron dos riegos de auxilio en el mes de agosto debido a la sequía. La precipitación anual en 2015 fue de 412 mm.

Un año después del establecimiento se realizó la caracterización morfológica de cada ecotipo durante la etapa de floración. Los descriptores evaluados fueron: altura total de la planta (AP), altura de follaje (AF), densidad de tallos (DT), grosor de tallos (GT), ancho de hoja (AH), largo de hoja (LH), longitud de inflorescencia (LI), diámetro del macollo (DM) y producción de materia seca (MS). La AP se midió desde el nivel del suelo hasta la punta de la inflorescencia más alta. La AF se midió desde el suelo hasta la altura de las hojas. La DT se obtuvo contando el número total de tallos. El GT se midió con vernier tomando un tallo al azar de la parte central de la planta. Para medir AH y LH se tomó una hoja al azar de la parte central de la planta. La LI se midió tomando una inflorescencia al azar, midiendo de la base hasta la punta de la misma. El DM se midió en la base, a nivel del suelo. La MS se obtuvo cortando las plantas a 5 cm sobre el nivel del suelo. Este



material fue colocado en bolsas de papel y se secaron en una estufa de aire forzado a 70 °C por 48 horas.

Los datos morfológicos fueron analizados para cada especie por separado y se analizaron a través de análisis de componentes principales (ACP), mediante la matriz de correlación. Además, se realizó un análisis de conglomerados jerárquicos (AC) por el método de ligamiento ward. En este análisis, el número de grupos se determinó con base en los pseudo estadísticos F y T². A los grupos formados en AC se les realizó un análisis discriminante (AD), para evaluar cuáles fueron las variables con mayor poder discriminante y corroborar que los datos estuvieran bien clasificados. Lo anterior, se realizó mediante el método de resustitución. Además, se realizó un análisis de varianza multivariado (MANOVA) con contrastes ortogonales, para evaluar las diferencias entre los grupos formados. Los análisis fueron realizados mediante el paquete estadístico SAS (2006) y las gráficas se realizaron mediante el programa MINITAB 17.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del ACP, tanto para el pasto lobero como para el navajita velluda. En pasto lobero los primeros tres componentes principales (CP) explicaron 77.4 % de la variación morfológica presentada entre los ecotipos; mientras que en navajita velluda con los tres primeros CP se explicó el 73.8 % de la variación. En el Cuadro 2 se muestra el coeficiente de correlación (r) de los primeros dos componentes principales con las variables analizadas. En pasto lobero, las variables más correlacionadas con el CP 1 fueron AF, AP, DT, DM y RF. Con el CP 2 se correlacionaron mayormente variables relacionadas con la calidad de forraje, las cuales fueron DT y GT. Con respecto al pasto navajita velluda, las variables más correlacionadas con el CP 1 fueron AF, AP, DT, RF. Las variables que más se correlacionaron con el CP 2 fueron DT, LH, DM.

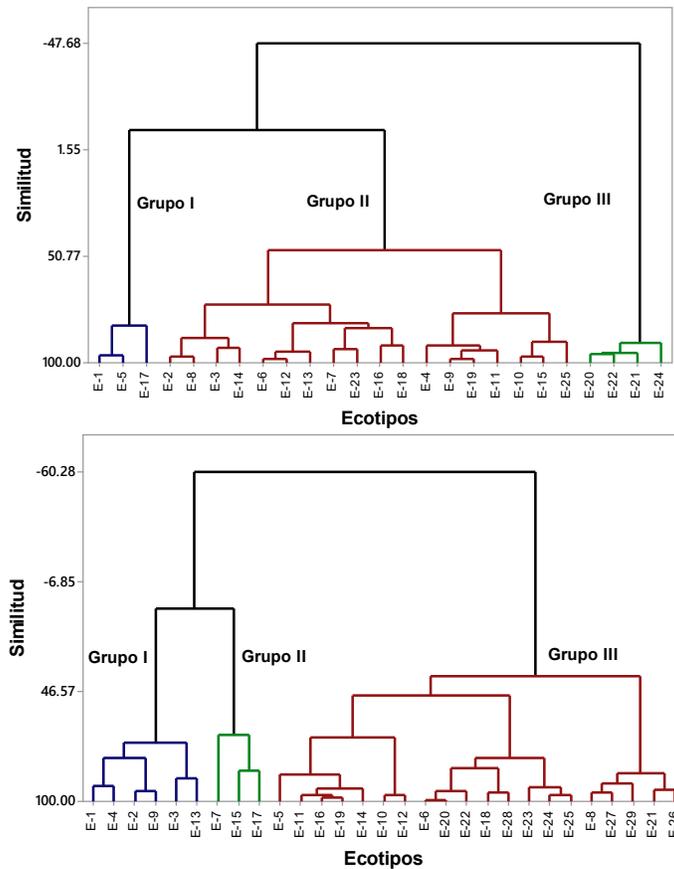
Cuadro 1. Valores característicos y proporción de la varianza explicada para los componentes principales (CP), basados en la caracterización morfológica de ecotipos de pasto lobero y navajita velluda en Chihuahua.

CP	Lobero			CP	Navajita velluda		
	Valor característico	Proporción de la varianza total explicada (%)	Proporción de la varianza Acumulada (%)		Valor característico	Proporción de la varianza total explicada (%)	Proporción de la varianza Acumulada (%)
1	4.53	50.42	50.41	1	3.04	38.11	38.11
2	1.50	16.74	67.14	2	1.87	23.44	61.55
3	0.92	10.31	77.45	3	0.98	12.34	73.89
4	0.87	9.72	87.17	4	0.85	10.68	84.57
5	0.47	5.24	92.41	5	0.54	6.82	91.39

En el AC de acuerdo a los pseudo estadísticos F y T² se formaron tres grupos en ambas especies (Gráfica 1). En pasto lobero con tres grupos se explicó 60 % de la variación total, mientras que en navajita velluda, tres grupos explicaron 65 % de la variación. En pasto lobero, el grupo I quedo conformado por tres ecotipos, el grupo II por 18 y el grupo III por cuatro. En navajita velluda el grupo I se conformó por seis ecotipos, el grupo II por tres y el grupo III por 20. De acuerdo al AD no se presentaron observaciones mal clasificadas en ambas especies (P<0.0001). Además, las variables con mayor poder discriminante fueron AF, DT, GT y RF para pasto lobero. En navajita velluda las variables con mayor poder discriminante fueron AF, DT, AH, LH y RF. De acuerdo al MANOVA se presentaron diferencias entre grupos, tanto en pasto lobero (Wilks's lambda= 0.013;

Cuadro 1. Correlación de nueve variables morfométricas con los primeros dos componentes principales (CP), evaluados en poblaciones de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) y navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*) del estado de Chihuahua.

	Lobero		Navajita velluda	
	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
Altura de forraje	0.911	0.20	0.71	0.47
Altura de planta	0.850	0.33	0.83	0.15
Densidad de tallos	0.81	-0.51	0.69	-0.62
Grosor de tallo	0.20	0.78	0.15	0.46
Ancho de hoja	0.41	-0.01	0.34	0.39
Largo de hoja	0.66	0.17	0.42	0.67
Largo de inflorescencia	0.58	0.44	*	*
Diámetro de macollo	0.78	-0.30	0.49	-0.57
Rendimiento de forraje	0.84	-0.40	0.89	-0.28



Gráfica 1. Dendrograma del análisis de nueve variables morfológicas para 25 ecotipos de pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) (arriba) y 29 de navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*) (abajo), con base en el método de ligamiento Ward.

P<0.0001) como en navajita velluda (Wilks's lambda= 0.054; P<0.0001). Además, todos los grupos fueron diferentes entre sí (P<0.0001).



En estudios realizados para caracterizar la diversidad morfológica de pasto punta blanca (*Digitaria californica*) y gigante (*Leptochloa dubia*) se explicó el 79 % y el 75 % de la variación total con tres componentes principales (Morales *et al.*, 2012, 2015). Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio. De acuerdo a lo anterior, en el pasto lobero el grupo I al presentar los valores más altos en el CP1 y más bajos en el CP2, pueden ser considerados como los de mayor producción y calidad de forraje. El grupo III se caracterizó por ecotipos que mostraron baja productividad. En pasto navajita velluda, el CP1 mostró mayor influencia por variables relacionadas con producción de forraje; mientras que el CP2 se correlacionó negativamente con variables relacionadas con la productividad y positivamente ligadas con calidad de forraje. Debido a esto, el grupo I al presentar valores altos en el CP1 y bajos en el CP2 se puede catalogar como de mayor productividad. El grupo II presentó los valores más altos en el CP2, por lo que se puede clasificar como los de mayor calidad de forraje. Sin embargo, sus ecotipos presentaron valores altos y bajos con respecto al CP1. No obstante, es importante que estos ecotipos sigan siendo evaluados, ya que las diferencias en rendimiento pueden variar a través de los años (Schellenberg *et al.*, 2012). En ambas especies las variables con mayor poder discriminante fueron AF, DT, GT, LI y RF. Esto concuerda con los resultados de un estudio donde caracterizaron morfológicamente la diversidad de pasto navajita (Morales *et al.*, 2009a).

Conclusiones

Los recursos genéticos de pasto lobero y navajita velluda recolectados presentaron alta variabilidad morfológica, por lo que se dispone de amplia riqueza morfológica en estas especies en el estado de Chihuahua. Además, se detectaron ecotipos con alto potencial forrajero que pueden ser incluidos en programas de selección de especies para rehabilitación de pastizales. En ambas especies las variables con mayor poder discriminante fueron AF, DT, GT, LI y RF, por lo que se recomienda considerarlas para futuros trabajos donde se caractericen morfológicamente especies forrajeras.

Literatura Citada

- Aguado-Santacruz, G.A., N.E. Leyva-López, K-I. Pérez-Márquez, E. García-Moya, J.T. Arredondo-Moreno y J.P. Martínez-Soriano. 2004. Genetic variability of *Bouteloua gracilis* populations differing in forage production at the southernmost part of the North American Graminetum. *Plant Ecology* 170:287-299.
- Arredondo, M.J.T., E. Huber-Sannwald, E. Garcia, M. Garcia y G.A. Aguado. 2005. Selección de germoplasma de zacate navajita con diferente historial de uso en Jalisco, México. *Tec. Pecu. Mexico* 43: 371-385.
- INEGI. 2010. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos-Chihuahua.
- MINITAB. 2017. www.minitab.com. Consultado: septiembre 2016.
- Morales, N.C.R., A. Melgoza, P. Jurado, M. Martínez y C. Avendaño. 2012. Caracterización fenotípica y molecular de poblaciones de zacate punta blanca. *Rev Mex Cienc Pecuarias* 3:171-184.
- Morales, N.C.R., L. Madrid, A. Melgoza, M. Martínez, S. Arévalo, Q. Rascón y P. Jurado. 2009a. Análisis morfológico de la diversidad del pasto navajita en Chihuahua, Mexico. *Tec. Pecu. Mexico* 47: 245-256.
- Morales, N.C.R., A. Quero, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. 2009b. Diversidad forrajera del pasto banderita en poblaciones de zonas áridas y semiáridas en Mexico. *Tec. Pecu. Mexico* 47(3): 231-244.
- Morales, N.C.R., C. Avendaño, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. 2015. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de zacate temprano en Chihuahua, México. *Phyton* 84: 190-200.
- Sánchez, C.S. *et al.* 2009. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas, en *Capital natural de México*, vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. CONABIO, México. pp. 75-129.
- SAS. 2006. User's guide: Statistics (Version 9.1 ed.). SAS Institute. Cary NC, USA.
- Schellenberg, M.P., B. Biligetu, G.J. McLeod and Z. Wang. 2012. Phenotypic variation of side-oats grama grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] collections from the Canadian prairie. *Can J Plant Sci.* 92:1043-1048.
- Wilson, E.O. 1992. *The diversity of life*. New York, NY, USA: W.W. Northon and Company, Inc. 424 p.



EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE ECOTIPOS DE ZACATE GIGANTE [(*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.) EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

EVALUATION OF MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF GREEN SPRANGLETOP [(*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.) POPULATIONS IN THE STATE OF CHIHUAHUA

Carlos R. Morales-Nieto^{1*}, Pedro Jurado Guerra², José F. Villanueva³, Daniel Alejandro López Peña¹, Alicia Melgoza Castillo¹.

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1. Código postal 31000. Chihuahua, Chihuahua. México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). S. E. La Campana, Chihuahua. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). S. E. Verdineño, Nayarit.
morales_nieto_c_r@hotmail.com

Resumen

La diversidad morfológica en poblaciones nativas de México puede ser evaluada *ex situ* para seleccionar individuos sobresalientes. Se evaluó la variabilidad de ecotipos de zacate gigante [(*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.) en Chihuahua. En 2014 se recolectaron 24 ecotipos en ranchos de Chihuahua, se trasplantaron en campo y de los 21 establecidos, 17 fueron caracterizados morfológicamente mediante 12 descriptores. Se realizaron análisis de componentes principales (CP) y conglomerados. Los tres primeros CP explican 73.3 % de la variación total. Las variables que más contribuyeron en CP1 fueron longitud de inflorescencia (0.858), ancho de espiga (0.799), altura de planta (0.749) y largo de espiga (0.709). Para el CP2 las variables densidad de tallos (0.834), diámetro de macollo (0.817) y producción de materia seca (0.808) fueron los que más contribuyeron. Al correlacionar producción de materia seca con 12 variables morfológicas, se presentaron correlaciones significativas con altura de follaje ($r = 0.58$; $P \leq 0.0151$), densidad de los tallos ($r = 0.54$; $P \leq 0.0238$) y altura de planta ($r = 0.50$; $P \leq 0.0391$). Además, al correlacionar las variables morfológicas con los tres primeros CP se presentó significancia estadística. El CP1 presentó correlación significativa ($P \leq 0.0001$) con longitud de inflorescencia (86 %), ancho de espiga (80%), largo de espiga (71 %) y número de espiga (70 %). El CP2 presentó correlación significativa ($P \leq 0.0001$) con densidad de tallos (83 %), diámetro de macollo (82 %) y producción de materia seca (81 %). Se detectaron ecotipos con potencial para producción de semilla (G3, G25 y G26) y forraje (G3 y G28).

Palabras clave: Caracterización, descriptores, variabilidad, colección *ex situ*.

Abstract

Morphological diversity in native populations of Mexico can be assessed *ex situ* to select individuals. In this study we evaluated the morphological variability of green sprangletop [(*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.) populations in Chihuahua. During the year 2014, 24 ecotypes were collected from ranches of Chihuahua and then transplanted in the field. From 21 established ecotypes, 17 were morphologically characterized through 12 descriptors. Principal component (PC) and cluster analyses were performed. The first three PC explained 73.3 % of the total variation. The variables that most contributed to PC1 were inflorescence length (0.858), spike thickness (0.799), plant height (0.749) and spike length (0.709). For CP2, the variables of stem density (0.834), tiller diameter (0.817) and dry matter production (0.808) had the greatest contribution. By correlating dry matter production with morphological variables, significant correlations were observed with forage height ($r = 0.58$; $P \leq 0.0151$), stem density ($r = 0.54$;



$P \leq 0.0238$) and plant height ($r = 0.50$; $P \leq 0.0391$). In addition, when the 12 morphological variables were correlated to the first three PC, significant correlations were found. PC1 significantly correlated ($p \leq 0.0001$) with inflorescence length (86 %), spike thickness (80 %), spike length (71 %) and spike number (70%). PC2 presented significant correlation ($p \leq 0.0001$) with stem density (83 %), tiller diameter (82 %) and dry matter production (81 %). Ecotypes with potential for seed production (G3, G25 and G26) and forage (G3 and G28) were detected.

Key words: Characterization, descriptors, phenotypic variability, *ex situ* collection

Introducción

En el estado de Chihuahua existen más de 500 mil hectáreas de tierras de cultivo de temporal, que fueron pastizales y se abrieron al cultivo pero que ahora están abandonadas, debido a su baja precipitación y mala calidad del suelo (Esqueda *et al.*, 2004). Por lo anterior, estas tierras necesitan ser resembradas para recuperar su producción de forraje y regresarlas a una ganadería más productiva y sostenible. La variabilidad morfológica que existe dentro de una especie es el resultado de adaptaciones a condiciones ambientales donde crece cada población (Valladares *et al.*, 2007). Ésta diversidad puede ser evaluada utilizando colecciones *ex situ*, en donde todos los ecotipos son colocadas bajo las mismas condiciones naturales (Morales *et al.*, 2009). Una de las especies nativas de México, perennes de vida larga y resistente a la sequía es el zacate gigante [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.], importante para el ganado y ampliamente distribuido en el estado de Chihuahua (Melgoza *et al.*, 2008). Sin embargo, el sobrepastoreo ha provocado la reducción de sus poblaciones naturales (Holecheck *et al.*, 1989; Weber *et al.*, 2000). Por lo tanto, son necesarios estudios sobre la conservación y el potencial forrajero de especies nativas como el gigante. El objetivo fue evaluar la variabilidad morfológica de ecotipos de zacate gigante en el estado de Chihuahua.

Materiales y Métodos

En el año 2014 se recolectaron 24 ecotipos (planta de una población) de zacate gigante en diferentes municipios del estado de Chihuahua. Durante los meses de agosto y septiembre se lograron establecerse 21 ecotipos de los cuales se evaluaron 17 ecotipos. Las poblaciones fueron clasificadas de acuerdo a la distancia y establecimiento en campo, ya que cada población estaba separada por una distancia mínima de 50 km. La caracterización morfológica se realizó solo en los 17 ecotipos establecidos. En cada sitio de muestreo se extrajeron cuatro plantas, con un diámetro de 2.5 cm y provista de raíz (Morales, 2008) para cada uno de los 24 ecotipos. Las plantas fueron colocadas en cajas con suelo húmedo para su transporte y trasplante en el Campo Experimental La Campana del INIFAP. El sitio donde se trasplantó el material recolectado es de topografía plana, suelos de origen aluvial con 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 una precipitación promedio de 355 mm anuales (Royo y Lafón, 2008). Los zacates se mantuvieron en condiciones de precipitación natural. En septiembre de 2015 se realizó la caracterización en la cual se midieron descriptores en cada ecotipo durante la etapa de floración. Los descriptores evaluados fueron: altura total de la planta (AP), altura de follaje (AF), densidad de tallos (DT), grosor de tallos (GT), ancho de hoja (AH), largo de hoja (LH), longitud de inflorescencia (LI), número de espigas (NE), diámetro del macollo (DM), ancho de espiga (AE), largo de espiga (LE) y producción de materia seca (MS). A los datos morfológicos se les realizó un análisis de componentes principales (ACP) y un análisis de conglomerados (AC), mediante el programa estadístico SAS 9.1.3 (2006). Para obtener la gráfica de dispersión y el dendrograma se utilizó el programa MINITAB.



Resultados y Discusión

La altura de planta varió de 56 hasta 128 cm y la del follaje de 36 hasta 62 cm. La densidad y grosor de tallos tuvo un rango de 15 a 58 y de 2.2 a 4.0 mm, respectivamente. El ancho de hoja fue de 5.0 a 8.0 mm y el largo de hoja mantuvo un rango de 13.7 a 30.9 cm. La longitud de inflorescencia fue de 16.5 a 27.6 cm. El número de espigas fluctuó de 8 a 20 y el diámetro de macollo tuvo un rango de 5.4 a 13 cm. El ancho y largo de espiga fue de 1 a 3 mm y de 6.5 a 10.8 cm, respectivamente. Finalmente, los valores de materia seca fueron de 14.9 – 90.9 g planta⁻¹.

El análisis de componentes principales (ACP) mostró que los tres primeros componentes principales (CP), explican el 73.3 % de la variación total observada. Morales *et al.* (2013) al realizar una caracterización morfológica en poblaciones de zacate gigante en el estado de Chihuahua, México, reportaron que los tres primeros CP explicaron el 75.3 % de la variación total observada. Además, Casler *et al.* (2005) al caracterizar la adaptación latitudinal de 20 ecotipos de panizo azul (*Panicum virgatum* L.) en cinco localidades de Texas y Dakota del sur, obtuvieron un 73.6 % en altura de planta.

Las variables fenotípicas que más contribuyeron con el CP1 fueron longitud de inflorescencia, ancho de espiga, altura de planta y largo de espiga. Estas variables están relacionadas con potencial para producción de semilla. Para el CP2 las variables densidad de tallos, diámetro de macollo y producción de materia seca fueron las de mayor contribución y pueden estar relacionadas con un mayor potencial para la producción de forraje.

Al correlacionar producción de materia seca con las 12 variables morfológicas, se presentaron correlaciones positivas y significativas con altura de follaje ($r = 0.58$; $P \leq 0.0151$), densidad de los tallos ($r = 0.54$; $P \leq 0.0238$) y altura de planta ($r = 0.50$; $P \leq 0.0391$). Además, al correlacionar las 12 variables morfológicas con los tres primeros componentes principales se presentaron correlaciones significativas. El CP1 presentó una correlación significativa ($p \leq 0.0001$) con longitud de inflorescencia (86 %), ancho de espiga (80 %), largo de espiga (71 %) y número de espiga (70 %). El CP2 presentó una correlación significativa ($p \leq 0.0001$) con densidad de tallos (83 %), diámetro de macollo (82 %) y producción de materia seca (81 %). También, Morales *et al.* (2013) al correlacionar materia seca con variables morfológicas en un estudio donde evaluaron ecotipos de zacate gigante en el estado de Chihuahua, México, reportan correlaciones positivas y significativas con la altura de follaje ($r = 0.58$; $P \leq 0.0005$), altura de la planta ($r = 0.58$; $P \leq 0.0005$) y la densidad de los tallos ($r = 0.55$; $P \leq 0.0009$).

El análisis de conglomerados jerárquicos integró tres grupos basados en el método de ligamiento WARD (Figura 1). El grupo I (G-I) estuvo integrado por cinco ecotipos originarias de los municipios de Satevó, Chihuahua, General Trías y Parral. Estos ecotipos se caracterizaron por presentar mayor altura de planta y mayor longitud de inflorescencia, así como también mayor número de espigas. Este grupo integró los ecotipos con las espigas más anchas y largas. El grupo II (G-II) integró cuatro ecotipos originarias del municipio de Chihuahua y General Trías. Estos ecotipos se caracterizaron por presentar alta densidad de tallos, mayor diámetro de macollo y alto producción de materia seca. Finalmente, el grupo III (G-III) integró ocho ecotipos originarias de los municipios de Chihuahua, Buenaventura, General Trías y Parral. Estos ecotipos presentaron mayor grosor de tallos y ancho de hojas, mientras que las demás variables presentaron los valores más bajos (Figura 1). La dispersión de los ecotipos (Figura 2) no fue aleatoria, ya que se establecieron grupos con base en sus áreas de adaptación climática o lugares de origen. Otros estudios realizados en zacates de los géneros *Lolium* (Bennett *et al.*, 2000), *Bromus* (Ferdinandez



y Coulman, 2004), *Panicum* (Casler, 2005) y *Bouteloua* (Morales *et al.*, 2009) concluyen que la evaluación de la variabilidad morfológica constituye la base para seleccionar material para restauración ecológica, producción de forraje, retención de suelo y resistencia a sequía.

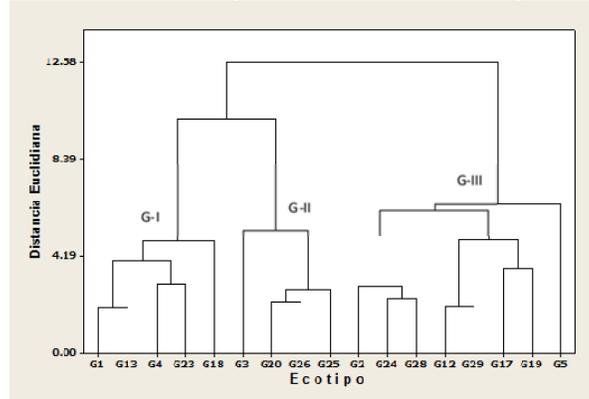


Figura 1. Dendrograma del análisis de 12 variables morfológicas en 17 ecotipos de zacate gigante [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.] con base en el método de ligamiento Ward.

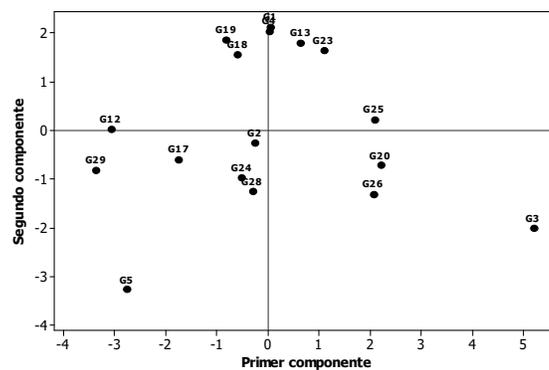


Figura 2. Distribución de la diversidad morfológica de 17 ecotipos de zacate gigante [*Leptochloa dubia* (Kunth) Nees.] en función de los dos primeros componentes principales, obtenidos con la matriz de correlación de las 12 variables.

Conclusiones

Se encontró alta variabilidad morfológica en ecotipos de zacate gigante. Se detectaron ecotipos con potencial para ser utilizados para producción de semilla y forraje. Los ecotipos G3, G25 y G26 presentaron el mayor potencial para producción de semilla. Los ecotipos G3 y G28 presentaron el mayor potencial para producción de forraje. El ecotipo G3 presentó alto potencial para producción de semilla y forraje, el cual puede utilizarse para doble propósito. Estos ecotipos tienen potencial para ser seleccionadas e incluidas en una colección elite con la finalidad de obtener su registro como variedades, previa evaluación y seguimiento en campo. Además, esta diversidad pudiera contribuir en programas de mejoramiento genético, considerando otras características como adaptación al cambio climático y resistencia a sequía.



Literatura Citada

- Bennett, S. J., M. D. Hayward y D. F. Marshall. 2000. Morphological differentiation in four species of the genus *Lolium*. *Genetics Resources and Crop Evolutions*. 47:247-255.
- Casler, M. D. 2005. Ecotypic variation among switchgrass populations from the Northern USA. *Crop Science*. 45:388-398.
- Esqueda, M. H., S. Echavarría, J. S. Sierra, P. Jurado y R. Escobar T. 2004. Tecnología para el establecimiento de gramíneas en áreas de agricultura marginal. Publicación Técnica 1. Campo Experimental La Campana-INIFAP-SAGARPA. México.
- Ferdinandez, Y. S. N. y B. E. Coulman (2004). Genetic relationships among smooth brome grass cultivars of different ecotypes detected by AFLP markers. *Crop Science* 44:241-247.
- Holecheck, J. L., R. D. Pieper y C. H. Herbel. 1989. Range management principles and practices. Regents Prentice-Hall, Inc. New Jersey, EU.
- Melgoza, A., C. R. Morales, J. S. Sierra, M. H. Royo, G. Quintana y T. Lebgue. 2008. Manual práctico para la identificación de las principales plantas en los agostaderos de Chihuahua. Segunda edición Unión Ganadera Regional de Chihuahua-Fundación PRODUCE Chihuahua. México.
- Morales, N. C., R. Quero, J. Pérez, A. Hernández y O. Le Blanc. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia*. 42:767-775.
- Morales, N. C., A. R. Quero, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. 2009. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Tec Pecu Mex*. 47:231-244.
- Morales, N. C., O. Rivero, A. Melgoza, P. Jurado y M. Martínez. 2013. Caracterización morfológica y molecular de *Leptochloa dubia* (poaceae) en Chihuahua, México. *POLIBOTANICA*. 36:79-94
- Royo, M. M. y A. Lafón. 2008. Descripción fisiográfica, diversidad vegetal y vertebrados del rancho experimental La Campana. En: A. Chávez y R. Carrillo (eds.). *Rancho Experimental La Campana 50 Años de Investigación y Transferencia de Tecnología en Pastizales y Producción Animal*. INIFAP. Chihuahua, Chih. México.
- SAS, Institute Inc. 2006. SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Valladares, F., E. Gianoli, y J. M. Gómez. 2007. "Ecological limits to plant phenotypic plasticity". *New Phytol*. 176:749-763.
- Weber, G. E., K. Moloney y F. Jeltsch. 2000. Simulated long-term vegetation response to alternative stocking strategies in savanna rangelands. *Plant Ecology*. 150:77-96.



DESCRIPTORES MORFOLÓGICOS EN CUATRO VARIEDADES DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) SEMBRADOS EN DIFERENTES SUSTRATOS

MORPHOLOGICAL DESCRIPTORS IN FOUR SIDE-OATS GRAMA (*Bouteloua curtipendula*) VARIETIES PLANTED IN DIFFERENT SUBSTRATES

Jesús Manuel Ochoa-Rivero^{1*}, Carlos R. Morales-Nieto², J. Santos Sierra-Tristán¹, José Luis García-Pérez¹, Mario Humberto Royo-Márquez¹ y Gilberto Hernández-Peña².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). S. E. La Campana, Chihuahua.

²Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada kilómetro 1. Código postal 31000. Chihuahua, Chihuahua, México. morales_nieto_c_r@hotmail.com

Resumen

El objetivo fue evaluar descriptores morfológicos en variedades de pasto banderita, sembrados en diferentes sustratos. El estudio se realizó en el Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua. Se utilizaron dos variedades de pasto banderita (Niner y Haskell) y dos mexicanas (Maturana y Chihuahua-75). Se emplearon contenedores de poliestireno y como sustrato se utilizaron cuatro mezclas: 1) 100 MB (peat moss, vermiculita y agrolita + fertilizante de liberación controlada), 2) 75 MB + 25 CPC, 3) 50 MB + 50 CPC y 4) 25 MB + 75 CPC. El experimento se distribuyó en un diseño de bloques completos en parcelas divididas con tres repeticiones. Las variables fueron altura de planta, ancho de tallo, longitud de raíz seminal y ancho de hoja. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con PROC GLM (SAS 9.0; Tukey). La altura de planta y ancho de hoja en las variedades se registró desde 13.9 hasta 59.5 cm y desde 0.10 hasta 0.50 cm, respectivamente. Al correlacionar altura de planta con longitud de raíz y ancho de tallo con longitud de raíz seminal y ancho de hoja, se presentaron correlaciones significativas ($P \leq 0.0001$; $r = 0.61$; $P \leq 0.0001$; $r = 0.39$; $r = 0.57$). Además, se correlacionó positivamente ($P \leq 0.0001$; $r = 0.42$) longitud de raíz seminal con ancho de hoja. La variable altura de planta manifestó variaciones significativas entre variedades ($P \leq 0.0001$). Se encontraron diferencias ($P \leq 0.0001$) entre variedades en ancho de hoja. Los resultados no arrojaron variaciones entre sustratos ($P \geq 0.0001$). Las variables morfológicas con mayor variación en las variedades de pasto banderita fueron altura de planta y ancho de hoja.

Palabras clave: *Bouteloua curtipendula*, variación morfológica, variedades, sustratos

Abstract

The objective was to evaluate morphological descriptors on sideoats grama grass varieties planted in different substrates. The study was conducted at the Experimental Station "La Campana", located in Aldama, Chihuahua. Two commercial (Niner and Haskell) and two Mexican (Maturana and Chihuahua-75) varieties of sideoats grama were used. Polystyrene containers were used and the following four mixtures were used as substrates: 1) 100 MB (peat moss, vermiculite and agrolite + controlled release fertilizer), 2) 75 MB + 25 CPC, 3) 50 MB + 50 CPC and 4) 25 MB + 75 CPC. The experiment was arranged in a complete block design with three replications in split plots. The variables evaluated were plant height, stem width, length and width of leaves and length of the seminal root. An analysis of variance (ANOVA) with PROC GLM (SAS 9.0) and the Tukey test was performed. Plant height and width of leaf on the varieties ranged from 13.9 to 59.5 cm and from 0.10 to 0.50 cm, respectively. By correlating plant height with root length and length of stem with length and width of seminal root, significant correlations ($r = 0.61$; $P \leq 0.0001$; $r = 0.39$; $r = 0.57$ $P \leq 0.0001$) were found. In addition, seminal root length with blade width was correlated



positively ($P \leq 0.0001$; $r = 0.42$). The variable plant height showed significant variations between varieties ($P \leq 0.0001$). Differences ($P \leq 0.0001$) between varieties in leaf width were found. Variations between substrates ($P \geq 0.0001$) were not found. The morphological variables with the highest variation in sideoats varieties were plant height and leaf width.

Palabras clave: *Bouteloua curtipendula*, morphological variation, varieties, substrates

Introducción

Los pastizales nativos en México han sido sometidos a un sobrepastoreo continuo, lo cual ha ocasionado que en la actualidad presentan diferentes grados de erosión y reducción de pastos forrajeras de importancia ganadera (Gauthier *et al.*, 2003). Este sobrepastoreo y otras prácticas inadecuadas en los pastizales del estado de Chihuahua han ocasionado deterioro y una fuerte invasión de especies poco deseables (Valerio *et al.*, 2005). La recuperación total o parcial a corto plazo de estos pastizales se puede lograr solo a través de la resiembra de pastizales, sin embargo, es necesario utilizar especies o variedades debidamente evaluadas y seleccionadas.

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una especie nativa que produce abundante forraje muy apetecido por el ganado. Se adapta a diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas y es resistente a la sequía (Willard y Schuster, 1971). Se localiza en planicies y lomeríos y contiene buen valor forrajero por eso es considerado como excelente forraje para pastoreo (Stubbenieck *et al.*, 1982). No obstante, las malas prácticas antropogénicas y factores climáticos han propiciado la reducción y desaparición de poblaciones de pasto banderita (Holecheck *et al.*, 1989). Por lo anterior, es importante evaluar las variedades existentes de esta especie, colocando las plantas en un mismo ambiente para detectar características de importancia (Erickson *et al.*, 2004). El objetivo de la presente investigación fue evaluar descriptores morfológicos en cuatro variedades de pasto banderita, sembrados en diferentes sustratos.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en un vivero ubicado en el Sitio Experimental La Campana, Aldama, Chihuahua del 19 de junio al 08 agosto de 2016 (49 días). Se utilizaron dos variedades comerciales de pasto banderita (Niner y Haskell) y dos mexicanas (Maturana y Chihuahua-75). Se emplearon contenedores de poliestireno expandido Copperblock[®] de 77 cavidades fusionadas con una capacidad de 170 cm³. Como sustrato se utilizaron cuatro mezclas: 1) 100 MB, 2) 75 MB + 25 CPC, 3) 50 MB + 50 CPC y 4) 25 MB + 75 CPC. La siembra se realizó el 19 de junio de 2016 y en cada cavidad se sembraron seis semillas a una profundidad de 2 cm. Para minimizar factores de confusión, el experimento se distribuyó en un diseño de bloques completos en parcelas divididas con tres repeticiones. Por tanto, se consideró la parcela grande como las mezclas de sustratos y las parcelas chicas como las variedades. Las variables evaluadas fueron altura de la planta (cm), ancho de tallo (cm), longitud de raíz seminal (cm) y ancho de hoja (cm). Para el análisis de los datos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por el procedimiento PROC GLM con el paquete estadístico SAS 9.0 y se utilizó la prueba de comparación de medias de Tukey.



Resultados y Discusión

Las variables evaluadas a los 49 días después de la siembra mostraron que la altura de planta en las variedades de pasto banderita varió desde los 13.9 cm hasta 59.5 cm. El ancho de tallo de las cuatro variedades fluctuó desde 0.32 cm hasta 1.62 cm. La longitud de raíz seminal tuvo un rango desde 9.4 cm hasta 29.5 cm. Finalmente, los valores de ancho de hoja fluctuaron desde 0.10 cm hasta 0.50 cm.

Al correlacionar la altura de planta con la longitud de la raíz seminal se presentaron correlaciones significativas ($P \leq 0.0001$; $r = 0.61$). También, al correlacionar el ancho de tallo con la longitud de la raíz seminal y el ancho de hoja, se presentó una correlación significativas ($P \leq 0.0001$; $r = 0.39$; $r = 0.57$, respectivamente). Además, se correlacionó positivamente ($P \leq 0.0001$; $r = 0.42$) la longitud de la raíz seminal con el ancho de hoja.

A partir de correlaciones entre variables se pueden seleccionar variedades (Niner, Maturana) con base a los resultados previamente mencionados. Estas correlaciones y varianzas observadas son diferentes a las obtenidas por Schellenberg *et al.* (2012), ya que ellos evaluaron el comportamiento en la variación fenotípica de colecciones de pasto banderita en otra etapa fenológica en varias localidades de Canadá.

La variable altura de la planta manifestó variaciones significativas entre variedades ($P \leq 0.0001$). De igual manera, se encontraron diferencias ($P \leq 0.0001$) entre variedades en ancho de hoja. Es importante mencionar que los resultados no arrojaron variaciones entre sustratos ($P \geq 0.0001$). Estos resultados concuerdan con lo reportado por De León (2013) quien no encontró diferencias entre sustratos durante la producción de *B. curtipendula* y *B. gracilis* en vivero. Para el caso particular de las variables: ancho de tallo y longitud de raíz seminal no hubieron diferencias ($P \geq 0.0001$) entre sustrato y variedades. Además, al comparar las medias obtenidas en cada una de las variables evaluadas en los diferentes sustratos, no se encontraron diferencias ($P \geq 0.0001$; Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables evaluadas con los diferentes sustratos

Sustratos	Altura de planta (cm)	Ancho de tallo (cm)	Longitud de raíz seminal (mm)	Ancho de hoja (cm)
1 = 100 MB (Mezcla base)*	42.80±2.63a	0.96±0.06a	17.73±1.16a	0.34±0.026a
2 = 75 MB + 25 CPC**	41.22±2.63a	1.15±0.06a	20.75±1.16a	0.40±0.026a
3 = 50 MB + 50 CPC	37.75±2.63a	1.11±0.06a	18.90±1.16a	0.33±0.026a
4 = 25 MB + 75 CPC	39.48±2.63a	1.04±0.06a	19.34±1.16a	0.35±0.026a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($P \leq 0.0001$)

*MB = Peat moss, vermiculita y agrolita + fertilizante de liberación controlada

**CPC = Corteza de pino composteada

Sin embargo, al comparar las medias obtenidas en cada una de las variables evaluadas en las diferentes variedades, se encontraron diferencias ($P \geq 0.0001$) en altura de planta y ancho de hoja (Cuadro 2). Otros estudios realizados en pastos del género *Panicum* (Casler, 2005), *Bromus* (Ferdinandez y Coulman, 2004) y *Bouteloua* (Morales *et al.*, 2009), concluyen que la evaluación de la variabilidad morfológica constituye la base para seleccionar material para diversos usos (restauración, retener suelo, resistentes a sequía, entre otros).

**Cuadro 2.** Comparación de medias de las variables evaluadas en las cuatro variedades de pasto banderita.

Variedad	Altura de planta (cm)	Ancho de tallo (cm)	Longitud de raíz seminal (mm)	Ancho de hoja (cm)
Niner	42.25±2.63ab	1.02±0.06a	20.99±1.16a	0.31±0.02bc
Haskell	34.51±2.63b	1.13±0.06a	19.25±1.16a	0.42±0.02a
Maturana	46.04±2.63a	1.09±0.06a	19.62±1.16a	0.40±0.02ab
Chihuahua-75	38.45±2.63ab	1.02±0.06a	16.86±1.16a	0.27±0.02c

Por otra parte Amme (1985) evaluó la producción de plantas (10 tipos de pastos) con la combinación de peat moss y vermiculita y concluye que el producir plantas en contenedores ha funcionado con éxito para trasplante de gramíneas perennes para siembras y recolección de semilla.

Conclusiones

Las variables morfológicas con mayor variación en las variedades de pasto banderita fueron altura de planta y ancho de hoja. El uso de estos sustratos durante las primeras etapas de crecimiento no representa una alternativa para mejorar altura de planta, ancho de tallo, longitud de raíz seminal y ancho de hoja en variedades de pasto banderita.

Literatura Citada

- Amme, D. 1985. Nursery production of western native perennial grasses for site stabilization. Proceedings of Conference XVI, International Erosion Control Association. San Francisco California.
- Casler, M. D. 2005. Ecotypic variation among switchgrass populations from the Northern USA. *Crop Sci* 45:388-398.
- De León, M. E. 2013. Producción y evaluación de plántulas de gramíneas con diferentes sustratos y su respuesta en áreas perturbadas del parque ecológico Chipinque, Nuevo León, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León., Linares, N.L. 69 p.
- Ferdinandez Y. S. y N. B. Coulman. 2004. Genetic relationships among smooth bromegrass cultivars of different ecotypes detected by AFLP markers. *Crop Sci* 44:241- 247.
- Gauthier D. A., A. Lafon, T. Toombs, J. Hoth. and E. Wiken. 2003. Grasslands toward a North American conservation strategy. Canadian Plains Research Center. Montreal, Canada. 99 p.
- Holecheck J. L., R.D. Pieper. y C.H. Herbel. 1989. Range management principles and practices. Regents Prentice-Hall, Inc. New Jerzy, EUA. 501 p.
- Morales N. C., A. Quero, A. Melgoza, M. Martínez y P. Jurado. 2009. Diversidad forrajera del pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], en poblaciones de zonas áridas y semiáridas de México. *Téc Pec Mex* 47:231-244.
- SAS Institute Inc. 2006. Statistical Analysis System 9.1.3 User's guide. Cary, NC, USA.
- Schellenberg M. P., B. Biliget, G. J. McLeod. y Z. Wang. 2012. Phenotypic variation of side-oats grama grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] collections from the Canadian prairie. *Can J Pl Sci* 92:1043-1048.
- Stubbendieck J., S. Hatch. and K. Kju. 1982. North American range plants. 2nd ed. University of Nebraska Press, Lincoln, NE. 464 p.
- Valerio A. E., A. Carreón, J. Lafon, P. Ochoa, D. Calderón, C. Soto y E. Chacon. 2005. Distribución, Extensión Espacial y Condición de los Pastizales en el Estado de Chihuahua. Protección de la Fauna Mexicana, A.C. The Nature Conservancy. Chihuahua, Mexico.
- Willard E. E. y J. L. Schuster. 1971. An evaluation of an interseeded sideoats grama stand four years after establishment. *J Ran Man* 24: 223-226.



MODELO DE MÁXIMA ENTROPÍA PARA IDENTIFICAR ÁREAS DE INVASIÓN DE *Melinis repens* EN CHIHUAHUA, MÉXICO

MAXIMUM ENTROPY MODEL TO IDENTIFY INVASION AREAS OF *Melinis repens* IN CHIHUAHUA, MÉXICO

Edwin Humberto Ruiz Orozco¹, Carmelo Pinedo², Alicia Melgoza², Gilberto Aquino²

¹ Estudiante Graduado de Licenciatura, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

² Maestros-Investigadores, Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Periférico Fco. R. Almada Kilómetro 1, Zootecnia, Chihuahua, Chih., México, 31453. *E-mail: cpinedo@uach.mx

Resumen

Las invasiones biológicas representan una de las amenazas más graves para la biodiversidad. Los modelos de distribución de especies se pueden usar para predecir la distribución potencial de una especie invasora a nuevas áreas. El objetivo de este estudio fue modelar la distribución potencial del zacate rosado (*Melinis repens*). El programa MaxEnt y el Análisis de Componentes Principales se usaron en los procesos de modelación. Se utilizaron 155 registros de presencia de *M. repens*. Las 19 variables climáticas de Worldclim, altitud, NDVI y la exposición se utilizaron como variables continuas; la serie V de uso de suelo y vegetación, así como el suelo como variables categóricas. El modelo se evaluó mediante la curva ROC tomando en cuenta el parámetro del AUC. El ACP dimensionó el aporte de las variables y minimizó la autocorrelación entre ellas. Este proceso seleccionó 15 de las 24 variables del estudio. El valor del AUC presentó un valor de 0.95. Las variables con mayor aporte para el modelo fueron precipitación estacional y la precipitación del trimestre más húmedo. El modelo de máxima entropía facilita el establecer un programa de monitoreo de expansión de especies invasoras y coadyuva en el establecimiento de planes para su control.

Palabras claves: Maxent, modelos distribución, invasiones, pastizales.

Abstract

Biological invasions are one of the most serious threats to biodiversity. The species distribution modeling can predict the potential distribution of invasive species into new areas. The aim of this study was to model the potential distribution of Natal grass (*Melinis repens*). MaxEnt software and Principal Component Analysis (PCA) were used in the modeling process. A total of 155 records of *M. repens* were used. The 19 climate variables of WorldClim, altitude, NDVI and exposition were used as continuous variables; the V series of land use and vegetation and the soil as categorical variables. The model was evaluated by ROC curve taking into account the parameter of the AUC. The ACP dimensioned input variables and minimized autocorrelation among them. This process selected 15 of the 24 variables of the study. The value of the AUC was a 0.95. The variables with the greatest contribution to the model were precipitation seasonality and precipitation of the wettest quarter. The maximum entropy modeling facilitates the establishment of a monitoring program spread of invasive species and contributes to the establishment of plans for control.



Introducción

El zacate rosado (*Melinis repens*) es una planta originaria de África y es considerada como maleza en los lugares que invade. En Chihuahua probablemente llegó hace menos de 20 años y desde hace 15 años es la especie dominante en pastizales (Miranda, 2012). La invasión del zacate rosado ha desplazado gradualmente la vegetación nativa dominada por navajita (*Bouteloua gracilis*). Este cambio modifica la estructura del pastizal debido a reducciones en insectos, aves, hongos y microorganismos en general (FLEPPC, 2011). Esto afecta la funcionalidad ya que altera cantidad y calidad de servicios como infiltración de la lluvia, captura de carbono y sobre todo en la reducción de calidad del forraje para ganado (Kivlin y Hawkes, 2011; Perkins *et al.*, 2011). A pesar de que las invasiones del zacate rosado amenazan los servicios ambientales y sistemas de producción, aun no existen planes de control o manejo sobre esta planta. Para el desarrollo de planes de control o manejo es necesario la cuantificación y monitoreo de las áreas invadidas (Adeyemi *et al.*, 2012). Esto se logra a través de modelos de distribución de especies (MDE) con base en información ambiental del nicho efectivo de la planta de interés. El programa MaxEnt (Maximum Entropy Distribution) es una herramienta que ha modelado distribuciones de diversas especies con resultados satisfactorios; estos incluyen especies invasoras (Urbina-Cardona *et al.*, 2011). Por ello, es necesario el monitoreo e identificación de áreas potenciales de invasión por *M. repens*. El objetivo fue determinar la posible distribución de *M. repens* en el estado de Chihuahua a través de la aplicación de MaxEnt.

Materiales y Métodos

El estudio comprendió las ecorregiones ganaderas de la sierra, semidesierto y desierto del estado de Chihuahua. Los tipos predominantes de vegetación son: pastizal natural, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, agricultura de temporal, bosques de encino y en las partes más altas, bosques de encino-pino (COTECOCA, 1978).

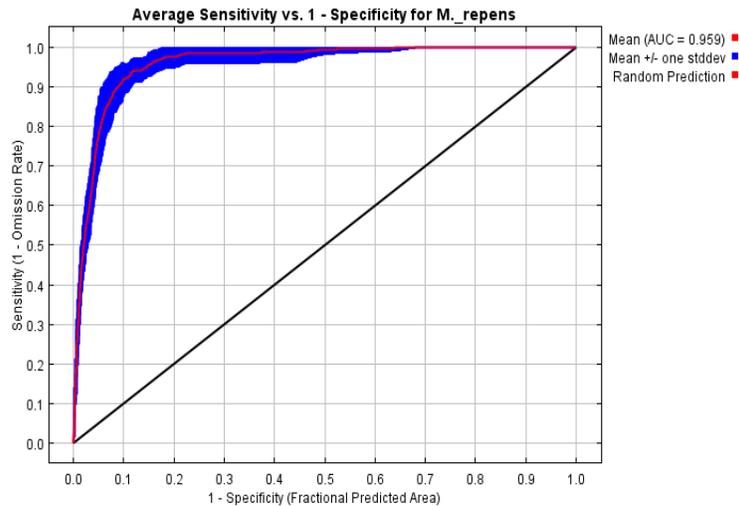
Se utilizaron 155 registros de presencia de *M. repens*. El análisis utilizó las 19 variables climáticas de WorldClim, el NDVI generado de imágenes del satélite MODIS, la altitud derivada del modelo digital de elevación y la exposición (variables continuas). También se usó la serie V de Uso de Suelo y Vegetación del 2014 de INEGI y la temática de Suelos de 1995 de CONABIO (variables categóricas). Para dimensionar el aporte de las variables y la correlación entre ellas mismas se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP). La aplicación de un análisis exploratorio con MaxEnt validó las variables de menor contribución al modelo. Posterior al análisis exploratorio, se aplicó el modelado con MaxEnt que estimó la probabilidad de presencia de la especie con valores del 0 y 1, donde 0 se considera como la mínima y 1 como la máxima probabilidad de presencia (Phillips *et al.*, 2006). El conjunto de parámetros fue preestablecido automáticamente por MaxEnt: iteraciones máximas 500, número máximo de puntos de fondo 10,000, multiplicador de regularización 1, umbral de convergencia 0.0001, predominio 0.5. La evaluación del modelo se realizó con un 30% de prueba en los registros de presencia bajo 20 réplicas mediante la curva ROC tomando en cuenta el parámetro del AUC donde 1 indica un ajuste perfecto al modelo, mientras que un valor de 0.5 indica que la predicción es aleatoria o al azar (Wolmarans *et al.*, 2010).



Resultados y Discusión

El ACP dimensionó el aporte de las variables y minimizó la autocorrelación entre ellas. El ACP descartó las variables con menor importancia para el modelo, este solo incluyó 15 del total de las 24 variables continuas y categóricas.

El mapa de distribución potencial para *M. repens* en el estado de Chihuahua presentó un alto nivel de predicción (Gráfica 1). El valor del AUC presente en la curva ROC fue de 0.959. La precipitación aportó el mayor peso en la explicación de la distribución de *M. repens*, seguido de la temperatura, vegetación, suelo y NDVI.



Gráfica 1. Curva ROC para el MDE de *Melinis repens* en el Estado de Chihuahua.

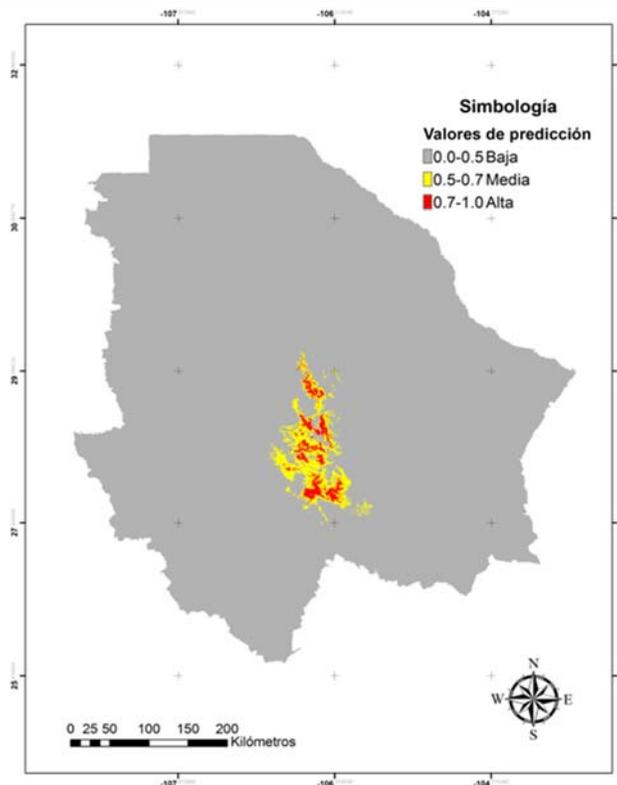
La precipitación estacional contribuyó con el 45.9 % en la determinación de probabilidad de ocurrencia de la especie (Cuadro 1). En segundo lugar la precipitación del trimestre más húmedo contribuyó con el 20.9 % y la precipitación del trimestre más frío con el 6.9 %. La precipitación estacional y la precipitación del trimestre más húmedo contribuyeron con el 70 % en la predicción del modelo. La Isotermalidad, el rango medio diurno y la temperatura mínima del mes más frío contribuyeron con un 4.7 %, 3.3 % y 3.2 % respectivamente.

El mapa generado mostró que *M. repens* se distribuye en una superficie potencial de 161,322 ha (para valores de predicción de 0.7 a 1.0 de acuerdo a un hábitat óptimo) (Figura 1). En valores de predicción de 0.5 a 0.7 (hábitat apropiado), el modelo estimó una superficie de 458,187 ha. El resto de la superficie de hábitat se clasifica como hábitat marginal e inadecuado para la especie (valores de predicción menores a 0.5).

Los resultados de MaxEnt mostraron la distribución potencial del zacate rosado en un gradiente orientado hacia la ecorregión de los valles centrales o región semi árida. Con el uso de BioClim, Sánchez (2012) reportó la expansión de *M. repens* en los mismos patrones de distribución a los encontrados en este estudio. Bajo este contexto, la distribución de *M. repens* se traslapa con el nicho ecológico de *B. gracilis* (Cortés *et al.*, 2013).

Cuadro 1. Contribución de las variables a la distribución potencial de *Melinis repens* en el Estado de Chihuahua

Variable	Contribución (%)	Importancia de Permutación (%)
Precipitación estacional	45.9	0.1
Precipitación del trimestre más húmedo	20.9	62
Precipitación del trimestre más frío	6.9	18.1
Isotermalidad	4.7	6.3
Rango medio diario	3.3	0.4
Temperatura mínima del mes más frío	3.2	5.7
Vegetación	3.1	0.4
Suelos	2.8	0.8
NDVI	2	0.3
Altitud	1.5	2.6
Temperatura media del trimestre más frío	1.4	1.4
Temperatura media anual	1.4	0
Precipitación del trimestre más seco	1.2	1

Figura 1. Modelo potencial de distribución de *Melinis repens*.



Conclusiones y Recomendaciones

Los resultados de este estudio representan las primeras aportaciones en la aplicación del modelo de distribución MaxEnt para *M. repens* en el norte de México. La importancia de esta modelación radica en la identificación de las áreas potenciales hacia donde esta especie puede establecerse.

El mapa de distribución de zacate rosado mostró su expansión hacia áreas de pastizales medianos abiertos dominados por *B. gracilis*. Este proceso de invasión puede significar riesgos por la pérdida de biodiversidad y de estructura funcional de los pastizales nativos.

El conocimiento resultante del desarrollo de este modelo contribuye al desarrollo de programas de control y manejo orientado a mitigar el impacto ambiental, social y económico de *M. repens* como especie invasora.

Literatura citada

- Adeyemi, T. O., O. T. Ogundipe and J. D. Olowokudejo. 2012. Species distribution modelling of family Sapindaceae in West Africa. *Int. J. Bot.* 8:45-49.
- Cortés, A., Y. Herrera and D. Hernández. 2013. Potential distribution of three native and one introduced grass species in semiarid highlands of Mexico using GIS techniques. *J. Bot. Inst. Texas.* 7:441-451.
- COTECOCA (Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero). 1978. Determinación de los Coeficientes de Agostadero Chihuahua. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- FLEPPC. 2011. Florida Exotic Pest Plant Council's 2011 List of invasive plant Species. <http://www.fleppc.org/list/2011/2011PlantList.pdf>. Consultado 20 Agosto 2015.
- Kivlin, S. N. and C. V. Hawkes. 2011. Differential between effects of invasion and diversity: impacts of aboveground plant communities on belowground fungal communities. *New Phytologist.* 189:526-535.
- Miranda, R. 2012. Aplicación de fuego prescrito para el control del zacate rosado (*Melinis repens*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- Perkins, L. B., D. W. Johnson and R. S. Nowak. 2011. Plant-induced changes in soil nutrient dynamics by native and invasive grass species. *Plant Soil* 345:365-374.
- Phillips, S. J., R. P. Anderson and R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecol. Model.* 190:231-259.
- Sánchez, R. J. J. 2012. Caracterización de Hábitat y Riesgo de Invasión por Zacate Rosado (*Melinis repens*) en Pastizales Áridos y Semiáridos de Chihuahua, México. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- Urbina-Cardona, J. N., J. Nori y F. Castro. 2011. Áreas vulnerables a la invasión actual y futura de la rana toro (*Lithobates catesbeianus*: Ranidae) en Colombia: estrategias propuestas para su manejo y control. *Biota Colombiana.* 12:23-34.
- Wolmarans, R., M. P. Robertson and B. J. Van Rensburg. 2010. Predicting invasive alien plant distributions: how geographical bias in occurrence records influences model performance. *J. Biogeogr.* 37:1797-1810.



PLANTAS DE PASTIZALES DEL RANCHO GANADERO “REAL DE MAZAPIL”, ZACATECAS.

RANGE PLANTS OF THE “REAL DE MAZAPIL”, CATTLE RANCH.

Ricardo Vásquez¹, Jesús Valdés², José Ángel Villarreal³

(1,2,3) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México

Contacto: Ricardo Vásquez. Correo electrónico: rvaldape@hotmail.com

Objetivo

El trabajo se efectuó para respaldar el inventario, evaluación y diagnóstico del estado productivo de los sitios de pastizal del rancho, y planificar las prácticas de manejo o de rehabilitación, como parte de un “Programa de Manejo de Pastizales”.

Materiales y Métodos

Se utilizaron: tijeras, prensas botánicas, etiquetas de campo, secadora de plantas, piolet, bolsas de plástico, cámara fotográfica, cartulina blanca. El método y frecuencia de colecta y toma de fotografías se vinculó a las fechas de trabajo para determinar y evaluar los sitios de pastizal del rancho de 15,000 Ha, localizado en la “Cuenca de San Tiburcio”, Zacatecas, cubriendo las etapas de floración y fructificación de las plantas en las cuatro estaciones de los años 2006 y 2007.

Resultados

1. En dos años de trabajo se determinaron 13 sitios de pastizal y, además, la flora del rancho se integró en una lista de plantas agrupadas en 42 familias, 113 géneros, y 190 especies, longevidad, origen, tipo biológico, época de crecimiento, importancia económica/valor forrajero y manejo. 2. Se elaboró un documento en Power Point con datos taxonómicos e imágenes de cada especie.

Conclusiones

Se representa la diversidad florística en Word y en Power Point para respaldar el manejo del pastizal del rancho, asistir técnicamente a un ganadero privado y generar información de utilidad para técnicos, estudiantes e investigadores de la región.



EFFECTO DE ESTRÉS HIDRICO EN LA GERMINACION DE DOS ZACATES COMUNES EN ÁREAS DE DISTURBIO

EFFECT OF HYRIC STRESS ON GERMINATION OF TWO GRASSES COMMON ON DISTURDED AREAS

Otilia Rivero¹, Alicia Melgoza¹, Carlos Morales¹, Ana C. Ramirez², Adriana Martínez²

¹ Maestro-Investigador ² Estudiante de Licenciatura Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

Resumen

Como parte de un proyecto a largo plazo sobre propagación de plantas nativas para rehabilitar ecosistemas deteriorados, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del estrés de humedad sobre la germinación de dos zacates. Las especies evaluadas fueron cola de zorra *Enneapogon desvauxii* y zacate mota *Chloris virgata*, comunes en áreas de disturbio y de hábito anual. Con manitol se obtuvieron los potenciales osmóticos de -0.5, -1.0 y -1.5 MPa. La germinación se redujo ($P < 0.05$) en ambas especies a medida que se incrementó el potencial osmótico. Sin embargo, el hecho de que sólo se reduzca la germinación con el mayor potencial osmótico, pero que no se inhiba, indica que estas especies pueden germinar aun con bajos niveles de humedad. Si bien las especies anuales son poco utilizadas en la recuperación de ecosistemas, esta información es parte importante para entender el comportamiento de estas en la dinámica de la vegetación natural o sujeta a prácticas de restauración.

Palabra clave: Potencial osmótico, *Enneapogon desvauxii*, *Chloris virgata*.

Abstract

As part of a long term project on native plant propagation for ecosystem restoration, the objective of this work was to evaluate the effect of osmotic stress on germination in two grasses. Species used were nineawn pappusgrass *Enneapogon desvauxii* and feather fingergrass *Chloris virgate*, common in disturbed areas and of annual cycle. Manitol was used to obtain the osmotic potential from -0.5, -1.0 and -1.5 MPa. Germination was reduced in both species ($P < 0.05$) with an increase in the osmotic potential. However, the fact that germination was reduced but not inhibited indicates that these species can germinate even at low levels of humidity. Although annual species are not used for the restoration of ecosystems, this information is important to understand the behavior of these species on the dynamic of natural vegetation or under restoration.

KeyWords: Osmotic potential, *Enneapogon desvauxii*, *Chloris virgata*.

Introducción

El agua es uno de los factores limitantes que tienen las semillas para poder germinar en las zonas áridas (Hu *et al.*, 2013). Comúnmente, el incremento del estrés osmótico reduce el porcentaje y la velocidad de germinación en algunas especies, a pesar de estar adaptadas a la aridez (Sevik *et al.*, 2015). Sin embargo, existen especies que a bajos niveles de humedad aún pueden presentar germinación (Zandi y Azarnivand, 2015). *Alyssum simplex* y *Carduus pycnocephalus* presentan un porcentaje de germinación de 83 y 89 %, respectivamente, a -0.35 MPa (Bochet *et al.*, 2007). *Clusia*



hilariana tiene un 10 % de germinación a -0.8 MPa (Cavalcante *et al.*, 2010). *Ochroma pyramidale* presenta un 50 % de germinación a -1.8 MPa (Daws *et al.*, 2008). *Atriplex halimus* presenta un porcentaje de germinación menor al 10% a -2.9 MPa (Bajji *et al.*, 2002). Como parte integral de un proyecto a largo plazo para determinar estrategias de germinación en especies silvestres con fines de restauración, el objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta de la germinación al estrés de humedad en dos especies de gramíneas.

Materiales y Métodos

Las especies evaluadas son: cola de zorra *Enneapogon desvauxii* y zacate mota *Chloris virgata* (Figura 1). Ambos zacates se comportan como anuales; sin embargo, el cola de zorra es perenne. Las dos especies son comunes en lugares con disturbio. La semilla de ambas especies tenía 4 años de colectada y almacenada bajo condiciones de laboratorio. Los niveles de estrés osmótico utilizados fueron 0, -0.5 , -1.0 y -1.5 MPa. Para obtener los niveles de estrés osmótico se utilizó manitol. Las semillas se colocaron en cajas Petri, a las cuales previamente se les había colocado papel secante como sustrato y la solución de manitol correspondiente al nivel de humedad. Las cajas Petri se colocaron en una germinadora a 28 °C durante todo el experimento ensayo. Se utilizaron seis repeticiones por tratamiento y 30 semillas por repetición. Los conteos de semillas germinadas se realizaron de forma diaria durante 21 días. Se consideró semilla germinada cuando la radícula presentaba 1 mm de largo longitud. Al finalizar cada conteo se eliminó, de forma manual, cada semilla germinada con el fin facilitar futuros conteos. La captura de datos se realizó en Excel y el análisis estadístico en SAS 9.1.3 (2006) con una prueba de ANOVA y comparación múltiple de medias de Tukey.



Figura 1. Zacate cola de zorra *Enneapogon desvauxii* (izquierda) y zacate mota *Chloris virgata* (derecha).

Resultados y Discusión

Ambas especies redujeron la germinación conforme se aumentó el estrés osmótico (Cuadro 1). El bajo porcentaje de germinación se pueda deber al tiempo de colectadas las semillas y tipo de almacenamiento. Sin embargo, a pesar de la baja germinación en el máximo estrés osmótico probado no se inhibe la germinación. Esto tiene implicaciones ecológicas ya que puede ser una de las características que influye en la abundancia de estas especies independientemente de la escasa o lluvia abundante en cada año (Mayfield *et al.*, 2014).

Cuadro 1. Porcentaje de germinación en dos gramíneas anuales del desierto Chihuahuense

Tratamiento (MPa)	<i>Chloris virgata</i>	<i>Enneapogon desvauxii</i>
0	15.25 a*	11.25 a
-0.3	13.50 a	8.75 a
-0.5	10.75 ab	7.00 a
-0.7	6.00 b	1.00 b
-0.9	5.75 b	0.50 b

*Diferentes literales entre columnas indican diferencias estadísticas ($P < 0.05$).

Algunas especies anuales pueden entrar en cierto tipo de latencia aun en presencia de humedad, si existen altas temperaturas (Levine *et al.*, 2011). Por otro lado, bajo condiciones de campo la emergencia de plántulas de *Prosopis caldenia* y *Condalia microphylla* fue baja y posteriormente alta mortalidad con potenciales de humedad bajos (Peláez *et al.*, 1996), a pesar de ser plantas adaptadas a zonas áridas. Otra especie común en desiertos, *Hedysarum laeve*, presenta una rápida elongación de la raíz que le permite germinar y establecerse aun con bajos potenciales de humedad (Yang *et al.*, 2010).

Conclusiones y Recomendaciones

A pesar que las especies anuales no son consideradas en programas de resiembra o restauración, las dos especies pueden emerger aún bajo años con baja precipitación. Ambas especies representan servicios ecosistémicos como es forraje emergente y protección de suelo, entre otras. En áreas donde se ha realizado una resiembra o restauración comúnmente se hace movimiento del suelo. Por lo que, si estas especies están presentes en los bancos de semilla en suelo podrán emerger aún bajo condiciones de baja humedad.

Literatura citada

- Bajji, M., J. Kinet and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplex halimus* (Chenopodiaceae). *Canadian Journal of Botany* 80:297-304.
- Bochet, E. P., B. García-Fayos and J. Tormo. 2007. Soil water availability effects on seed germination account for species segregation in semiarid roadslopes. *Plant Soil* 295:179-191.
- Cavalcante, A., M. Guedes and E. Arcoverde. 2010. Germination biology and seedling growth of *Clusia hilariana* Schtdl., a dominant CAM-tree of drought-prone sandy coastal plains. *Ecological Research* 25:781-787.
- Daws, M. I., L. M. Crabtree, J. W. Dalling, C. E. Mullins and D. F. Burslem. 2008. Germination responses to water potential in neotropical pioneers suggest large-seeded species take more risks. *Annals of Botany* 102:945-951



- Hu, X. W., Z. Q. Zhou, T. S. Li, Y. P. Wu and Y. R. Wang. 2013. Environmental factors controlling seed germination and seedling recruitment of *Stipa bungeana* on the Loess Plateau of northwestern China. *Ecological Research* 28:801–809.
- Levine, J.M., A. K. McEachern and C. Cowan. 2011. Seasonal timing of first rain storms affects rare plant population dynamics. *Ecology* 92:2236–2247.
- Mayfield, M. M., J. M. Dwyer, A. Main and J. M. Levine. 2014. The germination strategies of widespread annual plants are unrelated to regional climate. *Global Ecology and Biogeography* 23:1430–1439.
- Sevik, H and M. Cetin. 2015. Effects of water stress on seed germination for select landscape plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 24:689-693.
- Yang, H. L., Z. Y. Huang, Y. Z. Ye, X. W. Zhu, M. Dong and H. B. Weng. Effects of soil moisture profile on seedling establishment in the psammophyte *Hedysarum laeve* in the semiarid Otindag Sandland, China. *Journal of Arid Environments* 74:350–354.
- Zandi, E. and H. Azarnivand. 2013. Effect of water stress on seed germination of *Agropyron elongatum*, *Agropyron desertourm* & *Secale montanum*. *Desert Journal* 17:249-253.



DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE ZACATE ROSADO (*Melinis repens*) EN CHIHUAHUA BAJO CONDICIONES DEL CAMBIO AMBIENTAL GLOBAL

POTENTIAL DISTRIBUTION OF NATAL GRASS (*Melinis repens*) IN CHIHUAHUA UNDER CONDITIONS OF THE GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGE

Tanya K. Rojo-Malodonado¹, Alfredo PinedoAlvarez.^{1*}, Carmelo Pinedo-Avarez.¹ Federico Villarreal-Guerrero.¹, Jesús A. PrietoAmparán.¹

¹ UACH-Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada Km 1, Chihuahua, Chih. 31000, Méx. *apinedo@uach.mx

Resumen

El zacate rosado (*Melinis repens*), es una planta exótica que proviene de África del sur y que actualmente se encuentra en todos los estados de México. A menudo, las invasiones implican pérdidas económicas cuantiosas y problemas sanitarios severos. El objetivo de este estudio fue determinar la distribución potencial de *Melinis repens* (Zacate rosado) bajo Modelos Climáticos Globales (MCG), Actual, HadGEM2-ES y MIROC5. Los modelos se probaron bajo dos escenarios o vías de concentración representativas (VCR) de 4.5 y 6.0. Se utilizaron 160 puntos de presencia del zacate rosado y 19 variables bioclimáticas como estimadoras de la distribución del zacate rosado. Para generar la distribución se utilizó el software Maxent[®] v.3.3.3. Cuatro rangos de probabilidad de ocurrencia fueron establecidos para la distribución de esta especie invasora: muy bajo, bajo, medio y alto. En el escenario actual, el rango de probabilidad alto mostró una superficie de 502.66 km², aumentando su superficie en el escenario HadGEM2-ES VCR 4.5 a 1534.24 km² y a 1834.72 km² en MIROC5 VCR4.5. En las VCR 6.0, el escenario HadGEM2-ES reportó una superficie de 1933.01 km² y MIROC5 1952.34 km². El hábitat óptimo fue mostrado en ambos Modelos Climáticos Globales (MCG). La semejanza en distribución y superficie muestra confianza en la utilidad de MCG.

Palabras clave: Especie invasora, distribución geográfica, MAXENT, VCR, MCG.

Abstract

Natal grass (*Melinis repens*) is an exotic plant that comes from South Africa and currently is in all the states of Mexico. Often invasions involve economic losses and severe problems. The objective of this study was to determine the potential *Melinis repens* (natal grass) distribution under global climate models (GCM), Current, HadGEM2-ES and MIROC5. The models were tested under two scenarios or representative concentration pathways (RCP) of 4.5 and 6.0. They were used 160 points of presence natal grass and 19 bioclimatic variables as estimators distribution of natal grass. To generate the Maxent[®] v.3.3.3 software distribution was used. Four ranges of probability of occurrence were established for the distribution of invasive species: very low, low, medium and high. In the current scenario, the high probability range showed an area of 502.66 km², increase to 1534.24 km² in the HadGEM2-ES VCR 4.5 and 1834.72 km² in MIROC5 VCR4.5. In the RCP 6.0, the HadGEM2-ES scenario reported an area of 1933.01 km² and MIROC5 1952.34 km². The optimum habitat was shown in both Global Climate Models (GCMs). The similarity in distribution and surface shown confidence in the usefulness of MCG.

Keywords: Alien species, geographic distribution, MAXENT, RCP, GCM.



Introducción

A nivel mundial, el número actual de especies introducidas sobrepasa la tasa natural de invasión, entendida como la migración de nuevas especies a nuevas comunidades (Miller *et al.*, 2002). El crecimiento del comercio y transporte internacional junto a otros elementos de la globalización facilitan el establecimiento de las especies invasoras (Levine y D'Antonio, 2003). A menudo las invasiones implican pérdidas económicas cuantiosas y problemas sanitarios severos (CONABIO, 2009). Sin embargo, la eliminación de toda especie invasora puede llegar a ser una tarea casi imposible, especialmente para especies que se establecen en grandes áreas (Myers *et al.*, 2000). La prevención de la introducción y establecimiento de especies invasoras se considera la forma más rentable de reducir problemas en el futuro (Leung *et al.*, 2002). Datos de registros de las especies invasoras se pueden utilizar para estimar la distribución potencial de la especie. La distribución de especies invasoras, basado en máxima entropía (Maxent) puede estimar la ruta probable de su comportamiento, donde el cambio ambiental global puede ser un factor positivo o negativo en la distribución potencial de las especies invasoras.

El zacate rosado (*Melinis repens*), es una especie exótica que proviene de África del sur y se encuentra en todos los estados de México (Melgoza *et al.*, 2014). Esta especie es una gramínea invasora en los pastizales del estado de Chihuahua (Balandrán *et al.*, 2015), desplazando especies nativas y modificando el ecosistema. El objetivo del presente estudio fue determinar la distribución potencial de *Melinis repens* bajo dos Modelos Climáticos Globales (MCG): el HadGEM2-AO y MIROC5. Los modelos se corrieron bajo dos escenarios o vías de concentración representativas (VCR), una de 4.5 y una de 6.0.

Materiales y Métodos

El área de estudio comprendió el estado de Chihuahua, México, el cual se encuentra entre las coordenadas geográficas 25°35' y 31° 50' N, y entre 103°15 y 109°10' O. Chihuahua se conforma de las ecorregiones de sierra, meseta y el desierto. Estas condiciones geográficas dan como resultado la formación de los tipos de paisaje conocidos como grandes desiertos, montañas, cañones y bosques (Cortes, 2014).

En el área de estudio se estimó la distribución geográfica de *Melinis repens* con 160 puntos de presencia. Se utilizaron registros históricos (1950 – 2000) de 19 variables ambientales como estimadoras de la distribución del *Melinis repens* del escenario actual. Para la distribución en escenarios de cambio ambiental global se utilizaron datos de los MCG HadGEM2-ES y MIROC5 para el año 2050. Para ello, se consideraron las mismas 19 variables ambientales bajo un escenario o vía de concentración representativa (VCR) de gases de efecto invernadero igual a 4.5 (bajo) y un VCR de 6.0 (medio) (Corral *et al.*, 2014). Los registros de las variables ambientales del área que comprende el estado de Chihuahua fueron analizadas en un sistema de referencia geográfico WGS 1984 con un tamaño pixel de $\approx 1\text{km}$ (30° arc-min) \times $\approx 1\text{km}$ (30° arc-min).

Para generar la distribución potencial de la especie se utilizó el software libre Maxent® v.3.3.3 (<https://www.cs.princeton.edu/~schapire/maxent/>). Maxent genera submuestras de datos que son utilizados para la validación de las diferentes interacciones entre los registros y las variables climáticas (Phillips y Dudik, 2008). Los valores de estimación generados por Maxent fueron establecidos en un formato logístico, el cual muestra la probabilidad de ocurrencia que se encuentra en el rango de 0 a 1. El número de réplicas fue fijado en 20. Asimismo, se utilizó un 30% de los datos como validación del modelo de distribución de la especie. Los demás parámetros empleados



para la simulación fueron los indicados por Phillips y Dudik (2008). Maxent produce mapas de distribución potencial (Guoqing, 2014) y gráficos de curvas de respuesta (jackknife), los cuales ilustran el efecto de las variables seleccionadas sobre la probabilidad de ocurrencia. Las curvas de respuesta consisten en mostrar las condiciones adecuadas donde la especie se distribuye y la probabilidad de ocurrencia, por cada variable ambiental.

Resultados y Discusión

En el escenario actual, la especie muestra una alta probabilidad de presencia con distribución en los municipios de Chihuahua, Riva Palacio, General Trías, Santa Isabel, Belisario Domínguez, Satevó, Valle de Zaragoza, Temósachi y Matamoros. La variable Precipitación de la Temporada explicó un 40.9% de la distribución del *Melinis repens*. Las curvas de respuesta de la variable muestran que la preferencia es de 11 y 12 %. La variable Precipitación de la Temporada proporciona un porcentaje de la variabilidad de la precipitación

En el escenario HadGEM2-ES VCR4.5 la especie se desplazará hacia Gran Morelos, San Francisco de Borja, Aldama y Aquiles Serdán. La variable Precipitación de la Temporada explicó un 43.3% de la distribución. Las curvas de respuesta muestran que la temporalidad de la precipitación se distribuye en un rango de 12 a 13 %. En el escenario HadGEM2-ES VCR6.0, la alta probabilidad de presencia se mantendría en los municipios del escenario actual y 4.5. La especie se presentaría en el municipio de Nonoava. El desplazamiento de la alta probabilidad de ocurrencia sería hacia el sur del estado. La variable Precipitación de la Temporada contribuyó con un 59.9 % de la explicación de la distribución. De igual forma, la curva de respuesta muestra que la Precipitación de la Temporada preferida por el zacate rosado es de 12 a 13 %.

En el escenario MIROC5 VCR4.5 la alta probabilidad de ocurrencia estará presente en Chihuahua, Santa Isabel, Gran Morelos, Belisario Domínguez, Satevó, San Francisco de Borja, Valle de Zaragoza y Aldama. Con relación a las variables que contribuyen al modelo de máxima entropía, la de mayor peso fue Precipitación de la Temporada con un 29.2%. Las curvas de respuesta para la variable precipitación de la temporada mostraron condiciones de preferencia de 11 y 12 %. Respecto a MIROC VCR6.0, la alta probabilidad de ocurrencia, con base en el escenario actual, se distribuirá a los municipios de Gran Morelos, Aldama, San Francisco de Borja, Nonoava y Rosario. La variable Precipitación del Periodo más Húmedo contribuyó con un 21.3% a la distribución de *Melinis repens*. La preferencia de la especie en esta variable es de 300 a 400 mm (Figura 1).

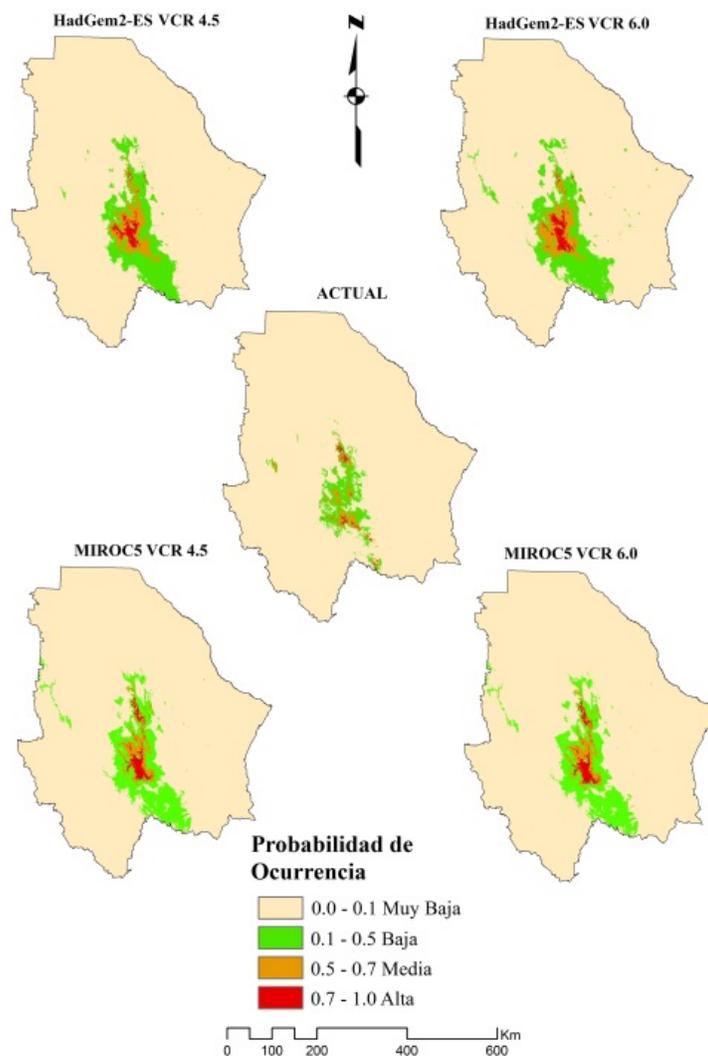


Figura 1. Distribución potencial de *Melinis repens* Wild bajo escenario Actual (centro) y escenarios HadGEM2 ES (arriba) y MIROC 5 (abajo).

Las distribuciones de la especie empleando los modelos HadGEM2-ES y MIROC5 (2050) fueron similares. La diferencia en superficies en VCR 4.5 para los rangos establecidos de ocurrencia Bajo, Medio y Alto fue de 1290.78 km², 1800.79 km² y 300.47 km² respectivamente. Mientras que en las VCR 6.0 la diferencia fue de 1633.28 km², 268.77 km² y 19.33 km² (Bajo, Medio y Alto correspondientemente) (Cuadro 1 y Figura 2).

Cuadro 1. Superficie (km²) de los escenarios actuales, MORIC 5 y HADGEM2-ES.

Probabilidad de ocurrencia	Actual	MIROC 5		HadGEM2-ES	
		4.5	6.0	4.5	6.0
Bajo	8505.36	19146.68	21418.25	17855.89	19784.97
Medio	2801.92	3873.00	6396.67	5673.80	6127.90
Alto	502.66	1834.72	1952.34	1534.24	1933.01

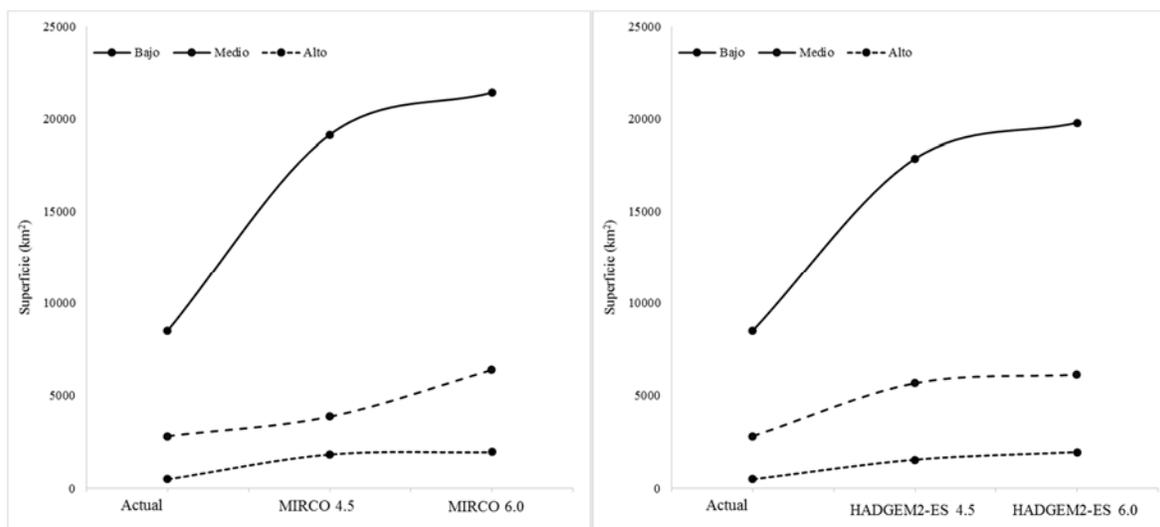


Figura 2. Tendencias sobre la superficie ocupada por *Melinis repens* con los MCG MIROC 5 (izquierda) y HADGEM2-ES (derecha) con dos vías de concentración representativa, con base en tres categorías de probabilidad de ocurrencia.

Conclusiones

Los resultados muestran el comportamiento de *Melinis repens* en la actualidad y bajo dos escenarios en 2050. El zacate es una especie oportunista que se distribuye en extensas áreas de pastizales del estado de Chihuahua. La metodología de Maxent produjo resultados confiables. La idoneidad del hábitat para la especie fue establecida en tres rangos de probabilidad (bajo, medio y alto). Los escenarios con VCR 4.5 y 6.0 presentaran un panorama favorable para la especie invasora. Existe coincidencia de superficie estimadas al emplear los Modelos Climáticos Globales evaluados en este estudio. Finalmente, los resultados pueden ser de utilidad para el monitoreo y evaluación de especies invasoras o exóticas.

Literatura Citada

- Balandrán, V. M., O. Barrios, D. Leopoldina, A. M. Castillo y R. G. Mata. 2015. Emergencia y sobrevivencia del zacate rosado en diferentes suelos y patrones de humedad-sequía. *Terra Latinoamericana* 33:169-178.
- CONABIO. 2009. Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México international trade. *Conserv. Biol.* 17:322-326.
- Corral, J. A. R., J. D. J. S González, G. R. Ojeda, J. L. R. Díaz, N. D. Puga, L. L. de la Cruz, G. M. García, V. R. Moreno y P. Z. Villaseñor. 2014. Cambio climático en México y distribución potencial del grupo racial de maíz cónico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10:1871-1883.
- Leung, B. L., D. M. Finnoff, D. Shogren, J. F. Lewis, M. A., and Lamberti, G. 2002. An ounce of prevention or a pound of cure: bioeconomic risk analysis of invasive species. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 269:2407-2413.
- Levine, J. M. and C. M. D'Antonio, 2003. Forecasting biological invasions with increasing international trade. *Conservation Biology* 17:322-326.
- Melgoza, C. A., V. M. Balandrán, R. G. Mata, y C. A Pinedo. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. *Mexicana de ciencias pecuarias* 5:429-442.
- Miller, T. E., J. M. Kneitel and J. H. Burns. 2002. Effect on community structure on invasion success and rate. *Ecology* 83:898-905.
- Myers, N., R. A. Mittermeier, C. G. Mittermeier, G. A. B. Fonseca, J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.

PRESENCIA DE PLANTAS HIJAS EN ESPECIES FORRAJERAS NATIVAS E INTRODUCIDAS EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

INCIDENCE OF SEEDLINGS IN NATIVE AND INTRODUCED FORAGE SPECIES IN ZACATECAS MEXICO'S PLATEAU

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}; José Francisco Villanueva Avalos²

¹INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Zacatecas. Km. 20.5, carretera Zacatecas-Fresnillo. C.P. 98500. ²INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental "Santiago Ixcuintla" *rubio.francisco@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de conocer el número de plantas hijas que emergen alrededor de las plantas madres, se evaluaron 35 accesiones de gramíneas en el Altiplano de Zacatecas durante el 2015 en Calera, Zacatecas, Méx. Se realizó un conteo de plantas jóvenes dentro de cada parcela útil del área abierta con un cuadrante de 0.25 m² por duplicado, en cada una de las tres repeticiones de cada tratamiento o accesión, transformando los datos a No. de plantas hijas/m²; también, sobre estas mismas plantas, se realizó un muestreo de altura (cm). Se llevaron a cabo análisis de varianza mediante un DBA y pruebas de Tukey al 0.01%. Las accesiones con mayor (P<0.01) número de plántulas fueron: T₃₂ Lobero, T₁₄ Z. lanudo, T₁ Garrapata y T₂₄ Z. lanudo, con 517.3, 252.7, 232.7 y 204.7 pl/m², respectivamente. En relación a la altura de plantas hijas, los pastos T₃₅ Pajita cerdosa, T₁₀ Banderilla y los Navajitas: T₂₇, T₂₈, T₅ y T₂₁, alcanzaron 40.6, 28.1, 25.1, 24.1, 23.7 y 23.1 cm, respectivamente. Se concluye que existen accesiones de plantas nativas como el T₃₂ de pasto Lobero, que puede producir hasta 5.1 mill. pl ha⁻¹, proporcionando una mayor cobertura al suelo. Otras opciones para este propósito son el zacate Lanudo y el Garrapata, los cuales aportan entre 2.0 y 2.5 millones de nuevas plantas por hectárea, siendo este último una especie introducida con alta capacidad para producción de semilla.

Palabras clave: Plántulas, plantas hijas, *Lycurus*, *Elionurus*, *E. superba*.

Abstract

In order to know the number of emerging seedlings around the mother plants, 35 grass accessions of the Highlands of Zacatecas, were evaluated during the 2015 in Calera, Zacatecas, Méx. A count of young plants in each useful plot of the open area was done using a 0.25 m² quadrant per duplicate in each repetition of each treatment or accession, transforming the data to no. of daughter's plants per m²; also, on these plants, a sampling of height (cm) was carried out. Analysis of variance using a DBA and Tukey tests to 0.01% were done. The accessions with higher (P < 0.01) number of seedlings were T₃₂ Lobero, T₁₄ Z. Lanudo, T₁ Garrapata and T₂₄ Z. Lanudo, with 517.3, 252.7, 232.7, and 204.7 pl/m², respectively. In relation to the plants daughter's height, T₃₅ Pajita cerdosa, T₁₀ Side oats and de Blue gramma ecotypes: T₂₇, T₂₈, T₅ and T₂₁, reached 40.6, 28.1, 25.1, 24.1, 23.7, and 23.1 cm, respectively. In conclusion, there are accessions of native plants like T₃₂ Lobero grass, which can produce up to 5.1 mill. pl ha⁻¹, providing greater coverage on the soil. Other options for this purpose are Lanudo and Garrapata grasses, which produce between 2.0 and 2.5 million of new plants per hectare, with the latter being an introduced species with high capacity for seed production.

Key words: Seedlings, Young plants, *Lycurus*, *Elionurus*, *E. superba*.



Introducción

Por muchos años de manera tradicional las evaluaciones de germoplasma de plantas forrajeras del pastizal, han consistido en coleccionar semilla o material vegetativo, establecimiento en campo y su posterior evaluación agronómica mediante cortes a diferentes fechas por varios ciclos, considerando variables relevantes como la producción de forraje (Rubio, 1999), semilla (Rubio, 2004) y su composición química (Tena *et al.*, 1984), dejando de lado algunas otras de importancia ecológica, como son las relacionadas a factores de sobrevivencia para perpetuar la especie; es decir, conocer la cantidad plantas hijas por unidad de superficie que de manera natural logran establecerse al lado de las plantas madres, lo cual constituye una forma rápida y segura de cubrir rápidamente el suelo y proveer de forraje al ganado y fauna silvestre.

Esta variable de suma importancia, ya había sido propuesta desde hace más de 35 años dentro de la “Lista de descriptores para caracterización de germoplasma forrajero” por parte de la Unidad de Recursos Genéticos del ex – INIA, dentro de las variables “cualitativas” No. 22: agresividad y No. 28: germinación de semilla que cae al suelo; sin embargo, nunca fue aplicada dentro de los trabajos de evaluación de plantas forrajeras. En fechas recientes, Quero *et al.*, (2012) la incluyen dentro de su Manual de Evaluación, en el descriptor denominado “Desarrollo de plántula, informativa para agresividad de establecimiento”. En esta ocasión, fue incluida dentro del presente estudio, pero con la condición de hacerla “cuantitativa”, por tal motivo el objetivo fue conocer el número y altura de plantas hijas de 35 accesiones nativas e introducidas en el altiplano Zacatecano.

Materiales y Métodos

El trabajo fue llevado a cabo en el Banco de Germoplasma de especies forrajeras del CEZAC-INIFAP, localizado en Calera, Zacatecas, Méx., ubicado a los 102° 39' 34" LN y 22° 54' 31.3" LW y 2197 msnm. Las estadísticas climatológicas normales de la estación Campo Experimental Zacatecas, de un periodo de 43 años (Medina y Ruiz, 2004), indican promedios anuales de temperatura en 14.8 °C; una temperatura máxima *maximorum* de 34.0 °C; una temperatura mínima *minimorum* de -12.0 °C; oscilación térmica de 15.8 °C; precipitación de 407.7 mm con un promedio de 54.1 días con lluvia; evaporación de 2357.5 mm; evapotranspiración potencial de 1609.0 mm y un fotoperiodo de 12.0 hrs. Durante el año de estudio 2015, la precipitación fue arriba del promedio con 730.9 mm anuales. El suelo es agrícola de textura franca, pH de 8.18±0.1, rico en M.O. (3.83±0.8%), pobre en N nítrico (10.0 kg ha⁻¹) y N amoniacal (20.0 kg ha⁻¹), medio en P (25.0 kg ha⁻¹), rico en K (300.0 kg ha⁻¹), extra rico Ca (4000.0 kg ha⁻¹) y valores medios de Mg (25 kg ha⁻¹). Suelo no salino-no sódico.

Se evaluaron 35 tratamientos, constituidos por diferentes accesiones de las siguientes gramíneas: [Una de Garrapata *Eragrostis superba* Peyr.; 13 de Banderilla *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.; una de zacatón alcalino *Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.; 15 de navajita *Bouteloua gracilis* (Kunth) Lag. Ex Griffiths; dos de Z. lanudo *Elionurus barbiculmis* Hack.; una de Cola de ratón *Sporobolus spp.*; una de Lobero *Lycurus phleoides* Kunth., y una de *Setaria parvifolia* (Poiret) Kerguelén], cuyo origen se apunta en el Cuadro 1. Las macollas de plantas fueron colectadas a orillas de áreas de cultivo o carretera, en los municipios de Río Grande, Fresnillo, F. R. Murguía, Vetagrande, Villa de Cos, Sombrerete, Morelos y Calera, en el estado de Zacatecas.

Las plantas fueron incrementadas por el método de “recolección por macollos”, el cual tiene la ventaja de recolectar “clones” originales maduros, los cuales el mismo año producen forraje y semilla. Otra ventaja de acuerdo a Plascencia (2013), es que en sus raíces y partículas de suelo,



llevan microorganismos nativos de una gran variedad de hongos micorrízicos, bacterias y otros microorganismos benéficos que hipotéticamente apoyan la sobrevivencia en el nuevo sitio de trasplante. En el presente trabajo, la recolección de macollos fue a inicios y durante la época de lluvias del año 2012. Durante el estudio, no fue aplicado ningún tipo de fertilizante químico, ni hubo remoción mecánica de suelo. El control de malezas el primer año, fue mediante deshierbes con azadón, posteriormente las malezas de hoja ancha fueron controladas a mano.

Los datos fueron tomados a fines de octubre del 2015 dentro de cada parcela útil, mediante un muestreo inducido en el área abierta entre las plantas identificadas con los números 2 y 3, y ahí se fue colocado un cuadrante de 0.25 m² fabricado con varilla corrugada, contabilizando todas las plantas hijas; después este mismo, fue colocado entre las plantas números 3 y 4, y ahí se hizo el segundo conteo, completando dos muestreos por cada repetición, en cada una las tres repeticiones de cada tratamiento (n=6), transformando los datos a No. de plantas hijas/m². También sobre estas mismas plantas, se hizo un muestreo de altura (cm) realizando tres mediciones por cada cuadrante (n=18). La información fue analizada mediante un diseño en bloques al azar y comparación de medias mediante la prueba de rango múltiple de Tukey al 0.01, utilizando el Proc GLM en el programa SAS (SAS, 2008).

Resultados y Discusión

Después de tres años de haber hecho el trasplante de plantas madres, los resultados del número de plantas hijas, indican diferencias ($P < 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 1). Las accesiones con mayor número de nuevos individuos fueron: T₃₂ Lobero, T₁₄ Z. lanudo, T₁ Garrapata y T₂₄ Z. lanudo, con 517.3, 252.7, 232.7 y 204.7 pl/m², respectivamente. La información generada, muestra que el T₃₂ de pasto Lobero, puede ser la especie que proporcione mayor cobertura del suelo, por encontrar un estimado de 5.1 millones de plantas ha⁻¹. Otro pasto que también puede ser usado con ese propósito, es el Zacate lanudo ya que sus dos ecotipos, pueden aportar entre 2.0 y 2.5 millones de nuevas plantas ha⁻¹, teniendo además la ventaja de ser una especie precoz para producir semilla y es buen productor de forraje. Para zonas agrícolas y de pastizal deteriorado, que requieran pronta recuperación, el pasto T₁ Garrapata, representa una buena opción, ya que aporta 2.3 millones de plantas nuevas ha⁻¹, siendo muy buen productor de semilla, sin embargo, tiene la desventaja de ser una especie introducida. Un segundo grupo con alta cantidad de plantas hijas, lo constituyeron los ecotipos de pasto Banderilla: T₂₉, T₃₄, T₂₅, T₁₆ y T₁₀ con 151.3, 132.7, 92.0, 68.0 y 50.7 pl/m², respectivamente. El tercer grupo con mayor cantidad de nuevas plantas, lo forman los ecotipos de Navajita: T₃₃, T₁₉, T₂₁, T₁₃ y T₂₈ con 72.0, 66.7, 63.3, 61.3 y 60.7 pl/m², respectivamente. Dentro de las parcelas de Z. alcalino (T₃) no fueron encontradas nuevas plantas, la explicación a tal hecho, puede atribuirse a la sombra que este mismo pasto ofrece desde los meses de junio a diciembre y evita el nacimiento de nueva progenie, pues observaciones hechas a las orillas de las parcelas (fuera de la parcela útil) si se encontraron nuevos individuos.

Como en la literatura no se han encontrado artículos que hayan hecho este tipo estudios, los resultados se discuten en base a información de resiembras inducidas de regiones secas similares. Así, Velázquez *et al.*, (2014) reportan que a los 85 dds, encontraron en promedio para tres sitios en San Luis Potosí, en un año con lluvia arriba de lo normal: 89, 74 y 36 plantas / m², con los pastos Buffel cv. Titán, Banderita cv. Diana y Garrapata cv. Hércules, respectivamente, resultados bastante aceptables de acuerdo a lo reportado por Quero *et al.*, (2014), quienes indican que una resiembra es exitosa en un área de cultivo si a los 36 meses después de la siembra, se encuentran 60 mil plantas ha⁻¹. Si esta información es comparada con los resultados encontrados en el presente estudio, el método de “trasplante por macollos” resulta ser muy efectivo (González *et al.* 2015),



pues además esas nuevas plantas, pueden ser usadas para futuros trasplantes. En relación a la altura de plantas hijas, los pastos T₃₅ Pajita cerdosa, T₁₀ Banderilla y los Navajitas: T₂₇, T₂₈, T₅ y T₂₁, alcanzaron 40.6, 28.1, 25.1, 24.1, 23.7 y 23.1 cm, respectivamente, en donde había una dinámica poblacional de plantas con edades de uno a tres años.

CUADRO 1. NÚMERO Y ALTURA DE PLANTAS HIJAS DE GRAMÍNEAS NATIVAS E INTRODUCIDAS INCREMENTADAS POR MACOLLOS. CEZAC-INIFAP, CALERA, ZAC. FINES DE OCTUBRE 2015.

No. Trat.	Nombre común	Origen	No. de plantas hijas/m ²	No. de plantas hijas estimadas ha ⁻¹	Altura (cm) de plantas hijas
1	Garrapata	Calera, Zac.	232.7 bc	2,327,000	18.7
2	Banderilla	Morelos, Zac.	23.3 e	233,000	23.2
3	Z. alcalino	F. R. Murguía, Zac.	0.0 e	0	0.0
4	Banderilla	Villa de Cos, Zac.	47.3 de	473,000	9.6
5	Navajita	Calera, Zac.	33.3 e	333,000	23.7
6	Banderilla	Vetagrande, Zac.	33.3 e	333,000	13.2
7	Navajita	Vetagrande, Zac.	4.7 e	47,000	8.4
8	Navajita	Fresnillo, Zac.	15.3 e	153,000	18.2
9	Navajita	Fresnillo, Zac.	9.3 e	93,000	7.7
10	Banderilla	Río Grande, Zac.	50.7 de	507,000	28.1
11	Navajita	Río Grande, Zac.	36.7 e	367,000	21.9
12	Banderilla	Río Grande, Zac.	39.3 de	393,000	8.7
13	Navajita	Río Grande, Zac.	61.3 de	613,000	20.2
14	Z. lanudo	Río Grande, Zac.	252.7 b	2,527,000	12.1
15	Navajita	Río Grande, Zac.	26.7 e	267,000	12.8
16	Banderilla	Río Grande, Zac.	68.0 cde	680,000	8.5
17	Navajita	Río Grande, Zac.	30.0 e	300,000	18.1
18	Banderilla	Río Grande, Zac.	41.3 de	413,000	8.4
19	Navajita	Río Grande, Zac.	66.7 cde	667,000	13.1
20	Banderilla	Río Grande, Zac.	54.7 de	547,000	12.4
21	Navajita	Río Grande, Zac.	63.3 de	633,000	23.1
22	Banderilla	Río Grande, Zac.	27.3 e	273,000	9.6
23	Navajita	Calera, Zac.	58.7 de	587,000	22.7
24	Z. lanudo	Río Grande, Zac.	204.7 bcd	2,047,000	23.1
25	Banderilla	Río Grande, Zac.	92.0 bcde	920,000	21.8
26	Banderilla	Río Grande, Zac.	48.7 de	487,000	14.0
27	Navajita	Río Grande, Zac.	51.3 de	513,000	25.1
28	Navajita	Río Grande, Zac.	60.7 de	607,000	24.9
29	Banderilla	Río Grande, Zac.	151.3 bcde	1,513,000	18.1
30	C. de ratón	Río Grande, Zac.	6.0 e	60,000	14.7
31	Navajita	Río Grande, Zac.	54.7 de	547,000	18.4
32	Lobero	Río Grande, Zac.	517.3 a	5,173,000	18.1
33	Navajita	Sombrerete, Zac.	72.0 cde	720,000	22.4
34	Banderilla	s/e	132.7 bcde	1,327,000	20.1
35	Pajita cerdosa	Calera, Zac.	28.7 e	287,000	40.6

* Literales diferentes indican diferencias (p<0.01) entre tratamientos (columnas). s/e = sin especificar.

Conclusiones

Las accesiones con mayor número de plantas jóvenes después de tres años de haber establecido el estudio, fueron: T₃₂ Lobero, T₁₄ Z. lanudo, T₁ Garrapata y T₂₄ Z. lanudo, con valores entre 517.3 y 204.7 pl/m², las cuales pueden ser usadas en programas de resiembra para la revegetación y/o rehabilitación de pastizales nativos y recuperación tierras agrícolas deterioradas. Otras opciones para este fin lo constituyen algunas accesiones de los pastos Banderilla y Navajita, las cuales mostraron una buena densidad de plantas jóvenes a su alrededor.

Literatura Citada

- González D., J.R., S. Gómez M. y A. López D. 2015. El trasplante garantiza establecer zacates forrajeros en suelos salinos y arcillosos. Memoria del VI Congreso Internacional de Manejo de pastizales. Durango, Dgo., México. 464 p.
- Medina G.G. y J.A. Ruiz C. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (período 1961-2003). Libro técnico No. 3. CEZAC-CIRNOC-INIFAP-SAGARAPA. Calera de V. R., Zacatecas, México. 240 pp.
- Plascencia J.R. 2013. Asociación de cepas fijadoras de nitrógeno de vida libre, con recursos genéticos de pastos para zonas áridas. Tesis Maestría. COLPOS, Montecillo, Texcoco, edo. de México. 95 p.
http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2139/1/Plascencia_Jimenez_R_MC_Ganaderia_2013.pdf. Consultada 15/08/2016.
- Quero - Carrillo, A. R.; J. F. Villanueva - Avalos; J. F. Enríquez - Quiroz; C. R. Morales - Nieto; E. D. Bolaños - Aguilar; J. Castillo - Huchim; J. J. Maldonado - Méndez; F. Herrera - Cedano. 2012. Manual de Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Folleto Técnico Núm. 22. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 41 p.
- Quero-Carrillo, A. R., L. Miranda-Jiménez, F. J. Hernández-Guzmán y F. A. Rubio A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto técnico. Colegio de Postgraduados. 31 p.
- Rubio, A. F. A. 1999. Ensayo de rendimiento de materiales de zacate buffel en altitudes mayores a 2000 msnm en el Altiplano de Zacatecas. Memoria de Reunión científica de la XXXV Reunión de Investigación Pecuaria. Yucatán 1999. Mérida, Yucatán. 135 p.
- Rubio, A.F.A. 2004. Rendimiento y calidad de semilla de pasto Banderilla bajo una tecnología de trasplante y riego en Zacatecas. XL Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Yucatán 2004. Memoria de Reunión Científica. Mérida Yucatán. 213 p.
- SAS Institute Inc. 2008. SAS ver. 9.2. Statistical Analysis Software. Cary, North Carolina.
- Tena, J., V. Ortiz y F. Gómez. 1984. Composición química de zacates nativos, introducidos y arbustivos en cuatro estados fenológicos. Boletín Pastizales. Rancho Exp. La Campana. INIP-SARH. Chihuahua, Chih. 15(1):10-17 p.
- Velázquez, M. M., F. J. Hernández G., J. F. Cervantes B. y H. G. Gámez V. 2014. Establecimiento de tres pastos perennes de temporal (buffel, garrapata y banderita) en el altiplano de San Luis Potosí. Memoria de V Congreso Internacional de Manejo de pastizales. Nuevo Vallarta. Nayarit, México. 134-138 pp.



LA REDUCCIÓN DE AGUA CON RIEGO SUBSUPERFICIAL NO AFECTA LA PRODUCCIÓN Y LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ALFALFA

REDUCING OF WATER WITH SUBSURFACE IRRIGATION DOES NOT AFFECT PRODUCTION AND YIELD COMPONENTS OF ALFALFA

Ricardo A. Sánchez^{1*}, Miguel Servín Palestina¹, Héctor Gutiérrez Bañuelos², Alfonso Serna Pérez¹

¹Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México. ²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. 98500. *Autor de correspondencia: sanchez.ricardo@inifap.gob.mx

Resumen

Con el abatimiento de los mantos freáticos es necesario generar información para eficientar la producción de alfalfa. En Zacatecas existe poca información sobre sistemas de riego y variedades que pudieran ser alternativas para llevar a cabo un uso eficiente del agua. El objetivo fue evaluar la producción de forraje y los componentes de rendimiento en dos sistemas de riego y cinco variedades de alfalfa en Zacatecas. Los sistemas de riego evaluados fueron goteo sub-superficial (RGS) e inundación en melgas; y las variedades Silverado (V1), Júpiter (V2), 58n57 (V3), Excelente (V4), y Gigante (V5). Las variables a medir fueron: producción de forraje verde y seco (Fv y Fs), porcentaje de acumulación de materia seca (MS) producción de materia seca de tallos (Tll) y hojas (Hj). En las variables evaluadas no se observó el efecto ($P > 0.05$) tanto en los sistemas de riego como en las variedades, a pesar que se logró disminuir un 44% del riego aplicado con el RGS. En la producción de forraje verde los rendimientos anduvieron de 62.5 a 72.4 ton/ha. En la acumulación de materia seca los rangos fueron de 21.8 a 23.4%. En el forraje seco la producción osciló de 14.1 a 15.6 ton/ha. En los componentes de rendimiento, se observaron kilogramos de materia seca de tallos de 6.6 a 7.5 ton/ha. Mientras que para hoja fue de 7.5 a 8.1 ton/ha. El uso de cualquiera de las variedades bajo el sistema de riego por goteo subsuperficial son una buena alternativa para eficientar el uso del agua.

Palabras clave: Alfalfa, producción de forraje, componentes de rendimiento.

Introducción

La alfalfa es uno de los cultivos más importantes entre los productores de leche y carne, ya que satisface la mayoría de los requerimientos nutricionales de los animales. Tan solo en Zacatecas la superficie sembrada de este cultivo es de 9,764 ha y con rendimientos anuales promedios de 68.65 ton/ha de forraje verde (SIAP, 2014). Sin embargo los altos consumos en agua de este cultivo que van de 175 cm a 200 cm de lámina de riego promedio anuales (Moreno et al., 200) y los bajos rendimientos obtenidos en producción, son algunos de los problemas más fuertes que se presentan en este cultivo. Las crecientes demandas de consumo de agua para el uso doméstico, industrial y agrícola han generado la necesidad de investigar y adoptar nuevas tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de este recurso (Howell, 2001). En los últimos años se ha trabajado para adoptar una nueva tecnología de riego, llamado sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS).



Este sistema se define como la forma de aplicar agua a los cultivos en forma subterránea mediante emisores con gastos uniformes que reduce el gasto hasta en un 40% comparado con otros sistemas de riego. Emplea cintas de goteo enterradas en el suelo, lo cual permite conservar el agua e incrementar significativamente la producción y calidad de los cultivos (Isamali and Hussein, 2011; Alam et al., 2012). Este sistema de riego, evita la saturación del agua en el suelo y el estrés por déficit de humedad al cultivo antes de la aplicación del siguiente riego. Estas condiciones son comunes cuando los cultivos se riegan con el método de riego por inundación de agua o también llamado riego superficial. Sin embargo, en Zacatecas existe poca información sobre sistemas de riego y variedades que pudieran ser alternativas para llevar a cabo un uso eficiente del agua. El objetivo fue evaluar la producción de forraje y los componentes de rendimiento en dos sistemas de riego y cinco variedades de alfalfa en Zacatecas.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en los terrenos del 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 suelo es de tipo Kastanozem con pH de 7.5 y una profundidad mayor a 0.8 m. El clima es semiárido y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. El promedio (de 42 años de 1961 a 2003) de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm (Medina y Ruiz, 2004). En el año 2012 la precipitación estuvo por debajo de lo esperado, solamente se acumuló el 59.7% (203 mm) y la evapotranspiración fue superior un 12.5%, reportando 1469.7 mm (Figura 1). Se establecieron dos sistemas de riego, gravedad y goteo por cintilla. En gravedad se diseñaron melgas de 13m de ancho por 50 m de largo y se dieron dos riegos por corte. Y para el sistema por goteo se utilizó cintilla calibre 10 mil con un gasto por emisor de 1 litro por hora y una separación entre emisores de 20 cm. La cintilla se colocó a una profundidad de 20 cm. Y una separación entre líneas regantes de 80 cm. Para el sistema de conducción se utilizó tubería telescopiada de 3 y 4 pulgadas, tubería de 2 pulgadas para la distribución, también se instaló un dren de 2 pulgadas con una válvula de drenaje de 1 ½ pulgadas. Dando una tasa horaria de riego de 6.25 mm/hora. En el cabezal de descarga se instaló un re-bombear de 15 Hp, un filtro de arena y un medidor volumétrico para llevar el seguimiento del agua utilizada en la parcela experimental. Y respecto al riego se realizó con una frecuencia de 3 días utilizando la metodología de tanque evaporímetro tipo A desarrollado por la FAO donde se consultó de la estación meteorológica ubicada en el campo experimental de Zacatecas a 300 metros de la parcela experimental. La evaporación acumulada de los 3 días anteriores, se multiplica por un ajuste del tanque de 0.75 y para obtener la evapotranspiración de referencia y se multiplica por 0.8 para obtener la evapotranspiración de cultivo obteniendo así el uso consuntivo de la alfalfa para obtener la lámina aplicar se resta la precipitación efectiva que se han presentado en esos tres días n a la fecha de riego. Las variedades sembradas fueron, Silverado (V1), Júpiter (V2), 58n57 (V3), Excelente (V4), y Gigante (V5). Se estableció un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela grande fue el sistema de riego, mientras que la parcela chica fueron las variedades. La unidad experimental consta de 2m². En cada parcela se estimó la producción de forraje verde, después se obtuvo una muestra de 0.5 kg en peso verde, se llevó a una estufa a 600C hasta que llegó a peso constante, con estos datos se determinó el porcentaje de materia seca. El rendimiento de materia seca por hectárea se calculó a partir de la



producción de forraje verde de las parcelas y el porcentaje de materia seca de las muestras. Con otra muestra tomada al azar de cada parcela se separaron las partes vegetativas de la planta, tallo, hoja y espiga, después se llevaron a secar por separado a la estufa (a 600C) hasta que llegaron a peso constante. Para calcular el porcentaje de tallo, hoja y espiga, cada una se dividió con el peso total de la biomasa. Las variables a medir fueron, rendimiento de forraje verde (FV) y seco (FS), altura de planta (AP), días de siembra a cosecha (DSC), porcentaje del peso de hoja (%HJ), de tallo (%T) y espiga (%E). las variables a medir son: litros aplicados por sistema de riego, altura de forraje, rendimiento de forraje verde y seco, % de tallo y hoja, proteína cruda, fibra detergente neutro y ácido. Los análisis estadísticos se realizaron con un diseño experimental de parcelas divididas utilizando el procedimiento “Proc Mixed” y las medias se separaron al 5% de probabilidad mediante el paquete estadístico SAS (2006).

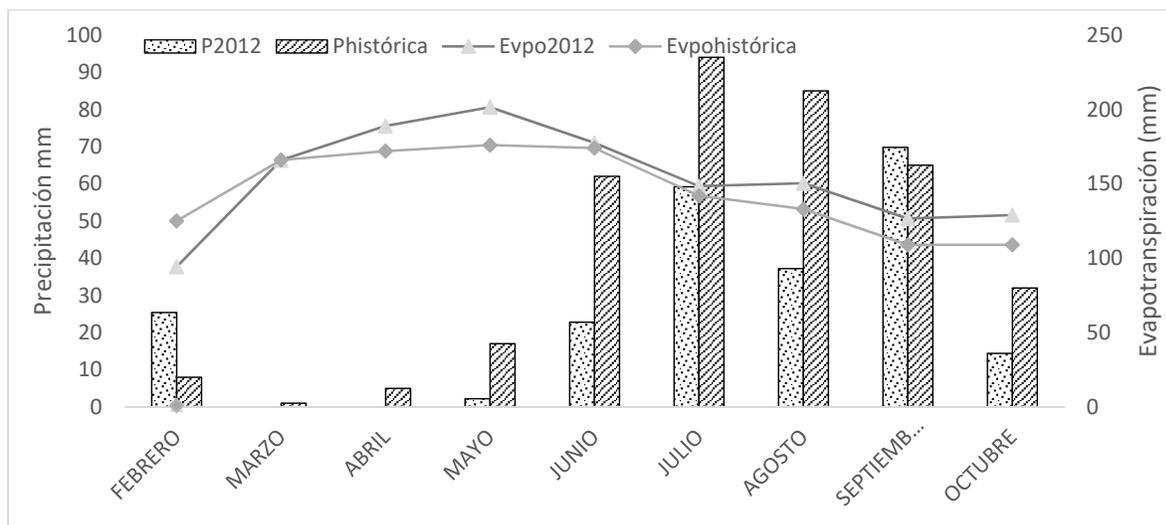


Figura 1. Precipitación mensual (mm) y evapotranspiración (mm) del año 2012 en el Campo Experimental Zacatecas

Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra la cantidad de agua aplicada en los sistemas de riego de gravedad y goteo, después del primer corte. En dicha figura se observa que el sistema de riego subsuperficial ahorró en promedio un 44% el agua aplicada (Figura 2). Este sistema es una buena alternativa para implementar en las 1,500,00 has de potencial en Zacatecas.

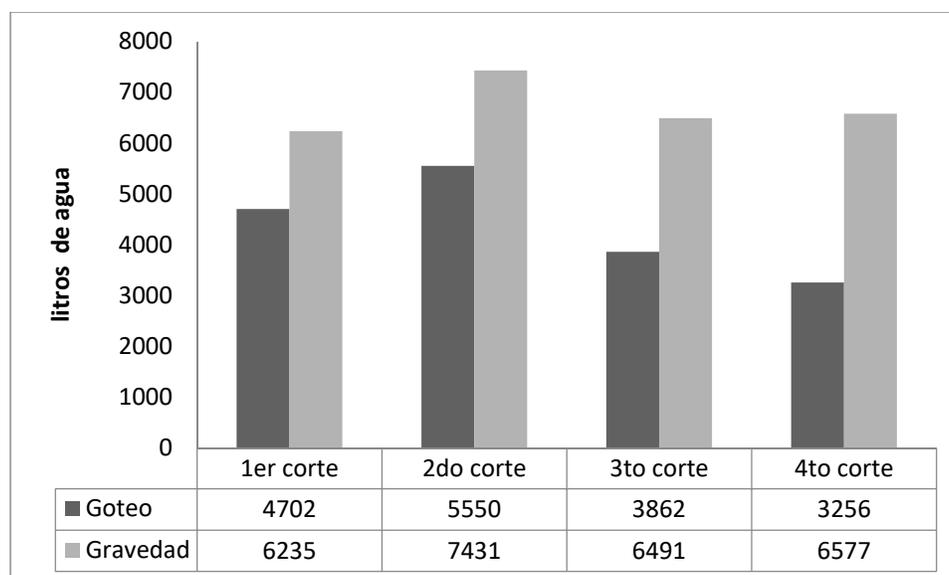


Figura 2. Gasto de agua en el sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) e inundación.

En el cuadro 1 se presenta la producción y los componentes de rendimiento en cinco cortes de las variedades de alfalfa bajo dos sistemas de riegos. Se observa que tanto en los sistemas de riego como en las variedades no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). En la producción de forraje verde los rendimientos anduvieron de 62.5 a 72.4 ton/ha. En la acumulación de materia seca los rangos fueron de 21.8 a 23.4%. En el forraje seco la producción osciló de 14.1 a 15.6 ton/ha. En los componentes de rendimiento, se observaron kilogramos de materia seca de tallos de 6.6 a 7.5 ton/ha. Mientras que para hoja fue de 7.5 a 8.1 ton/ha. No se observaron interacciones en corte*variedad ($P > 0.05$). Los resultados de forraje seco son mayores a los presentados en la región lagunera de México (Godoy et al 2003) donde evaluaron los mismos sistemas de riego y deficiencias hídricas en alfalfa. El uso de cualquiera de las variedades bajo el sistema de riego por goteo subsuperficial son una buena alternativa para eficientar el uso del agua. Sería importante continuar con más años de evaluación y determinar las propiedades químicas del forraje.

Cuadro 1. Producción de forraje y componentes de rendimiento de cinco cortes en cinco variedades de alfalfa bajo dos diferentes sistemas de riego en Zacatecas.

	Fv (ton/ha)	MS (%)	Fs (ton/ha)	Tll (ton/ha)	Hj (ton/ha)
RGS	72.4 ± 2.2	21.8 ± 0.6	15.6 ± 0.53	7.5 ± 0.37	8.1 ± 0.3
Inundación	65.2 ± 2.3	23.1 ± 0.6	14.1 ± 0.53	6.6 ± 0.37	7.5 ± 0.3
V1	62.9 ± 2.7	23.4 ± 0.7	14.4 ± 0.63	6.8 ± 0.38	7.6 ± 0.34
V2	67.6 ± 2.7	23.2 ± 0.7	15.4 ± 0.63	7.3 ± 0.38	8 ± 0.34
V3	65.8 ± 2.7	22.3 ± 0.7	14.4 ± 0.63	7 ± 0.38	7.4 ± 0.34
V4	65.9 ± 2.7	22.9 ± 0.7	15 ± 0.63	7.1 ± 0.38	7.9 ± 0.34
V5	69.3 ± 2.7	22.1 ± 0.7	14.9 ± 0.63	7 ± 0.38	7.9 ± 0.34

Cort*var

Fv= Forraje verde; Ms= Materia seca; Fs= Forraje seco; Tll= Tallo; Hj=Hoja; V1: Silverado; V2=Júpiter; V3=58n57; V4=Excelente; V5=Gigante



Conclusiones

Con el riego por goteo subsuperficial se disminuyó un 44% del agua aplicada sin lograr tener un efecto en la producción y los componentes de rendimiento de alfalfa. Mientras que las variedades tuvieron el mismo comportamiento productivo.

Literatura citada

- Alam M, Trooein TP, Dumler TJ, Rogers DH. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. *J of Am W Res Ass* 2002;38(6):1715-1721.
- Godoy AC, Pérez GA, Torres EC, Hermosillo LJ, Reyes JI. Uso de agua producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa por riego por goteo subsuperficial. *Agrocien* 2003;37(2):107-115.
- Howell TA. Enhacing Water Use Efficiency in Irrigate Agriculture. *Agr J* 2001;93(2): 281-289
- Ismail SM, Alarshadi MH. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. *Irrig and Drain* 2013(62):57-66
- Medina GG, Ruiz CA. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). 1ª ed. México: INIFAP; 2004.
- Moreno DL, García AD, Faz CR. Producción y utilización de la alfalfa en zona norte de México. *Campo Experimental La Laguna*. CIRNOC. INIFAP. Libro técnico No. 2. 2000
- SAS. User Guide. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. versión 9.1 2006
- Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2014.



ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE ZACATE BUFFEL EN DIFERENTES CONDICIONES DE HUMEDAD EN DEBRE ZEIT, ETIOPÍA

OUTSTANDING ACCESSIONS OF BUFFELGRASS UNDER DIFERENT MOISTURE CONDITION IN DEBRE ZEIT, ETHIOPIA

**Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez^{1,2*}, Carlos Raúl Morales Nieto¹, Jean Hanson³, Chris Jones³,
Eduardo Santellano Estrada¹, Pedro Jurado Guerra⁴, Alicia Melgoza Castillo.¹**

¹ UACH-Facultad de Zootecnia y Ecología. Km 1 Perif. F.R. Almada. C.P 31031, Apdo. Postal 4-28 Chihuahua, Chih., México. ² INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. Kilometro 24.5 carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R. C.P. 98500. ³ ILRI-Forage Diversity, Addis Ababa, Ethiopia, P.O. Box 5689. ⁴ INIFAP-Campo Experimental Campana-Madera. Km 33.3 carretera Chihuahua-Ojinaga.* sanchez.ricardo@inifap.gob.mx

Resumen

El objetivo fue determinar la producción y calidad del forraje de una colección de 126 ecotipos de zacate buffel, bajo condiciones óptimas de humedad y en época de sequía en Debre Zeit Etiopía. Se establecieron 116 ecotipos y 10 variedades de buffel en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: producción de forraje seco (PF), altura de planta (AP), largo y ancho de hoja (LH), proteína cruda (PC), fibra detergente neutro y ácido (FDN y FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO). Se realizó un análisis de Cluster y se eligieron los grupos con base en PST2. Los grupos fueron sometidos a un MANOVA con la finalidad de determinar si existen diferencia entre ellos ($P < 0.05$). El comportamiento de los materiales fue mejor en condiciones de humedad ($P < 0.05$) en comparación a la época de sequía. El dendrograma integró a los ecotipos y variedades en condiciones óptimas de humedad en tres grandes grupos que fueron diferentes ($P > 0.05$). El grupo II lo conformaron 52 materiales y se caracterizaron por alta calidad nutricional del forraje. El grupo III lo integraron 16 materiales y presentaron los rendimientos más altos. En condiciones de sequía se agruparon 4 grupos diferentes ($P > 0.05$) y solo uno de ellos se caracterizó por tener los más altos valores de producción y calidad de forraje, lo conformaron 12 materiales. Se lograron identificar materiales sobresalientes en la producción y calidad de forraje por cada condición de humedad.

Palabras clave: producción de forraje, calidad nutricional, húmedo, sequía

Introducción

La inestabilidad en la producción y calidad del forraje es una de las limitaciones que se enfrenta la ganadería en África (Pamo et al., 2007). Además, se ha predicho que el cambio climático tendrá efectos negativos para la producción de forrajes en África (Hoffman and Vogel, 2008). Una alternativa para mitigar el cambio climático es la búsqueda de individuos dentro de la diversidad de una especie que pudieran tener características de resistir dichos cambios. Actualmente el ILRI (International Livestock Research Institute) cuenta con una colección de 126 ecotipos de zacate buffel que hasta el momento se tiene poca información sobre el comportamiento productivo de cada uno de ellos bajo condiciones de humedad óptima y sequía. El objetivo fue determinar la producción y calidad del forraje de una colección de 126 ecotipos de zacate buffel, bajo condiciones óptimas de humedad y en época de sequía en Debre Zeit Etiopía.



Materiales y métodos

La evaluación se llevó a cabo en la estación experimental Debre Zeit del ILRI en Etiopía, África. El sitio se localiza en las coordenadas 8° 44' N y 30° 58' E. La altitud es de 1850 msnm. La precipitación media anual es de 850 mm con una mayor presencia en los meses de Junio a Septiembre. El tipo de suelo es vertizol con un pH de 7. Se establecieron 116 ecotipos y 10 variedades de buffel en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue un surco de 0.75 m de ancho por 5 m de largo. El espacio entre plantas fue de 0.40 m y se trasplantaron un total 12 por surco. La parcela útil fueron las ocho plantas centrales. Los ecotipos evaluados provienen de 12 distintos países de África: Botsuana, DR Congo, Etiopia, Kenya, Mauritania, Namibia, Nigeria, Somalia, Sud África, Tanzania, Uganda, Zimbabue. Además, variedades comerciales como American, Biloela, Boorara, Gayndah, Karasberg, Nunbank, Towoomba, Kongwa, Palsana y Viva. Se realizó un corte de estandarización el 18 de agosto del 2015 y después se dieron dos cortes cada 45 días. Las variables evaluadas fueron: producción de forraje seco (FS), para ello se obtuvo el peso del forraje verde de la parcela cortando a 10 cm del suelo. Después, se determinó el porcentaje de materia seca con 300 g en peso verde y se colocó en una estufa de aire forzado durante 72 horas a 60 °C. El rendimiento de materia seca por hectárea se estimó a partir de la producción de forraje verde de las parcelas y el porcentaje de materia seca de las muestras. Para altura de planta (AP) se midió desde el nivel del suelo hasta la punta de la inflorescencia más alta. En largo de hoja (LH) se seleccionó una hoja de la parte central de la planta y se midió desde la lígula hasta la punta de la hoja. Cada muestra de forraje fue analizada en el NIRS (FOSS NIRSystem) y los datos se analizaron utilizando la ecuación para predecir proteína cruda (PC), fibra detergente neutro y acida (FDN Y FDA) y digestibilidad in vivo de la materia orgánica (DIVMO). Se realizó un análisis de Cluster mediante un agrupamiento jerárquico con el método de ligamiento Ward's y se eligieron los grupos con base en PST2. Los grupos fueron sometidos a un MANOVA con la finalidad de determinar si existen diferencia entre ellos ($P < 0.05$), se tomó como referencia el estadístico de Wilks' Lambda (SAS, 2006).

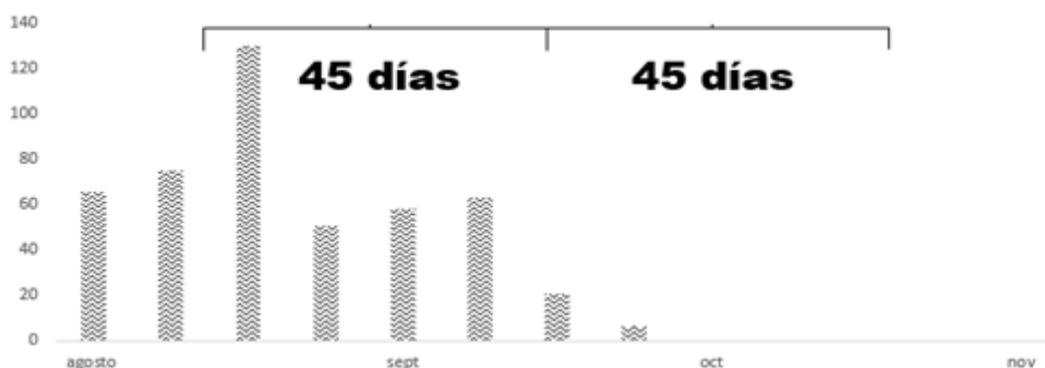


Figura 1. Precipitación semanal (mm) del 2015 en la estación experimental Debre Zeit, Etiopía.

Resultados y Discusión

En las condiciones óptimas de humedad se presentaron los mejores resultados, ya que FS, AP, LH, DIVMO fueron más altos ($P < 0.05$) que en época de sequía. Y en FDN y FDA los valores en humedad fueron menores que en sequía ($P < 0.05$). Se observaron diferencias entre ecotipos y en la



interacción ecotipo*corte ($P < 0.05$: Cuadro 1). Dicha interacción muestra que los ecotipos son dependientes por cada condición de humedad, por lo tanto, se analizó por separado cada condición de humedad. Los resultados de este trabajo coinciden con los reportados de otros autores donde caracterizaron varias colecciones (Jacobs *et al.*, 2004; Mariano *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Características forrajeras de ecotipos de zacate buffel en condiciones de humedad y sequía en Debre Zeit Etiopía.

	FS	AP	LH	PC	FDN	FDA	DIVMO
Húmedo	3441.6 a	88.2 a	29.4 a	12.4 a	70.65	40.49	69.89 a
Sequía	557.2 b	19.3 b	13.6 b	9.2 b	75.49	47.62	46.91 b
Ecotipos	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0003	0.0018	<0.0001
Ecot*cort	<0.0001	<0.0001	0.0018	0.0024	0.6819	0.3589	0.3447

FS= Forraje seco: AP=Altura de planta: LH= Largo de hoja: PC= Proteína cruda: FDA= Fibra detergente neutro: FDA= Fibra detergente ácido: DIVMO= Digestibilidad in vitro de la materia organica: Ecot= Ecotipo; cort=corte

Mediante el ligamiento Ward, el dendograma integró a los ecotipos y variedades evaluadas en condiciones óptimas de humedad en tres grandes grupos (Figura 2), además, el estadístico de Lambda de Wilks' mostró que existe diferencia estadística multivariada entre grupos ($P < 0.0001$).

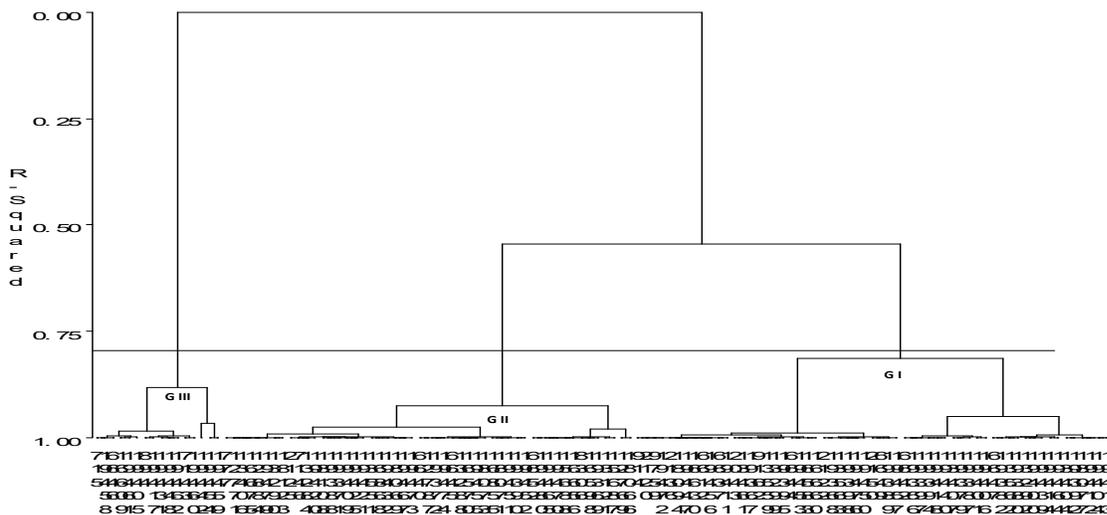


Figura 2. Dendograma del análisis de siete variables en 116 ecotipos y 9 variedades de zacate buffel en condiciones óptimas de humedad en Debre Zeit, Etiopía.

El grupo III sobresalió en la producción de forraje con una media de 5873 kg/ha y lo conformaron 14 ecotipos y las variedades Biloela y Molopo. Mientras que el grupo II sobresalió en la calidad forrajera, ya que obtuvo los mejores valores en PC, FDN, FDA y DIVMO con 13, 69.7, 39 y 71%, respectivamente. Este grupo lo conformaron 46 ecotipos y las variedades American, Gayndah, Karasberg, Towoomba y Karasberg (Cuadro2: Figura2)



SOMMAP

Cuadro 2. Ecotipos por grupo y media de las siete características forrajeras de zacate buffel en condiciones de humedad del 2015 en Debre Zeit, Etiopía.

	Grupo I (59)	Grupo II (51)	Grupo III (16)
FS (Kg/ha)	3566.06	2053.29	5873.199
AP (cm)	93.05	70.28	108.80
LH (cm)	31.04	23.61	37.38
PC (%)	12.12	13.08	11.29
FDN (%)	71.04	69.73	71.8
FDA (%)	41.16	39.01	42.66
DIVMO (%)	70.03	71.43	66.77

FS=Forraje seco; AP= Altura de planta; LH=Largo de hoja; PC=Proteína cruda; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácida; DIVMO=Digestibilidad in vivo de la materia orgánica.

Mediante el ligamiento Ward, el dendograma integró a los ecotipos y variedades evaluadas en condiciones de sequía en tres grandes grupos (Figura 3), además, el estadístico de Lambda de Wilks' mostró que existe diferencia estadística multivariada entre grupos ($P < 0.0001$).

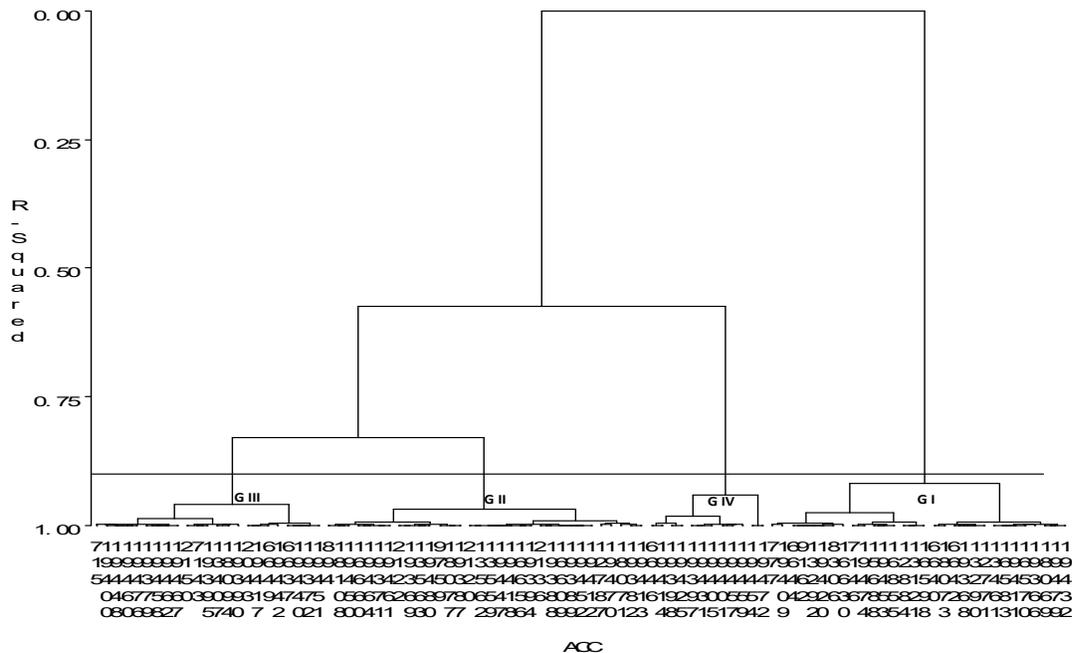


Figura 3. Dendograma del análisis de siete variables en 116 ecotipos y 9 variedades de zacate buffel en condiciones de sequía en Debre Zeit, Etiopía.

El grupo IV sobresalió tanto en la producción como en la calidad del forraje, lo conformaron 11 ecotipos y la variedad Biloela (Cuadro 3). De este grupo el 58% de los materiales provienen de Tanzania, 33% tienen origen desconocido y 9% de Zimbabue. Cook et al., (2005) mencionaron que



la variedad Biloela proviene de Tanzania y es una variedad resistente a sequía, por lo tanto este grupo tiene potencial para

Cuadro 3. Ecotipos por grupo y media de las siete características forrajeras de zacate buffel en condiciones de sequía del 2015 en Debre Zeit, Etiopía.

	Grupo 1 (30)	Grupo 2 (32)	Grupo 3 (23)	Grupo 4 (12)
FS (Kg/ha)	262.00	528.50	738.16	1030.10
AP (cm)	16.73	19.27	22.86	22.58
LH (cm)	13.19	13.00	14.26	14.86
PC (%)	9.53	8.89	9.10	9.45
FDN (%)	75.25	75.92	75.37	75.19
FDA (%)	47.34	48.11	47.52	47.27
DIVMO (%)	47.76	46.20	46.65	47.02

Fs=Forraje seco; AP= Altura de planta; LH=Largo de hoja; PC=Proteína cruda; FDN=Fibra detergente neutro; FDA=Fibra detergente ácido; DIVMO=Digestibilidad in vivo de la materia orgánica

Conclusiones

Para condiciones de humedad se identificaron 16 materiales con características de alto rendimiento, entre ellos dos variedades. En calidad nutricional sobresalieron 46 ecotipos y 5 variedades.

En condiciones de sequía sobresalió un grupo formado de 11 ecotipos y 1 variedad que se caracterizó por tener los mejores valores forrajeros.

Literatura citada

- Alam M, Trooein TP, Dumler TJ, Rogers DH. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. *J of Am W Res Ass* 2002;38(6):1715-1721.
- Cook, B. G.; Pengelly, B. C.; Brown, S. D.; Donnelly, J. L.; Eagles, D. A.; Franco, M. A.; Hanson, J.; Mullen, B. F.; Partridge, I. J.; Peters, M. and Schultze-Kraft, R. 2005. *Tropical Forages: an interactive selection tool.*, [CD-ROM], CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia.
- Hoffman T, Vogel C 2008. Climate change on African Rangelands. *Rang.* 30:12-17
- Jacobs, S. S., W. A. van Nieker y R. J. Coertze. 2004. Qualitative evaluation of *Cenchrus ciliaris* cv. Molopo and Gayndah as foggage. *Sou. Afr. J. Anim. Sci.* 34:65- 68
- Pamo ET, Boukila B, Fonteh FA, Tendonkeng F, Kana JR, Nanda AS (2007) Nutritive value of some grasses and leguminous tree leaves of the Central region of Africa. *Animal Feed Science and Technology.* 273-282
- SAS Institute Inc (2006) SAS 9.1.3 User's guide. Cary, NC. USA

EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO SOBRE EL SUELO DE CUATRO TIPOS DE VEGETACIÓN EN EL NORESTE DE MÉXICO

EFFECTS OF GRAZING EXCLUSION OVER THE SOIL OF FOUR VEGETATION TYPES IN NORTHEAST MEXICO

J. E. Segura-Carmona¹, J. C. Ibarra F.², H. Bernal-Barragán³, H. Ibarra-Gil³

¹ Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria UANL

² CONANP Cuatro Ciénegas Coahuila

³ Facultad de Agronomía UANL

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta que presenta el suelo de cuatro tipos diferentes de vegetación, al pastoreo y exclusiones de pastoreo en agostaderos en el noreste de México. El experimento se realizó en Cuatro Ciénegas Coahuila, se establecieron 4 pares de sitios en cuatro tipos de vegetación, estos sitios contaban con una exclusión del pastoreo de al menos 10 años, y colindaban con terrenos pastoreados continuamente por más de 15 años. Se evaluó la capacidad de infiltración, densidad aparente, contenido de fósforo, contenido de carbono y nitrógeno, así como la relación entre estos dos últimos. La densidad aparente del suelo fue mayor para el tratamiento pastoreo ($p < 0.05$) en los sitios 1, 2 y 3; el sitio 4 no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$). La tasa de infiltración fue mayor para el tratamiento de exclusión ($p < 0.05$) en los sitios 1 y 2, en el sitio 3 no fue posible medir la infiltración y el sitio 4 no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) pero sí una ligera tendencia. La exclusión del pastoreo disminuye la densidad aparente del suelo, lo que incrementa la tasa de infiltración del agua.

Palabras claves: exclusión del pastoreo, compactación del suelo, tasa de infiltración, carbón orgánico del suelo, islas de fertilidad.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the response of four vegetation types and soil to grazing and grazing exclusion in northeastern Mexico. The experiment was realized on Cuatro Cienegas Coahuila, four pairs of sites were located in four different vegetation types, those sites had been excluded of grazing for at least ten years, and adjoined with lands that were being grazing for at least the last fifteen years. We measured infiltration rate, bulk density, available phosphorus, organic carbon and nitrogen content and their relationships. The bulk density was higher ($p < 0.05$) for grazing treatment on sites 1, 2, and 3, on the 4 significant difference was not observed ($p > 0.05$). The infiltration rate was higher for the exclusion treatment ($p < 0.05$) on the sites 1 and 2, on the site 3 was not possible to measure infiltration, and the site 4 did not show significant differences ($p > 0.05$). the grazing exclusion decrease the bulk density and improve the water infiltration rate.

Keywords: grazing exclusion, soil compaction, infiltration rate, soil organic carbon, fertility islands.

Introducción

El pastoreo puede influenciar la estructura de la comunidad vegetal, las propiedades físicas y químicas del suelo y la distribución y ciclo de nutrientes (Schuman *et al.*, 1999). Aunque la infiltración del agua en el suelo varía naturalmente en tiempo y espacio, los factores principales que la afectan son la intensidad y duración de los animales en el agostadero, cobertura vegetal, densidad aparente y textura del suelo, cantidad de suelo desnudo, tipo de superficie y cantidad de materia orgánica (McCalla *et al.*, 1984). La exclusión del ganado por largo tiempo podría resultar en un incremento de la velocidad de infiltración, ya que se relaciona con la reducción de compactación del suelo y el incremento de la abundancia de zacates y cobertura vegetal ya que se reduce la evaporación y ralentiza el ciclo de nutrientes del suelo (Allington & Valone 2011; Castellano & Valone 2007; Chyba *et al.*, 2014; McCalla *et al.*, 1984; Odriozola *et al.*, 2014). El objetivo general de este estudio es evaluar la respuesta del suelo en cuatro diferentes tipos de vegetación, en exclusiones de pastoreo en agostaderos en el noreste de México.

Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el valle de Cuatrociénegas Coahuila (26°59'10" N: 102°04'02" W), caracterizado por un tipo de clima seco desértico y con una precipitación anual promedio de 183mm (García 1973). Cuatro pares de sitios fueron localizados en cuatro diferentes tipos de vegetación, esos sitios habían sido excluidos del pastoreo por al menos los últimos 10 años, y los mismos colindaban con terrenos que han sido pastoreados por al menos los últimos 20 años, por lo tanto, los tratamientos a evaluar fue la exclusión del pastoreo y pastoreo. El sitio 1 con un tipo de suelo xerosol haplico-regosol calcarico; el sitio 2 tenía un tipo de suelo solonchak ortico-sodico; el sitio 3 con un tipo de suelo solonchak ortico-gleyico; el sitio 4 con un suelo solonchak ortico-sodico (CETENAL, 1977).

La infiltración fue estimada por medio del infiltrometro de doble anillo, con 6 repeticiones para cada tratamiento, los lugares donde se colocó el infiltrometro, fueron distribuidos aleatoriamente, y a una distancia mayor a 15 metros de los límites de los predios. Las lecturas se realizaron a 0, 5, 10 y 15 minutos. Las muestras para determinar la densidad aparente del suelo, se realizaron con el método del cilindro, tomando 11 muestras por tratamiento en cada sitio, adicionalmente en el sitio 1 debido a la presencia de arbustos se tomaron 6 muestras bajo arbustos y 6 muestras entre arbustos para cada tratamiento para analizar la densidad aparente y nutrientes de las islas de fertilidad bajo los arbustos. Las muestras se secaron a 110 °C hasta peso constante, una vez que se obtuvo el peso seco, se estimó la densidad aparente. Para el análisis de contenido de carbono y nitrógeno, se tomaron 6 muestras compuestas de los primeros 5 cm del suelo para cada sitio, se secaron a temperatura ambiente y tamizaron antes de ser analizadas. Para obtener el contenido de materia orgánica y carbono orgánico se utilizó el método de Walkley-Black. Para conocer el contenido de nitrógeno se realizó el análisis de micro Micro-Kjeldahl y para determinar el contenido de fósforo disponible se realizó el análisis de Olsen modificado.

Para comparar densidad aparente del suelo, tasa de infiltración del agua, nitrógeno total, materia orgánica del suelo, carbono orgánico del suelo y fosforo disponible se utilizó un modelo completamente al azar y comparación de medias por el método de Tukey con el paquete estadístico IBM SPSS.

Resultados y discusión

En la figura 1 aparecen los resultados de la densidad aparente del suelo de las islas de fertilidad y los 4 sitios. Se encontró que la densidad aumenta de entre arbustos a bajo arbustos de 21% a 25% en pastoreo y exclusión respectivamente, por lo que las densidades difirieron tanto entre arbustos y bajo arbustos dentro y entre tratamientos ($p < 0.01$). La menor densidad aparente encontrada bajo arbustos puede responder a la cantidad de materia orgánica encontrada en el suelo (Franzluebbers 2002).

En el sitio 1 el tratamiento de pastoreo presento 11% más de densidad aparente que el tratamiento de exclusión del pastoreo ($p < 0.01$). El sitio 2 el tratamiento de pastoreo presento un 6.5% más de densidad aparente que la exclusión del pastoreo ($p < 0.05$). En el caso del sitio 3 la densidad aparente fue un 41.6% más para el tratamiento de pastoreo que para el tratamiento de exclusión ($p < 0.01$).

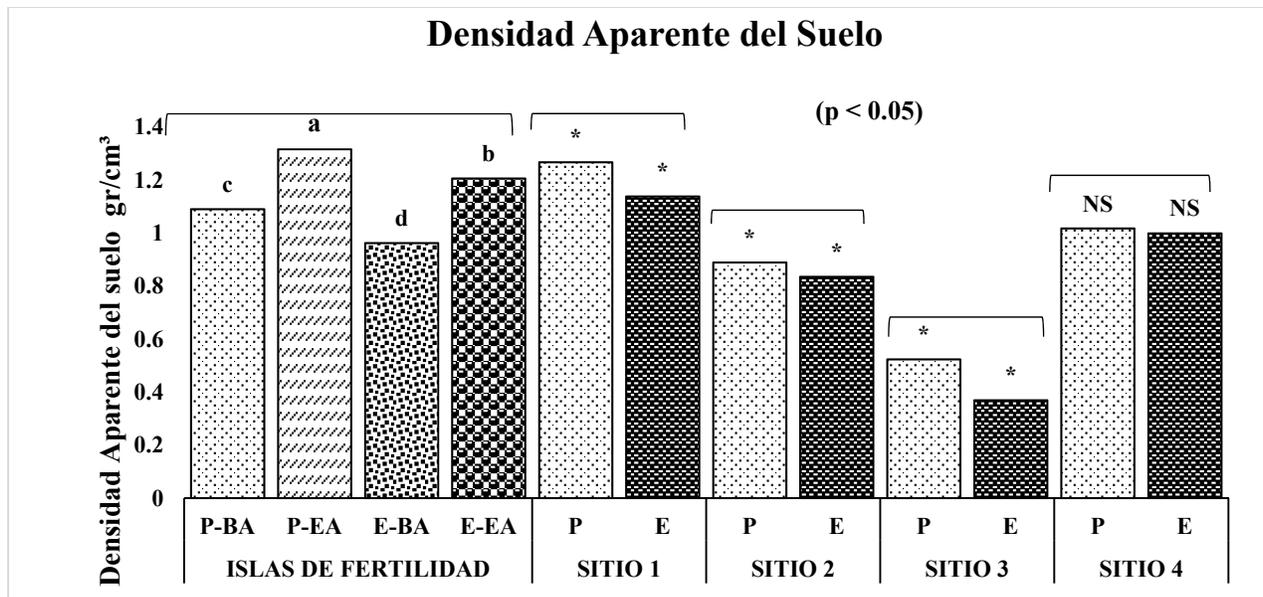


Figura 2.- Promedios de densidad aparente en islas de fertilidad y los sitios 1,2,3 y 4 expresada en gr/cm^3 . * indican diferencias significativas entre tratamientos. Letras diferentes encima de las barras indica diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.01$), NS= No Significativo, P= Pastoreo, E= Exclusión del Pastoreo, BA=Bajo arbusto y EA= Entre Arbustos

La figura 2 muestra los resultados de la tasa de infiltración del agua en el suelo de los sitios 1,2 y 4. En el sitio 3 fue imposible realizar el experimento, debido a que el día del experimento estaba inundado. El tratamiento de exclusión del pastoreo del sitio 1 presento mayor tasa de infiltración de 73%, 76% y 77% en 5, 10 y 15 minutos respectivamente que el tratamiento de pastoreo ($p < 0.05$). El sitio 2 al igual que en el sitio 1 la infiltración fue mayor para el tratamiento de exclusión en un 44%, 62% y 71% en 5, 10 y 15 minutos respectivamente en comparación al tratamiento de exclusión ($p < 0.05$). En el caso del sitio 4 la infiltración fue mayor para el tratamiento de exclusión que para el tratamiento de pastoreo en un 19%, 15% y 14% en tiempos de 5, 10 y 15 minutos respectivamente, sin embargo, estadísticamente no presentaron diferencia significativa ($p > 0.05$). Se realizaron análisis de regresión lineal relacionando la densidad aparente del suelo y la tasa de

infiltración en los 3 tipos de vegetación (M, MH y PH) en 5, 10 y 15 minutos, encontrando relaciones negativas ($p < 0.05$) $R^2 = 0.659, 0.599$ y 0.605 respectivamente.

La densidad aparente del suelo fue mayor para el tratamiento de pastoreo en los sitios 1, 2 y 3, lo que coincide con la tasa de infiltración resulto ser mayor para el tratamiento de exclusión en todos los sitios, lo cual podría ser explicado por la compactación debida al pisoteo de los animales (Bilotta *et al.*, 2007; Chyba *et al.*, 2014), ya que de acuerdo a la literatura el pastoreo puede llegar a incrementar la densidad desde un 5.5% (Allington & Valone 2011) hasta un 26 % (Shi *et al.*, 2013). Cuando se incrementa la densidad aparente del suelo, la porosidad del suelo tiende a disminuir (Franzluebbers, 2002), lo que podría explicar las relaciones negativas encontradas entre la tasa de infiltración del agua y la densidad aparente del suelo.

El contenido de materia y carbono orgánico fueron superiores para las muestras bajo arbustos en el tratamiento de exclusión que para las muestras bajo arbustos en el tratamiento de pastoreo ($p < 0.05$). Pero las muestras de suelo entre arbustos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). El contenido de fosforo fue mayor para las muestras bajo arbusto en exclusión seguido de muestras bajo arbusto en pastoreo, muestras entre arbustos en exclusión y las muestras entre arbustos para el tratamiento pastoreo presentaron la menor concentración de fosforo ($p < 0.05$). El contenido de materia orgánica del suelo, carbono orgánico y fosforo disponible no presento diferencias significativas entre tratamientos en ninguno de los sitios ($p > 0.05$), a excepción del sitio 3 donde la cantidad de fosforo disponible fue superior en el tratamiento de exclusión del pastoreo ($p < 0.05$).

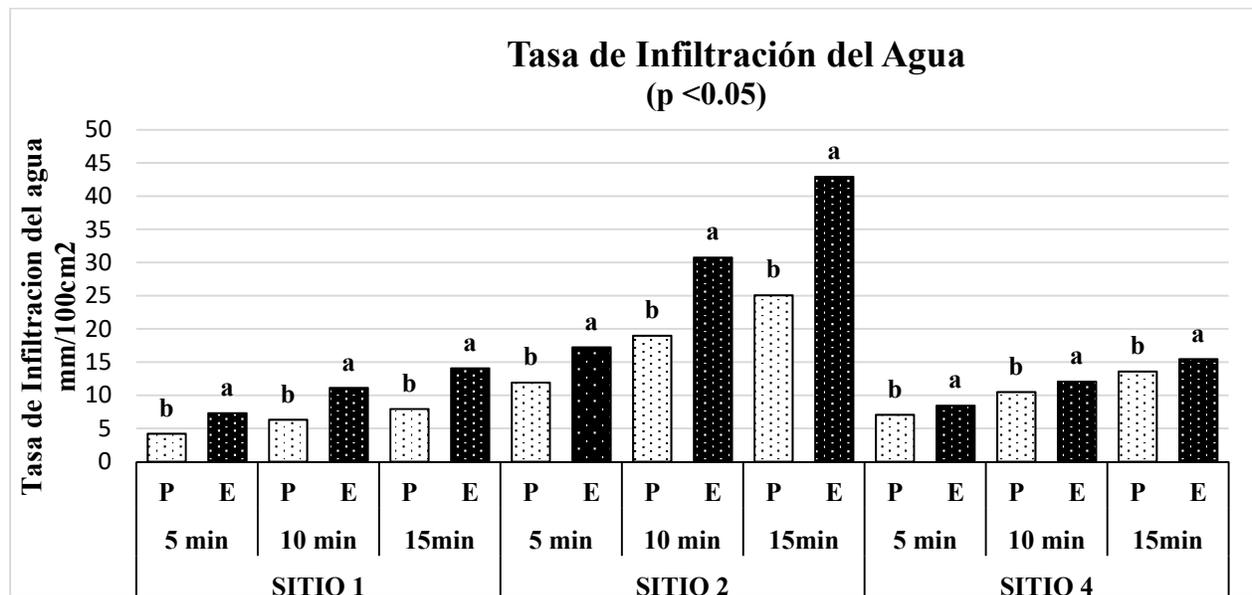


Figura 2.- Promedios de tasa de infiltración del agua en el suelo en los sitios 1, 2 y 4, expresado en mm infiltrados en un área de 100cm² en 5, 10 y 15 minutos. Letras diferentes encima de las barras indica diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$), NS= No Significativo, P= Pastoreo y E= Exclusión del Pastoreo.

Las concentraciones mayores de materia orgánica, carbono orgánico y fósforo disponible fueron mayores bajo arbustos en exclusión que bajo arbustos en pastoreo, la diferencia del contenido



encontrado bajo los arbustos se puede atribuir a la mayor acumulación de restos vegetales y partículas bajo los arbustos (García-Moya & McKell 1970). Los contenidos de materia orgánica y carbono orgánico no mostraron cambios respecto a los tratamientos, similar a lo reportado por (Shrestha & Stahl 2008) y (Shi *et al.*, 2013). La mayor concentración de fósforo en el sitio 3 podría deberse a la remoción de plantas del suelo por el ganado (Raiesi & Asadi 2006).

Conclusiones

La exclusión del pastoreo mejora la estructura del suelo, ya que se encontró que en tres de cuatro sitios la densidad aparente del suelo disminuye al excluir el ganado. La infiltración del suelo está altamente relacionada con la densidad aparente del suelo, por lo que podemos asumir que la exclusión del pastoreo incrementa la tasa de infiltración. No se encontró evidencia que señalara que la exclusión del pastoreo influye en los depósitos de materia orgánica y carbono orgánico.

Bibliografía

- Allington, G. R. H., and T. J. Valone. 2011. Long-Term Livestock Exclusion in an Arid Grassland Alters Vegetation and Soil. *Rangeland Ecology & Management* 64:424-428.
- Bilotta, G., R. Brazier, and P. Haygarth. 2007. The impacts of grazing animals on the quality of soils, vegetation, and surface waters in intensively managed grasslands. *Advances in Agronomy* 94:237-280.
- Castellano, M. J., and T. J. Valone. 2007. Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments* 71:97-108.
- CETENAL. 1977. *Cartas edafológicas*. claves G-13-B-59, G-14-A-51, Coahuila, México. Escala 1: 50 000.
- Chyba, J., M. Kroulík, K. Křištof, P. Misiewicz, and K. Chaney. 2014. Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. *Agronomy Research* 12:59-64.
- Franzluebbers, A. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. *Soil and Tillage Research* 66:197-205.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 88 p.
- García-Moya, E., and C. M. McKell. 1970. Contribution of shrubs to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology*:81-88.
- McCalla, I., W. Blackburn, and L. Merrill. 1984. Effects of livestock grazing on infiltration rates, Edwards Plateau of Texas. *Journal of Range Management*:265-269.
- Odrizola, I., G. García-Baquero, N. A. Laskurain, and A. Aldezabal. 2014. Livestock grazing modifies the effect of environmental factors on soil temperature and water content in a temperate grassland. *Geoderma* 235-236:347-354.
- Raiesi, F., and E. Asadi. 2006. Soil microbial activity and litter turnover in native grazed and ungrazed rangelands in a semiarid ecosystem. *Biology and Fertility of Soils* 43:76-82.
- Schuman, G. E., J. D. Reeder, J. T. Manley, R. H. Hart, and W. A. Manley. 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland. *Ecological Applications* 9:65-71.
- Shi, X.-M., X. G. Li, C. T. Li, Y. Zhao, Z. H. Shang, and Q. Ma. 2013. Grazing exclusion decreases soil organic C storage at an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecological Engineering* 57:183-187.
- Shrestha, G., and P. D. Stahl. 2008. Carbon accumulation and storage in semi-arid sagebrush steppe: Effects of long-term grazing exclusion. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 125:173-181.



EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO SOBRE CUATRO TIPOS DE VEGETACIÓN EN EL NORESTE DE MÉXICO

EFFECTS OF GRAZING EXCLUSION ON FOUR VEGETATION TYPES IN NORTHEAST MEXICO

J. E. Segura-Carmona¹, H. Bernal-Barragán², H. Ibarra-Gil²

¹ Posgrado Conjunto Agronomía-Veterinaria UANL

² Facultad de Agronomía UANL

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta que presentan cuatro tipos diferentes de vegetación, así como el suelo, al pastoreo y exclusiones de pastoreo en agostaderos en el noreste de México. El experimento se realizó en Cuatro Ciénegas Coahuila, se establecieron 4 pares de sitios en cuatro tipos de vegetación, estos sitios contaban con una exclusión del pastoreo de al menos 10 años, y colindaban con terrenos pastoreados continuamente por más de 15 años. Los sitios fueron numerados 1, 2, 3 y 4. Se midió composición botánica, producción de materia seca, cobertura vegetal e índice de diversidad de Shannon. La producción de biomasa de gramíneas fue mayor para el tratamiento exclusión ($p < 0.05$) en comparación con el tratamiento de pastoreo en los sitios 1, 2 y 4, pero no se encontró diferencia en el sitio 3 ($p > 0.05$). La exclusión del pastoreo por 10 años incrementa la producción y composición botánica de gramíneas, pero también aumenta el número de especies arbustivas y disminuye la diversidad de especies herbáceas y gramíneas.

Palabras claves: exclusión del pastoreo, composición botánica, índice Shannon-Wiener, producción del agostadero, Cuatro Ciénegas Coahuila

Abstract

The aim of this study was to evaluate the response of four vegetation types and soil to grazing and grazing exclusion in northeastern Mexico. The experiment was realized on Cuatro Cienegas Coahuila, four pairs of sites were located in four different vegetation types, those sites had been excluded of grazing for at least ten years, and adjoined with lands that were being grazing for at least the last fifteen years. The sites were numbered 1, 2, 3 and 4. We evaluated botanic composition, dry matter production, vegetation cover and Shannon diversity index. The dry matter production of grasses was higher ($p < 0.05$) for exclusion treatment compared with grazing on site 1, 2 and 4, however no difference was found at the site 3 ($p > 0.05$). The grazing exclusion for 10 years improve the shrub species and decrease de the grass and forb species diversity.

Keywords: grazing exclusion, botanic composition, Shannon-Wiener index, rangeland production, Cuatro Cienegas Coahuila.



Introducción

La exclusión del pastoreo ha sido una de las principales estrategias utilizadas alrededor del mundo para mejorar la condición de los agostaderos (Wu *et al.*, 2009). Aunque los resultados varían de acuerdo a diversos factores como clima, tipo de vegetación, tipo de suelo entre otros, algunos autores concluyen que la exclusión del pastoreo aumenta la cobertura vegetal (Castellano & Valone 2007; Wang *et al.*, 2009). La exclusión del pastoreo tiende a aumentar la proporción de especies arbustivas y reducir la de gramíneas (Medina-Roldán *et al.*, 2012), otros autores mencionan que la exclusión del pastoreo incrementa la cobertura de especies gramíneas y disminuye la cobertura de especies herbáceas (Wu *et al.*, 2009). Es sabido que el sobrepastoreo reduce severamente la productividad del agostadero, cobertura vegetal y la proporción de zacates con potencial forrajero (Wu *et al.*, 2009), pero se ha reportado que la producción de herbáceas responde mayormente a factores relacionados con el clima que a la carga animal (Gillen & Sims 2004). Dada la importancia de los agostaderos, no hay estudios que evalúen el efecto del pastoreo en diferentes tipos de vegetación suelo en el noreste de México. El objetivo general de este estudio es estudiar la respuesta de diferentes tipos de vegetación en exclusiones de pastoreo en agostaderos en el noreste de México.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el valle de Cuatrociénegas Coahuila (26°59'10'' N: 102°04'02'' W), caracterizado por un tipo de clima seco desértico, con una precipitación anual promedio de 183mm, y una temperatura media de 21.9°C (García, 1973). Cuatro pares de sitios fueron localizados en cuatro diferentes tipos de vegetación, esos sitios habían sido excluidos del pastoreo por al menos los últimos 10 años, y los mismos colindaban con terrenos que han sido pastoreados por al menos los últimos 20 años, por lo tanto, los tratamientos a evaluar fue la exclusión del pastoreo y pastoreo. Los sitios fueron nombrados sitio 1, sitio 2, sitio 3 y sitio 4, el sitio 1 con un tipo de vegetación de matorral xerófilo (Rzedowski, 2006); el sitio 2 tenía un tipo de vegetación de agrupación de halófitas (Miranda & Xolocotzi, 1963); el sitio 3 con una vegetación acuática o sub-acuática (Rzedowski, 2006); el sitio 4 con un pastizal alcalino (Miranda & Xolocotzi, 1963). En cada uno de los sitios se distribuyeron aleatoriamente 11 cuadrantes de 1m² para cada tratamiento, estos cuadrantes se colocaron a una distancia mayor de 15 metros del límite del predio, a excepción del sitio 3 que, por su forma, solo fue posible colocar 9 cuadrantes por tratamiento. En los cuadrantes antes mencionados se midió la cobertura vegetal por medio de los diámetros mayores y menores de las plantas. La composición botánica fue calculada de acuerdo al porcentaje de cobertura de cada especie. La estimación de producción de materia seca (kg/ha) se realizó cortando a la altura del suelo toda la vegetación de cada cuadrante, separándola por cuadrante y por especie en bolsas de papel, para después ser secadas en una estufa a 50°C hasta llegar a peso constante, para así obtener la estimación de producción de materia seca. En el sitio 1 se encontró presencia de arbustivas de porte medio a alto, por lo cual fue necesario utilizar un muestreo adicional llamado cuadrantes centrados en un punto que es recomendado para este tipo de vegetación (Cox, 1974). Para evaluar la diversidad se utilizó el índice de Shannon-Wiener basándose en la composición botánica (Krebs, 2014).



Para comparar cobertura vegetal, composición botánica, y producción de materia seca se utilizó un modelo completamente al azar y comparación de medias por el método de *Tukey* con el paquete estadístico IBM SPSS. Para comparar los índices de diversidad se utilizó la prueba de *t* student.

Resultados

En el sitio 1 el tratamiento con pastoreo mostró composición botánica más baja en gramíneas que el tratamiento con exclusión del pastoreo ($p < 0.01$). Mientras que en el sitio 2 la única gramínea presente fue *Muhlenbergia emersleyi* y la producción de materia seca y el porcentaje de composición botánica de la misma fue mayor en el tratamiento de exclusión del pastoreo que en el tratamiento de pastoreo ($p < 0.05$). En el sitio 3 las especies *D. spicata* y *Flaveria campestris* obtuvieron mayor cobertura en tratamiento pastoreo mientras que en el tratamiento con exclusión la especie *Eleocharis cellulosa* presentó la mayor cobertura ($p < 0.05$).

En el tratamiento de pastoreo en los sitios 1 y 4 se observa que las especies dominantes fueron *Suaeda nigrescens* y *Atriplex prosopidium* con un 71% y 52% de la composición botánica respectivamente y en el tratamiento de exclusión *Sporobolus spiciformis* formó un 84% y 86% de la composición botánica, además en el sitio 2 *Flaveria oppositifolia* fue la especie dominante en ambos tratamientos, pero *Muhlenbergia emersleyi* presentó un cambio en composición botánica de 1.4% a 24.7% del tratamiento con pastoreo al de exclusión respectivamente, similar a la composición botánica la producción de gramíneas fue mayor para el tratamiento de exclusión en los sitios 1, 2 y 4.

Lo anterior coincide con autores que mencionan que la ausencia de herbívoros en una comunidad vegetal beneficia a las plantas con mayor capacidad para competencia de recursos, las cuales eran suprimidas por el efecto de defoliación, y son capaces de desplazar a aquellas especies que en presencia de herbívoros normalmente son dominantes al tener poco valor forrajero o presentar defensas ante la defoliación (Allington & Valone, 2011; Ricklefs, 1990; Wang *et al.*, 2014). La presencia de gramíneas es altamente afectada por el pastoreo en los sitios 1, 2 y 4, donde el tratamiento de exclusión presenta mayor presencia de gramíneas, esto coincide con otros estudios en los que reportan un aumento de hasta un 50% en gramíneas en terrenos con exclusión del pastoreo en comparación de terrenos pastoreados (Mata-González *et al.*, 2007; Wu *et al.*, 2009).

En el sitio 1 se encontró mayor número de especies arbustivas para el tratamiento de exclusión del pastoreo, la especie dominante en el tratamiento con pastoreo fue *Prosopis glandulosa* que obtuvo una composición estadísticamente similar a *Suaeda palmeri*, ($p > 0.05$) y superior al resto de las especies ($p < 0.05$). Para el tratamiento de exclusión la especie *Prosopis glandulosa* fue la especie con mayor composición ($p < 0.05$), seguida de *Suaeda palmeri* que presentó una composición superior al resto de las especies ($p < 0.05$). Este resultado es similar a lo reportado por Medina-Roldán y colaboradores (2012) quienes señalan que la exclusión del pastoreo tiende a aumentar la cantidad de especies arbustivas.



Contrario a lo reportado por otros autores (Allington & Valone, 2011; Castellano & Valone, 2007; Jing *et al.*, 2014; Shi *et al.*, 2013), no se encontró diferencias significativas en cuanto a cobertura vegetal y suelo desnudo entre tratamientos en ninguno de los sitios ($p > 0.05$).

El resultado de producción de materia seca se presenta en dos grupos (figura 1), el primer grupo fue llamado gramíneas y el segundo grupo llamado no gramíneas, esto para permitir compararlo entre tratamientos y dentro de tratamientos. En los sitios 1, 2 y 4 el tratamiento con pastoreo presentó menor producción de materia seca para el grupo de gramíneas ($p < 0.01$), comparado con el tratamiento de exclusión. Solamente en el sitio 3 el tratamiento de pastoreo presentó mayor producción de gramíneas, esto se puede atribuir a la poca composición botánica de gramíneas (17%) en el tratamiento de exclusión, aunado a la dominancia de *Eleocharis cellulosa* (72%).

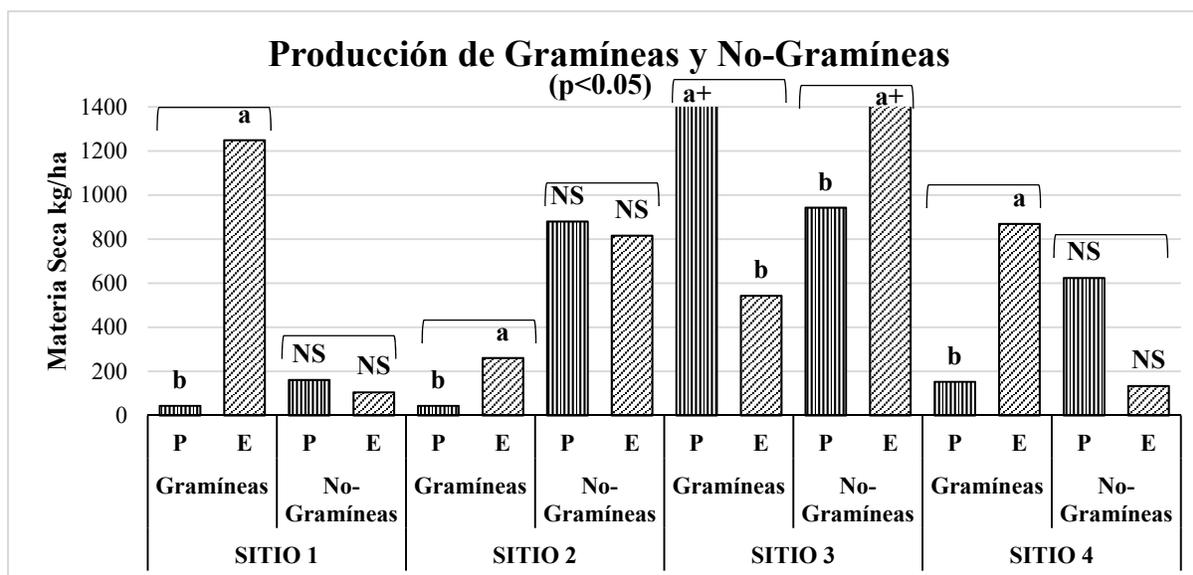


Figura 3.-Promedios de la producción de materia seca para los cuatro sitios, letras diferentes encima de las barras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$). + significa que la producción fue mayor, pero para efectos ilustrativos se muestran hasta 1400 kg/ha. NS=No significativo ($p > 0.05$).

El índice de diversidad solo fue estadísticamente diferente en el sitio 1 ($p < 0.05$), lo que concuerda con otros autores que señalan que la exclusión del pastoreo tiende a disminuir la diversidad de especies de un lugar (Augustine & Frank 2001).

Conclusiones

La exclusión del pastoreo por 10 años incrementa la producción y composición botánica de gramíneas, pero también aumenta el número de especies arbustivas y disminuye la diversidad de especies herbáceas y gramíneas.



Bibliografía

- Allington, G. R. H., and T. J. Valone. 2011. Long-Term Livestock Exclusion in an Arid Grassland Alters Vegetation and Soil. *Rangeland Ecology & Management* 64:424-428.
- Augustine, D. J., and D. A. Frank. 2001. Effects of migratory grazers on spatial heterogeneity of soil nitrogen properties in a grassland ecosystem. *Ecology* 82:3149-3162.
- Castellano, M. J., and T. J. Valone. 2007. Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments* 71:97-108.
- Cox, G. W. 1974. *Laboratory manual of general ecology*. William C. Brown Dubuque.
- García, E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 88p
- Gillen, R. L., and P. L. Sims. 2004. Stocking rate, precipitation, and herbage production on sand sagebrush-grassland. *Rangeland Ecology & Management* 57:148-152.
- Jing, Z., J. Cheng, J. Su, Y. Bai, and J. Jin. 2014. Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland. *Ecological Engineering* 64:171-178.
- Krebs, C. J. 2014. *Ecological methodology*. Benjamin/Cummings Menlo Park, California.
- Mata-González, R., B. Figueroa-Sandoval, F. Clemente, and M. Manzano. 2007. Vegetation changes after livestock grazing exclusion and shrub control in the southern Chihuahuan Desert. *Western North American Naturalist* 67:63-70.
- Medina-Roldán, E., J. Paz-Ferreiro, and R. D. Bardgett. 2012. Grazing exclusion affects soil and plant communities, but has no impact on soil carbon storage in an upland grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 149:118-123.
- Miranda, F., and E. H. Xolocotzi. 1963. *Los tipos de vegetación de México y su clasificación*. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- Ricklefs, R. E. 1990. *Ecology*. W. H. Freeman and company.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- Shi, X.-M., X. G. Li, C. T. Li, Y. Zhao, Z. H. Shang, and Q. Ma. 2013. Grazing exclusion decreases soil organic C storage at an alpine grassland of the Qinghai-Tibetan Plateau. *Ecological Engineering* 57:183-187.
- Wang, D., G.-L. Wu, X.-F. Chang, Z.-H. Shi, L. Sun, and X.-H. Wei. 2014. Higher species diversity occurs in more fertile habitats without fertilizer disturbance in an alpine natural grassland community. *Journal of Mountain Science* 11:755-761.
- Wang, G., G. Liu, and M. Xu. 2009. Above- and belowground dynamics of plant community succession following abandonment of farmland on the Loess Plateau, China. *Plant and Soil* 316:227-239.
- Wu, G.-L., G.-Z. Du, Z.-H. Liu, and S. Thirgood. 2009. Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Plant and Soil* 319:115-126.



PRODUCCION DE GIRASOL PARA FORRAJE SOMETIDO A DEFICIT HIDRICO EN ZACATECAS

PRODUCTION OF FORAJE SUNFLOWER UNDER WATER DEFICIT IN ZACATECAS

¹Miguel Servín Palestina*, ²Marco A. Inzunza Ibarra², ¹Ricardo Sánchez Gutiérrez, ¹Alfonso Serna Pérez.

¹Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, CP 98500 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. *servin.miguel@inifap.gob.mx

²CENID RASPA INIFAP. Margen derecho Canal Sacramento Km. 6+500, C. P. 35140, Gómez Palacio, Durango, México.

RESUMEN

El girasol es de gran importancia, en la alimentación humana y como planta forrajera. Es considerado como un cultivo alternativo en zonas áridas, debido a la falta de alimento para el ganado y la escasez de agua, además tiene una buena adaptación en el altiplano mexicano, también es considerado como un cultivo de bajo requerimiento de agua. La búsqueda de cultivos de baja demanda ha tenido buenos resultados en la conservación del recurso hídricos, pero es necesario conocer la relación existente entre el rendimiento del cultivo y la cantidad de agua utilizada. El objetivo de este trabajo fue determinar un modelo que relaciona el rendimiento con la lámina aplicada en cuatro niveles de abatimientos de agua de riego para hacer más eficiente el su uso en cultivo de girasol para forraje en el estado de Zacatecas y contar con una herramienta robusta para la planeación agrícola bajo riego. Donde los resultados mostraron que la lámina de riego máxima es de 28.74 cm. con rendimiento máximo de 16.45 t ha⁻¹ y la lámina de riego de 21.09 cm optimiza la productividad 6.58 kg m³ ⁻¹ con un rendimiento de 13.89 t ha⁻¹ por lo que se concluye que es una buena opción para producir forraje en Zacatecas.

PALABRAS CLAVE: Planeación, productividad del agua, funciones de respuesta, etapas fenológicas.

ABSTRACT

The sunflower is of great importance for human consumption and as a fodder plant. It is considered as an alternative crop in arid areas due to lack of feed for livestock and water scarcity, also has a good adaptation in the Mexican highlands, it is also considered as a crop of low water requirement. Search crop of low demand has had good results in the conservation of water resources, but it is necessary to know the relationship between crop yield and the amount of water used. The aim of this study was to determine a model that relates the performance with the sheet applied at four levels of dejection irrigation water for more efficient water use in sunflower cultivation for forage in the state of Zacatecas and have a tool robust planning for agricultural irrigation. Where the results showed that the sheet maximum irrigation is 28.74 cm. with maximum yield of 16.45 t ha⁻¹ and the irrigation depth of 21.09 cm optimizes productivity 6.58 kg m³ ⁻¹ with a yield of 13.89 t ha⁻¹ therefore conclude that it is a good choice to produce forage in Zacatecas.

KEY WORDS: Planning, water productivity, response functions, phonological stages.

INTRODUCCIÓN

El girasol es una oleaginosa que tiene un papel fundamental en la alimentación humana y como planta forrajera. Es considerado como un cultivo alternativo en zonas áridas debido a la falta de alimento para el ganado y la escasez de agua. (Escalante et al, 2008), además tiene una buena adaptación al altiplano mexicano, principalmente en Durango, Zacatecas y Chihuahua (Ramírez, 2009), También es considerado como un cultivo de bajo requerimiento hídrico 400 a 500 mm de agua hasta grano maduro, (Robles, 1985). Guzmán, (1987) menciona que para tener un rendimiento comercial de 1.8-2.8 t ha⁻¹ de grano maduro se requieren 300-500 mm de agua bien distribuidos en el ciclo. El girasol tiene una resistencia notable a la sequía por presentar un sistema radicular muy desarrollado. Saumell (1980) menciona que con riegos suplementarios oportunos y suficientes produce una planta de mayor porte y mayor superficie foliar, factores que luego se traducen en un buen rendimiento; es más eficiente en el uso de agua que el maíz, avena y sorgo los principales cultivos forrajeros en Zacatecas, donde el riego tiene una fuerte presión en los acuíferos con abatimientos de 1.18 m/año (CONAGUA 2011). La búsqueda de cultivos de baja demanda ha tenido buenos resultados en la conservación del recurso hídricos pero es necesario conocer la relación existente entre el rendimiento del cultivo y la cantidad de agua utilizada así como su eficiencia de uso del agua que permita optimizar su uso y maximizar su producción (Kassam et al., 2007). Más sin embargo en Zacatecas se desconocen estas relaciones para la producción de forraje con el cultivo de girasol. No obstante, El objetivo de este trabajo fue determinar un modelo que relaciona el rendimiento con la lámina aplicada en cuatro niveles de abatimientos de agua de riego para hacer más eficiente el su uso en cultivo de girasol para forraje en el estado de Zacatecas, y contar con una herramienta robusta para la planeación agrícola bajo riego.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de investigación se realizaron en terrenos del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC-INIFAP), ubicado a 22° 54' latitud Norte y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm. La temperatura media anual es de 14.6 °C, con acumulación promedio de frío de noviembre a febrero de ~ 600 unidades frío (UF). La precipitación media anual es de 416 mm, de los cuales el 75 % ocurre durante el verano (junio a septiembre) y el resto durante el invierno. La evapotranspiración media anual es de 1,609 mm (Medina y Ruiz 2004). El terreno es de textura franco-arcillosa, densidad aparente de 1.1 g cm⁻³ y pendiente de 1.05%.

El cultivo de girasol se sembró en húmedo el 18/05/12 con la variedad Sierra, manualmente a una separación entre plantas de 5-6 cm, densidad de siembra de 24, 000 plantas ha⁻¹. La dosis de fertilización (NPK) fue 100-60-00 (Urea y MAP) fraccionada en 3 aplicaciones, 50% N durante la siembra, 50% N y 50% P a los 55 DDS y 50% P a inicio de floración a los 76 DDS. Los tratamientos se establecieron en un diseño en bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron 4 niveles de abatimiento de humedad en el suelo: 40, 60, 80 y 100 del porcentaje de humedad aprovechable obtenida a partir de curvas de humedad (método de olla y membrana de presión). Durante la estación de crecimiento cada 10-15 días se muestreó la humedad en los primeros 60 cm de suelo utilizando una barrena tipo Veihmeyer. Con esta información se determinó la lámina de riego al abatir la humedad de acuerdo a cada tratamiento. El agua se aplicó con riego por inundación en surcos donde se llevó el agua hasta cada parcela con tubería de PVC



2'' y se aforo para calcular el tiempo de riego. La unidad experimental fue de ocho surcos de 0.76 m de ancho por 6.0 m de largo. La parcela útil fueron los dos surcos centrales con 2.5 m de largo. La cosecha de las plantas se realizó manualmente en los 87 DDS.

Las variables evaluadas fueron rendimiento de forraje seco (kg ha^{-1} , YLD), lámina de riego aplicada (cm, WU) y productividad de agua de riego (WP). La WP fue la relación de YLD y WU esta última expresada en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Para el análisis estadístico se tomó de par de datos que dan la menor desviación estándar y se realizó análisis de varianza y comparación de medias usando el estadístico Tukey al 5% de probabilidad (SAS, 2002). Los modelos de rendimiento de materia seca y productividad del agua de riego en función de lámina de riego consumida se obtuvieron mediante una regresión en SAS con el procedimiento Stepwise, ajustándolos a un modelo polinomial de segundo orden. Para determinar la lámina de riego donde se maximiza el rendimiento y lámina de riego óptima para alcanzar la máxima productividad de agua de riego se utilizó la metodología de máximos y mínimos mediante la derivada de la tangente igual a cero.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestran los niveles de la fracción o porcentaje de abatimiento de humedad aprovechable (FAM) para cada tratamiento, el número de riegos (# Riegos), la frecuencia (F) y la lámina aplicada (WU), donde se observa que a menor abatimiento mayor lamina aplicada. Allen (2006) que menciona que cuando un cultivo es sometido a estrés hídrico el agotamiento del agua será lo suficientemente alto como para limitar la evapotranspiración a valores menores que su potencial, por lo que la evapotranspiración del cultivo comenzará a disminuir en proporción a la cantidad de agua remanente en la zona radicular. Blum (1996) reporto que la el cultivo con mayor disponibilidad de agua incrementa su demanda.

Cuadro 1. Lamina de riego para diferentes niveles de abatimiento en el cultivo de girasol.

Tratamiento	1	2	3	4
FAM (%)	40	60	80	100
# Riegos	2	3	5	6
F (días)	12	15	25	37
WU (cm)	25.26	24.87	22.11	19.74

Los resultados del análisis estadístico de rendimientos de materia seca (YLD) de girasol para los cuatro tratamientos de abatimiento de humedad aprovechable se observan en la figura 1. Los resultados estadísticos mostraron diferencia significativa para los niveles de abatimientos. 40 y 60% sobre sales con 16.37 y 16.12 t ha^{-1} respectivamente (Tukey ≤ 0.05). Los cuales presentan resultados alentadores para producción de forraje donde están muy por encima en rendimiento de materia seca de avena de la variedad Avemex que apenas alcanza 7.29 t ha^{-1} (García et al 2016) que es un cultivo de importancia forrajera en Zacatecas.

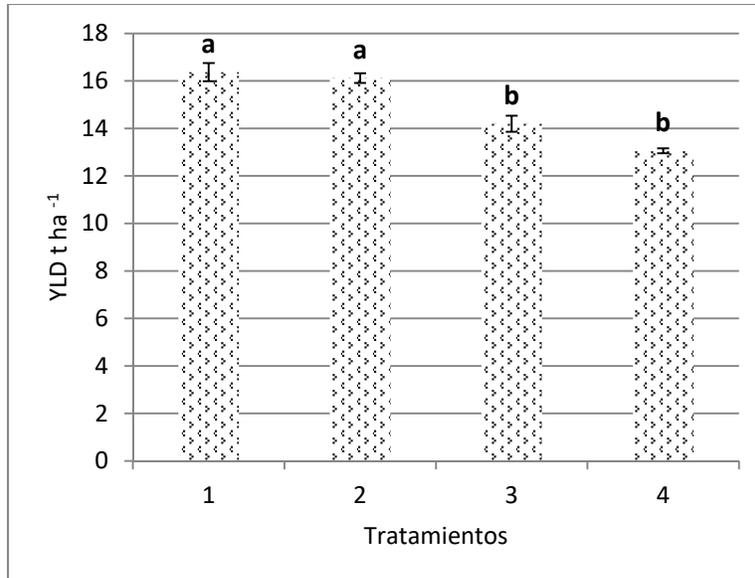


Figura 1.-Rendimiento de materia seca en girasol (Zacatecas, México)

En la productividad de agua de riego (WP) se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$) entre tratamientos donde sobre sale el tratamiento del 100% de abatimiento de la humedad aprovechable con 6.62 kg m^{-3-1} . Estos valores están por encima de los reportados para forraje en avena 1.35 kg m^{-3-1} (Cruz et al., 2012) y maíz de 2.5 kg m^{-3-1} (Núñez 2008), de acuerdo a estos resultados el girasol es una alternativa por obtener mayor producción de forraje por volumen de agua aplicado solo faltaría considera la calidad de su forraje.

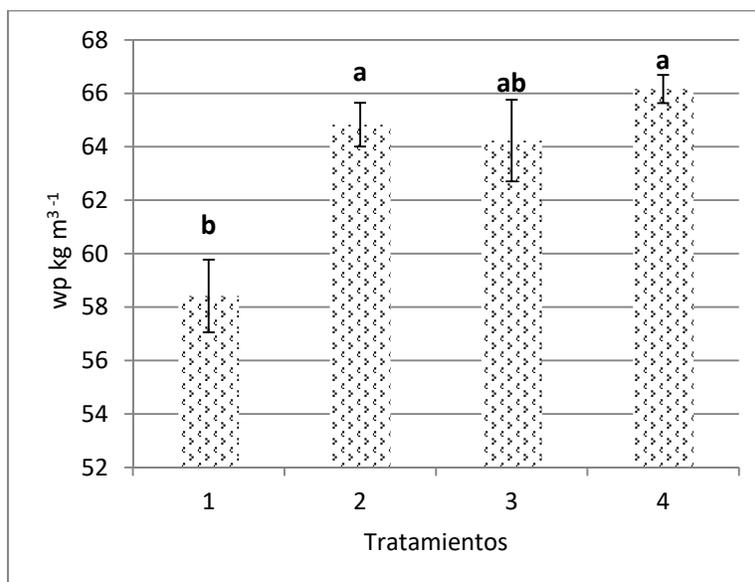


Figura 2.-Productividad del agua (Zacatecas, México)



Posteriormente se realizó un análisis de optimización de la función obtenida de acuerdo a la teoría de máximos y mínimos del cálculo diferencial e integral (Steel et al., 1997). En la figura (3). Se muestran el modelo de rendimiento de materia seca (YLD₁) y productividad de agua (WP₁) (con coordenada al origen de 0), presenta un coeficiente de determinación de 94% y 83% respectivamente considerado como aceptable para predicción. Además los resultados mostraron que la lámina de riego máxima es de 28.74 cm. la cual nos presenta un rendimiento máximo (YLD_{max}) de 16.45 t ha⁻¹ y la lámina de riego de 21.09 cm presenta una productividad máxima de 6.58 kg m³⁻¹ y un rendimiento óptimo (YLD_{opt}) de 13.89 t ha⁻¹ para la etapa de muestreo a los 87 días después de siembra.

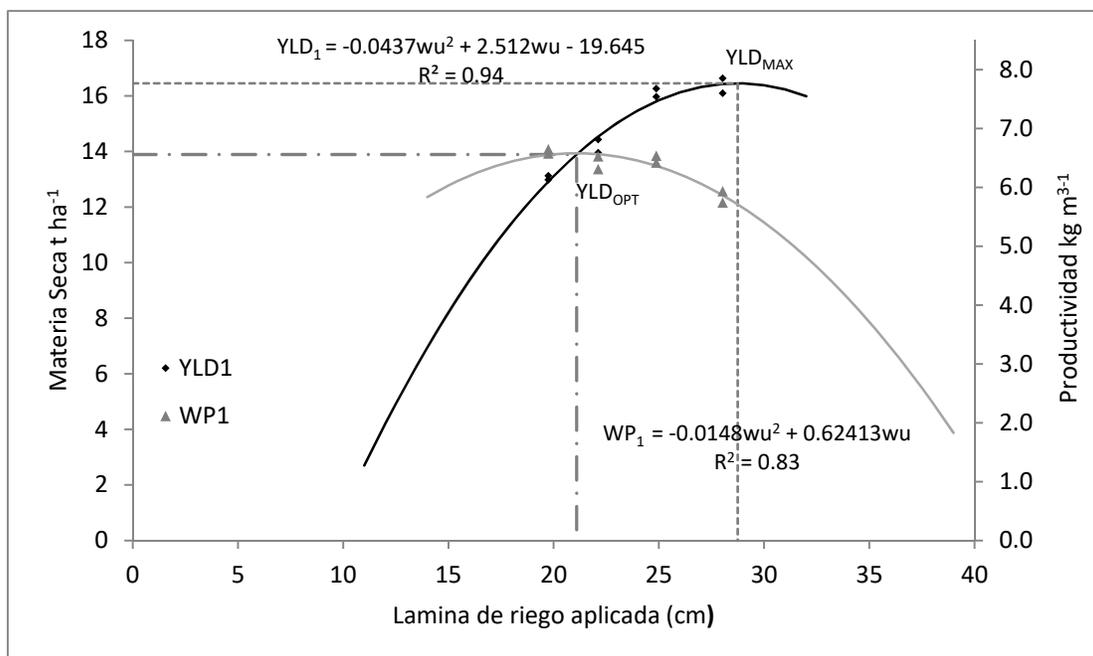


Figura 3.- Modelo de rendimiento en función de lámina aplicada y modelos de productividad de agua de girasol (Zacatecas, México)

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados mostrados el cultivo de girasol es una alternativa importante para producción de forraje ya que no pone en riesgo la disponibilidad de agua en los sistemas de producción pecuaria por su baja demanda.

La utilización de los modelos de rendimiento de materia seca en función de la lámina de riego consumida podrán tener un ahorro considerable en los gastos de energía utilizada para la extracción de agua ya que se pueden ahorrar 7 cm de lámina de riego un volumen por hectárea de 70 m³ y bajar el rendimiento solo 2.5 t ha⁻¹ lo que incrementa la productividad de agua el riego con un rendimiento aceptable.



LITERATURA CITADA

- Allen, R. G. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos (Vol. 56). Food & Agriculture Org..
- Blum, A., 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul.* 20, 135–148.
- CONAGUA 2011, Dirección Local Zacatecas. “Estudio de instrumentación de las redes de monitoreo piezométrico de los acuíferos de: Aguanaval, Calera y Chupaderos, estado de Zacatecas. Informe interno de CONAGUA, Zacatecas, México, 2011.
- Cruz Ch. J.J., G. Núñez H., R. Faz C., D.G. Reta S y H. A. Serrato M. 2012. Potencial forrajero y eficiencia de uso del agua en Canola (*Brassica napus* L.) en comparación con cultivos tradicionales en el ciclo de invierno. *EDUCACION Y ASISTENCIA TÉCNICA-AGROFAZ*. Vol. 12 Núm. 4. 125-130.
- Escalante-Estrada, J. A., & Rodríguez-González, M. T. Producción de girasol (*Helianthus annuus* L.) en valles altos de México Sunflower (*Helianthus annuus* L.) production at México highlands.
- García HRV., Flores GH., Narvaez MMP., Osuna CES. 2016. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN AVENA (*Avena sativa* L.) INVERNAL pp. 603-608. In: Memorias de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Septiembre del 2016. Venecia Durango, México.
- Guzmán-Pérez, J. E. El cultivo del girasol. Prácticas aconsejadas 1987. Editorial Espasande S. R. L. Caracas, Venezuela., 1987, pp. 98.
- Kassam A H, D Molden, E Fereres, J Doorenbos (2007) Water productivity: science and practice-introduction. *Irrigation Science*. 25:185–188.
- Medina G, A Ruíz (2004) Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Zacatecas (Período 1961 – 2003). SAGARPA-INIFAPCIRNOC- Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 3. 40 p.
- Núñez, H. G., Faz, C., J.E. Cantú B., U. Figueroa, V., y J.G. Martínez R. 2008. Modelos para análisis de alternativas de forraje para optimizar el agua de riego en la producción de leche en la región Lagunera. *Agrofaz*, 8(3):1-9
- Ramírez L. 2009. Hay potencial para producir el girasol (info rural) <http://www.inforural.com.mx/spip.php?article42841> consulta en línea 15 de julio 2012.
- Robles-Sánchez, R. Producción de oleaginosas y textiles. Segunda Edición. Editorial Limusa, México., 1985, pp. 675.
- Saumell, H. 1980. Girasol. Técnicas actualizadas para su mejoramiento y cultivo. Segunda Edición. Editorial Hemisferio Sur, S. A. Buenos Aires, Argentina. 161 p.
- Statistical Analysis System Institute. (2002) The SAS system for windows. Cary. University North of Caroline. USA. Versión 9.2.
- Steel R G D, J H Torrie, D A Dickey (1997) Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. Third edition. The McGraw-Hill Companies, Inc.



NUEVOS REGISTROS DE ESPECIES DEL GÉNERO *Bouteloua* PARA EL ESTADO DE CHIHUAHUA

NEW REPORTS OF THE GENUS *Bouteloua* FOR THE STATE OF CHIHUAHUA

J. Santos Sierra T¹., Mario Royo M.¹ y Jesús Ochoa Rivero¹

¹Stio Experimental La Campana-INIFAP-Chihuahua

Resumen

Con el fin de establecer un banco de germoplasma *ex situ*, que represente la variabilidad genética del zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*) en el estado de Chihuahua, en 2015 se realizó una colecta de ecotipos de esta especie. De manera adicional se colectaron especímenes del género *Bouteloua* que ha criterio y experiencia de los colectores presentaban características de raro o desconocido. La colecta se realizó en el estado de Chihuahua y en vecindades de los estados de Sonora, Coahuila y Durango. Se colectó en 55 sitios con distancias de al menos 40 km entre sitio y sitio de colecta. Cada sitio de colecta fue georeferenciado y se tomaron datos de altura sobre el nivel del mar, pendiente, pedregosidad, textura y profundidad de suelo. Los ejemplares colectados del género *Bouteloua* se herborizaron y se enviaron para ser identificados por especialistas en el género. Como resultado se identificó a las especies *Bouteloua johnstonii* y *B. karwinski* como nuevos registros para el estado de Chihuahua. Los ejemplares identificados quedaron depositados en el herbario del CIIDIR-Durango y en el sitio Experimental La Campana en Chihuahua.

Bouteloua, *Bouteloua johnstonii*, *Bouteloua karwinski*.

Abstract

In 2015, a Collection of specimens of the genus *Bouteloua* was conducted in the State of Chihuahua and neighboring states. It was collected in 55 sites. As a result two new records of the genus *Bouteloua* were found for the Chihuahua state: *B. johnstonii* and *B. karwinski*. The identified specimens were deposited in the herbarium of CIIDIR-Durango and La Campana Experimental Station in Chihuahua, Mexico.

Introducción

El género *Bouteloua* (Lag.) pertenece taxonómicamente a la familia POACEAE, conocida más comúnmente como de las gramíneas o de los zacates, a la cual también pertenecen los cereales; ésta familia es la quinta con el mayor número de especies (Gould, 1979). El grupo *Bouteloua* es nativo de las zonas semiáridas y áridas de América, con una fuerte presencia en la república mexicana (Gould, 1979); este género es el principal contribuyente de especies en las llanuras de zacatal conocidas como “pastizal mediano abierto” (COTECOCA, 1968). Dentro del género se encuentran los zacates más representativos y de mayor valor forrajero en los agostaderos de Chihuahua: zacate navajita (*Bouteloua gracilis*), banderilla (*B. curtipendula*), navajita negra (*B. eriopoda*) y navajita morada (*B. chondrosioides*) entre otros.

De acuerdo a Herrera *et al.*, (2004) el género *Bouteloua* comprende 42 especies y 14 variedades. De éstas, 37 especies se encuentran en México y de ellas 20 son endémicas, es decir se presentan solo en México. En la última revisión de ejemplares depositados en los principales herbarios de México y de Estados Unidos de Norteamérica (Herrera *et al.*, 2004), se reporta la presencia de 19 especies del género *Bouteloua* en el estado de Chihuahua. En el caso del reporte de *B. rothrockii*, (Valdés, 1975; Toutcha, 2013), ésta especie se ha reclasificado como *B. barbata* var. *rothrockii*



donde Herrera *et al.* (2004) consideran un error en la identificación de los ejemplares colectados en Chihuahua, de lo que se deduce que esta especie no está presente en el estado.

Materiales y Métodos

Colecta de ejemplares

Como parte de un estudio sobre la caracterización de la diversidad genética del zacate banderilla en el estado de Chihuahua, proyecto que está en proceso; durante el verano-otoño del 2015 se realizaron colectas de clones de esta especie en 55 poblaciones del estado y estados vecinos, la distancia entre poblaciones fue de al menos 40 km. Entre las colectas se tuvo variación en altitud sobre el nivel del mar de los 1203 a 2136 m. En esta colecta se tomó información de las condiciones ambientales de los sitios y de la vegetación asociada a la especie de interés. Durante la colecta y con base en la experiencia de los colaboradores sobre el conocimiento de las gramíneas nativas, se colectaron especímenes del género *Bouteloua* que presentaban características de “desconocido” o de duda en su identificación. Estos ejemplares se herborizaron como material para herbario y se enviaron para ser identificadas por especialistas en el género.

Resultados y discusión

Nuevos registros de *Bouteloua* para Chihuahua:

Bouteloua johnstonii (Swallen).

Especie perenne, forma macollos basales conectados de más de 10 cm de diámetro (Figura 1), los comunes son de alrededor de cinco cm de diámetro. Su follaje presenta una altura de 25 cm y con inflorescencia (espigas) puede llegar a más de 40 cm. Sus hojas son angostas (<2 mm), por lo general enrolladas o involutas, de abundantes tallos florales, rígidos. Su inflorescencia una espiga en forma de asta bandera parecida a la del zacate banderilla o avenilla, con escasas pequeñas espiguillas uniformemente distribuidas.

Es una especie endémica de México, con distribución restringida; únicamente se había reportado en los estados de Coahuila y Zacatecas (Herrera *et al.*, 2004). Se presenta en suelos gipsófilos (yesosos).



Figura 1.- Macollo o cepa de zacate *Bouteloua johnstonii*, Camargo, Chih.



La especie se localizó en dos sitios:

El primer sitio de colecta fue en el municipio de Camargo, Chih., cerca de los límites con el estado de Coahuila (latitud norte 27° 46' 37.7''; longitud oeste 104° 09' 10.8''). El sitio se localiza a una altitud de 1620 msnm, con lomeríos pedregosos (Figura 2) y pendientes entre 15 y 20%; con exposiciones norte y oeste. Los suelos son someros pedregosos – gravosos de 15 a 20 cm de profundidad, de textura franco – arcillosa.

El tipo de vegetación es un matorral rosetófilo, donde la especie dominante en el estrato arbóreo es la palma samandoca (*Yucca carnerosana*), y en el estrato arbustivo especies de sotol (*Dasyilirion sp*) (Figura 2) y *Nolina sp*. En el estrato herbáceo las especies asociadas más abundantes son los zacates banderilla (*Bouteloua curtipendula*), navajita negra (*Bouteloua eriopoda*), borregero (*Dasyochloa pulchella*) y rizado (*Panicum halli*), además del sangre de grado (*Jatropha dioca*) y de la clavellina (*Opuntia schottii*).



Figura 2.- Ladera de *Bouteloua johnstonii* (Swallen). Camargo, Chihuahua.

El segundo sitio de colecta fue en el municipio de Jiménez, Chih., se localiza al pie de monte de la “Sierra de Barraza”, cerca de la ex hacienda de “Los Remedios”. Las coordenadas del lugar de colecta son: Latitud norte 27° 03' 18.2'' y longitud oeste 104° 32' 58.7''. El sitio presenta lomeríos suaves con pendiente del 8%, suelos someros con grava coluvial y de textura franco-limosa al tacto.

El tipo de vegetación corresponde a un matorral rosetófilo, donde la especie dominante en el estrato arbóreo es la palma samandoca y en el estrato arbustivo se tiene una diversidad de arbustos: barreta (*Helietta parvifolia*), gaujillo (*Acacia berlandieri*), sotol (*Dasyilirion leiophyllum* var. *glaucum*), guayacan (*Porlieria angustifolia*) y *Ephedra sp*. En el estrato herbáceo las especies más comunes son: candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), regeneradora (*Tiquilia canescens*), zacates banderilla, tres barbas (*Aristida spp*), zacate chino (*Bouteloua ramosa*), zacate peludo (*tridens muticus*) y lechuguilla (*Agave lechuguilla*).



***Bouteloua karwinskii* (E. Fourn) Griffiths.**

Es un zacate perenne que forma pequeños macollos (< de 5 cm), es corto, su follaje comúnmente alcanza los 15 cm de altura y durante el período de floración con su espiga puede alcanzar más de 25 cm. Su inflorescencia es del tipo navaja, más corta y estrecha que la del zacate navajita. De tallos muy finos, delgados de un mm de diámetro con nudos evidentes (conspicuos). Hojas planas, delgadas de un mm de ancho. La especie se había reportado para los estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas. Se considera una especie no amenazada.

La especie se encontró en el municipio de Aldama, Chihuahua; en el pie de monte de la sierra “El Torreño” (latitud 29° 04’ 40.1’’; longitud 105° 45’ 45.9’’). El sitio se localiza a una altura de 1366 msnm, su topografía son laderas gravosas con pendientes entre 4 y 10%; con exposiciones oeste. Los suelos son someros pedregosos – gravosos de 20 a 35 cm de profundidad, de textura franco – arcillosa.

El tipo de vegetación es un matorral subinermes, donde las especies dominantes en el estrato arbustivo son: ocotillo (*Fouquieria splendens*), largoncillo (*Acacia neovernicosa*), palo prieto (*Senna wislizenii*) y trompetilla (*Tecoma stans*). En el estrato herbáceo las especies asociadas más abundantes son: zacate peludo, zacate tres barbas y las herbáceas regeneradora y sangre de grado.



Figura 3.- Pie de montaña con *Bouteloua karwinskii* (E. Fourn) Griffiths. Aldama, Chihuahua.

Conclusiones

Como resultado de la colecta de especímenes, se identificaron dos especies del género *Bouteloua*, de las cuáles no se tenía reporte de su existencia en el estado de Chihuahua: *Bouteloua johnstonii* y *B. karwinskii* (Herrera *et al.*, 2004).



Literatura citada

- COTECOCA. 1978. Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero, Memoria del Estado de Chihuahua. Subsecretaría de Ganadería, SARH. México, D.F. 151 p.
- Gould, F. W. 1979. The genus *Bouteloua* (Poaceae). *Annals of Missouri Bot. Garden*. 66(3):348-416.
- Herrera A. Y., P.M. Peterson y M. De La Cerda Lemus. 2004. Revisión de *Bouteloua* Lag. (Poaceae). CIIDIR Unidad Durango-CONABIO. Editorial Filo de Agua, Dgo. Mex. p. 58-71.
- Toutcha L., K., 2013. Gramíneas de Chihuahua. Manual de identificación. Cuarta edición. Colección Textos Universitarios No. 26. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México. 299 p.
- Valdes R. J., A .A. Beetle y M .H. González. 1975. Gramíneas de Chihuahua. Bol. Pastizales Vol VI-3. Rancho Experimental La Campana INIP-SAG. 60 p.



DIVERSIDAD VEGETAL EN ÁREAS INVADIDAS CON ZACATE ROSADO (*Melinis repens*)

PLANT DIVERSITY IN INVADED AREAS WITH NATAL GRASS *Melinis repens*

Edith Trevizo¹, Erik Arquelles¹, Alicia Melgoza¹ y Jesús Fernández¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua

Resumen

El objetivo fue determinar el impacto ecológico del zacate rosado en la diversidad vegetal en pastizales con diferentes años de invasión con zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka. El trabajo se desarrolló en pastizales medianos con diferentes tiempos de invasión: 0, 5, 10, 15 y 20 años aproximadamente. En cada sitio se muestreo la vegetación en 10 transectos de 50 m. Con los datos se calcularon los índices de diversidad alfa para determinar equidad, riqueza y dominancia; también, los índices de beta para determinar tasa de reemplazamiento. La invasión de *M. repens* en los pastizales de Chihuahua ha causado cambios en la composición botánica y número de especies ($P < 0.05$). La diversidad de especies disminuye considerablemente al aumentar el tiempo de invasión por *M. repens*.

Palabras Clave: Índices alfa, beta, pastizales invadidos, especies exóticas

Resumen

The objective of this study was to determine the ecological impact on grasslands plant diversity under Natal grass *Melinis repens* (Willd.) Zizka at different years after the invasion. The study was conducted on short grasslands areas with 0, 5, 10, 15, and 20 years of invasion. At each area, along 10 transects 50 m long, vegetation was sampled. Data was used to calculate alpha indices for species richness, dominance and equitability; beta indices were calculated to evaluate replacement rate. *Melinis repens* invasion on Chihuahua grasslands has change botanical composition ($P < 0.05$). Species diversity have decreased with the invasion through time.

Introducción

Los pastizales constituyen una de las áreas ecológicas más importantes en el mundo; en los ámbitos ecológico y económico. Estos representan forraje para el ganado, contribuyen a la captura de agua, detienen los escurrimientos y reducen el dióxido de carbono, entre otras funciones (Cházaro *et al.*, 2004) En México, los pastizales ocupan el 6 % de territorio nacional (CONABIO, 2014). En el estado de Chihuahua forman parte de los tres ecosistemas principales: pastizal, desierto y bosque (Granados-Sánchez *et al.*, 2011). A pesar de la importancia de los pastizales presentan problemas como el sobrepastoreo, cambio de uso de suelo y la invasión de especies exóticas (Díaz-Romo, 2012). Este último es la segunda causa en pérdida de biodiversidad ya que provocan importantes cambios en el hábitat (Sanguinetti *et al.*, 2014).

En Chihuahua, una de las gramíneas exóticas es el zacate rosado *Melinis repens*. El primer registro en el estado data del año 1986; aunque podría haber invadido desde antes (Melgoza *et al.*, 2014). Las especies introducidas en los pastizales ocasionan cambios en la estructura (Li *et al.*, 2006; Srinivasan *et al.*, 2007) y función (France y Duffy, 2006; Perkins *et al.*, 2011). La evaluación del impacto de las invasiones biológicas sobre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas



es importante para definir prioridades de manejo que atienden tanto a objetivos de la conservación de la biodiversidad como a la producción de los servicios ecosistémicos. El estudio tiene como objetivo determinar el efecto del zacate rosado en la diversidad vegetal en pastizales con diferentes años de invasión.

Materiales y Métodos

El área de estudio incluyó dos municipios del estado de Chihuahua y tres ranchos dentro del área de pastizales en la parte central del estado de Chihuahua. Los tiempos de invasión seleccionados fueron: 0, 5, 10, 15 y 20 años; el criterio para su selección fue con base al historial e imágenes de satélite. En cada sitio se utilizaron 10 transectos de 50 m de largo para medir cobertura (Herrick *et al.*, 2005). Con los datos se calcularon los índices alfa de Margalef para riqueza, Berger-Parker y Simpson para dominancia y Shannon para equidad. Para determinar la tasa de reemplazamiento de especies entre sitios se utilizaron los índices de Morisita-Horn, Jaccard y Sorensen (Magurran, 1988). Todos los índices fueron sometidos a comparaciones con la prueba Tukey por medio del programa estadístico SAS 9.0.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra los valores de los índices para alfa diversidad. El mayor valor, con base en el índice de Margalef se presentó en los sitios con 5 y 10 años de invasión. Esto significa que tienen la mayor riqueza de especies. El resto de los sitios presenta menor riqueza, lo cual se ve reflejado en los valores de los índices de dominancia. Estos índices, Simpson y Berger-Parker presentan los más bajos valores en los sitios 5 y 10. Esto significa que una o pocas especies son dominantes. En este caso, el sitio con 0 años de invasión está dominando por la especie el zacate navajita azul *Bouteloua gracilis*, mientras que los otros por *M. repens*. Por otra parte, el índice de Shannon que representa la equitatividad fue mayor en las áreas con menos años de invasión. Esto representa que, en los sitios con más años de invasión, *M. repens* es el dominante y reduce la equitatividad entre las demás especies.

Los métodos cualitativos como los índices de Jaccard y Sorensen expresan la semejanza entre dos muestras considerando la composición de especies. El Índice de Jaccard relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. El sitio sin invasión muestra una similitud de 0.27, 0.25 y 0.24 a los sitios con 5, 10 y 15 años de invasión respectivamente. Sin embargo, esta similitud desciende hasta 0.15 cuando se compara el sitio sin invasión con el que tiene 20 años de invasión. El índice de Sorensen está altamente relacionado a los resultados obtenidos mediante el índice de Jaccard. Los resultados obtenidos mediante este índice muestran una tendencia a disminuir la similitud en la composición botánica conforme aumentan los años de invasión por *M. repens*. Estos resultados coinciden con la disminución de la diversidad por el desplazamiento de poblaciones de especies nativas como *B. gracilis* durante los periodos de invasión de *M. repens* hasta llegar a los 20 años de invasión.

Los métodos cuantitativos como el índice de Morisita-Horn expresan la semejanza entre dos muestras considerando la composición de especies y sus abundancias. Como el índice de Morisita-Horn toma en cuenta la abundancia de individuos de una especie, el sitio sin invasión de *M. repens* resultó tener una similitud muy baja en relación a los sitios invadidos. La especie *B. gracilis* es la que tiene mayor dominancia en el sitio sin invasión, mientras que el zacate *M. repens*, presenta una alta dominancia a los 5, 10, 15 y 20 años de haber invadido un sitio (Cuadro 2). Estos



resultados presentan un cambio severo en la composición de especies conforme se aumentan los años de invasión por *M. repens*.

Cuadro 1. Índices de diversidad alfa en pastizales con diferentes años de invasión con zacate rosado (*Melinis repens*) en Chihuahua, México

Años de invasión	Margalef	Simpson	Berger Parker	McIntosh	Shannon
0	1.22 ^b	0.55 ^{ab}	0.70 ^{ab}	0.27 ^b	1.61 ^a
5	1.54 ^{ab}	0.35 ^{bc}	0.51 ^b	0.48 ^a	1.34 ^{ab}
10	2.27 ^a	0.19 ^c	0.31 ^c	0.67 ^a	1.93 ^a
15	0.83 ^b	0.70 ^a	0.81 ^a	0.20 ^b	0.59 ^b
20	0.93 ^b	0.74 ^a	0.85 ^a	0.17 ^b	0.56 ^b
E. E.	0.18	0.05	0.04	0.04	0.20

Letras indican diferencias significativas con $P < 0.05$.

Cuadro 2. Comparación de resultados de índices Beta para los cinco sitios con diferente tiempo de invasión de *Melinis repens* (J) Jaccard, (S) Sorensen y (MH) Morisita-Horn

Años	Índice	Años				
		0	5	10	15	20
0	J	0	0.27	0.25	0.24	0.15
	S	0	0.43	0.41	0.38	0.26
	MH	0	0.29	0.06	0.02	0.02
5	J		0	0.41	0.24	0.5
	S		0	0.58	0.38	0.66
	MH		0	0.77	0.85	0.85
10	J			0	0.55	0.29
	S			0	0.71	0.45
	MH			0	0.65	0.72
15	J				0	0.23
	S				0	0.37
	MH				0	0.99
20	J					0
	S					0
	MH					0



Conclusiones

La invasión de *M. repens* en los pastizales de Chihuahua ha causado cambios en la composición botánica y número de especies. La diversidad de especies disminuye considerablemente al aumentar el periodo de invasión por *M. repens*. En el presente estudio se observa como grandes poblaciones de gramíneas nativas como *B. gracilis*, disminuyen y son reemplazadas por esta especie invasora. Sin embargo, el *M. repens* aumenta la cobertura vegetal lo que protege al suelo de la erosión eólica e hídrica. Sin embargo, faltan por realizar estudios acerca de los impactos de *M. repens* en otros grupos taxonómicos, no sólo vegetación. Así también, los posibles impactos en general en la estructura y función de los ecosistemas que invade.

Literatura Citada

- Cházaro, R. F., D. C. Cother, C. Guillemette, J. Hoth and C. Wallis. 2004. La conservación de pastizales como desafío trilateral. Sesión Plenaria de la novena reunión del Comité Trilateral, Calgary, Alberta. Canadá.
- CONABIO. 2014. La biodiversidad en Chihuahua: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Díaz Romo, A., E. Flores Ancira, A. De Luna Jiménez, L. Ruiz, J. de Jesús, J. T. Frías Hernández y V. Olalde Portugal. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 3:33-47.
- France, K. E. and J. E. Duffy. 2006. Consumer diversity mediates invasion dynamics at multiple trophic. *Oikos* 113:515-529.
- Granados - Sánchez, D., A. Sánchez-González, G. Victorino, R. Linnx y A. Borja de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo* 17:111-130.
- Li, W., C. Zhang, H. Jiang, G. Xin and Z. Yang. 2006. Changes in soil microbial community associated with invasion of the exotic weed, *Mikania micrantha* H.B.K. *Plant and Soil* 281:309-324.
- Melgoza Castillo, A., M. I. Balandrán Valladares, R. Mata-González y C. Pinedo Álvarez. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revisión. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias* 5:429-442.
- Perkins, L.B., D.W. Johnson and R. S. Nowak. 2011. Plant-induced changes in soil nutrient dynamics by native and invasive grass species. *Plant Soil* 345:365-374
- Quiroga, F. 2012. La problemática de la expansión geográfica de las especies exóticas invasoras. Análisis y distribución de dos especies en la provincia de Ávila e iniciativas para la minimización de sus efectos. *Observatorio Medioambiental* 15:175-196.
- Sanguinetti, J., L. Buria, L. Malmierca, A. E. J. Valenzuela, C. Núñez, H. Pastore, L. Chauchard, N. Ferreyra, G. Massaccesi, E. Gallo y C. Chehébar. 2014. Manejo de especies exóticas invasoras en Patagonia, Argentina: Priorización, logros y desafíos de integración entre ciencia y gestión identificados desde la Administración de Parques Nacionales. *Ecología Austral* 24:183-192.
- Srinivasan, M. P., K. Shenoy and S. K. Gleeson. 2007. Population structure of Scotch broom (*Cytisus scoparius*) and its invasion impacts on the resident plant community in the grasslands of Nilgiris, India. *Current Science* 93:1108-1113.



CRECIMIENTO FOLIAR EN RECURSOS GENÉTICOS DEL PASTO AZUCHE

FOLIAR GROWTH IN THE GRASS GENETIC RESOURCES AZUCHE

Mario A. Vega^{1*}, Adrián R. Quero², Manuel Silva³, Raúl Plascencia⁴

^{1*}Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), CE Altos de Jalisco, Km 8. Carr. Libre Tepatitlán-L de Moreno, ² Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos km 36.5 Carr. México-Texcoco, Edo. de México. ^{3*}Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) C.E. Tecomán, Km 35, Carr. Manzanillo-Colima. Apdo. Postal 88, CP 28100 Colima. ⁴ (INIFAP) C.E. El verdineño, Km 7.5, Carr. Navarrete-Sauta, Santiago Ixcuintla, Nayarit. *vega.marioantonio@inifap.gob.mx

Resumen

Para determinar la tasa de elongación, crecimiento y senescencia en recursos genéticos del pasto azuche, se realizó el trabajo en el Sitio Experimental Costa de Jalisco de INIFAP, a 19° 31' 15" N y 104° 32' 00" O, a 298 msnm, clima Aw₁, temperatura y precipitación media anual de 26.8°C y 1452 mm, respectivamente, el suelo Feozem háplico con ph de 6.1., se trabajó con ocho de los genotipos que mostraron mejor vigor al momento de la siembra, se establecieron en parcelas de 2 x 4 m y 2 m de calle, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se cortaron para uniformizar altura a 15 cm sobre el nivel del suelo; posteriormente, el corte de forraje se realizó cada 28 y 42 días, para lluvias y seca. Se delimitó un transepto de 2 m de largo, seleccionando 10 tallos identificándolos con anillos de color diferente, para medir longitud de lámina foliar, desde la base de la lígula hasta el ápice en hojas verdes o hasta la base del tejido clorótico. Se observaron diferencias (P<0.05) entre genotipos y época del año, para tasa de elongación foliar, crecimiento neto, lo mismo fue para senescencia, siendo el G-13, y G-1 los genotipos que mayores resultados obtuvieron de 0.85 a 1.86 y de 0.88 a 1.28 cm tallo⁻¹ día⁻¹ para la época de lluvias, para senescencia, fue el G-13 para lluvias y el G-1 para seca. Factores ambientales tienen influencia sobre el crecimiento de los pastos evaluados.

Palabras clave: recursos genéticos, senescencia, crecimiento neto.

Abstract

To determine the rate of elongation, growth and senescence in genetic resources Azuche grass, work was done on the Site Experimental Coast Jalisco INIFAP, 19 ° 31 '15 "N and 104 ° 32' 00" W, 298 m, climate Aw₁, temperature and annual rainfall of 26.8 ° C and 1452 mm, respectively, soil Feozem háplico with pH of 6.1., worked with eight of the genotypes showed better effect at the time of planting, were established in plots of 2 x 4 m and 2 m of road under a design randomized complete block design with three replications. They were cut to uniform height 15 cm above the ground; then cut forage was performed every 28 to 42 days, rainy and dry. Transepto 2 m long has been defined, selecting 10 stems identifying them with different colored rings to measure length of leaf blade from the base of ligule to apex in green or to the base of leaves chlorotic tissue. Differences (P <0.05) between genotypes and time of year, rate of leaf elongation, net growth, observed the same was to senescence, being the G-13 and G-1 genotypes that greater results obtained from 0.85 to 1.86 and 0.88 to 1.28 cm stem-1day-1 for the rainy season to senescence,



was the G-13 to rain and G-1 to dry. Environmental factors influence the growth of grasses evaluated.

Keywords: genetic resources, senescence, net growth.

Introducción

La defoliación de la planta involucra la pérdida de área foliar y de tejido meristemático, siendo el efecto que mayor incidencia tiene sobre morfología de las plantas. Luego de una defoliación la planta entra en una fase transitoria de patrones de disponibilidad y distribución de carbono y nutrientes (Briske, 1996), en consecuencia se produce una asignación preferencial al crecimiento de la parte aérea (Richards 1993), lo cual es el primer paso de recuperación de la planta. En gramíneas el crecimiento posterior a la defoliación depende de un adecuado suministro de foto asimilados que cubra las demandas de crecimiento, este suministro puede ser derivado de la fotosíntesis de los tejidos foliares remanentes en las raíces o bases foliares (Perreta y Vegetti, 1997). Cuando la expansión de la lámina foliar es constante, la tasa de aparición de hoja decrece en el tiempo; por lo tanto, la longitud de la lámina y su tasa de aparición depende de la longitud de la vaina y de la tasa de crecimiento de la lámina foliar (Duroc y Ducrocp, 2000). La pérdida de tejido meristemático, usualmente tiene mayor efecto en la pérdida de biomasa y es el responsable de la formación de nuevas hojas, mientras que el meristemo intercalar ubicado en la base de la hoja y la vaina es el responsable de la elongación de la hoja (Murphy y Briske, 1992). Las hojas que inician el crecimiento después de una defoliación, mueren pocas semanas después de la expansión y son constantemente remplazadas por nuevas estructuras formadas a partir de los meristemos (Anderson y Flank, 2003)

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 Aw₁ (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 x 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 días, para el periodo de lluvias y, cada 42 días en la época de seca. En cada unidad experimental se delimitó un transepto de 2 m de largo y se seleccionaron de manera aleatoria diez tallos, los cuales se identificaron con anillo de color diferente para cada uno. Inmediatamente después, se realizaron las siguientes mediciones: longitud de la lámina foliar (desde la base de la lígula hasta el ápice en hojas verdes o hasta la base del tejido clorótico en hojas en proceso de senescencia). La tasa de elongación foliar (TEF; cm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó para las hojas en expansión, por la diferencia entre la longitud de las láminas foliares final (LLFf) y al final de dos mediciones sucesivas. $TEF = (LLFf - LLFi) / T$. La tasa de crecimiento neto foliar por tallo (CNF; cm tallo⁻¹ d⁻¹), se calculó como la diferencia entre la tasa de elongación foliar (TEF) la tasa de senescencia foliar (TSF). $CNF = TEF - TSF$. La tasa de senescencia foliar (TSF; cm tallo⁻¹



d^{-1}), se obtuvo para hojas maduras y en proceso de senescencia, como la diferencia entre longitud de las láminas foliares verdes al inicio (LFVi) y al final de dos mediciones sucesivas. (LFVf), dividida entre el número de días (T) transcurridos entre mediciones sucesivas. $TSF = (LFVi - LFVf)/T$.

Resultados y discusión

Se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre genotipos evaluados y época para tasa de elongación foliar, observándose mayor elongación en lluvias (Cuadro 1), para el primer corte, siendo G-4, G-9 y G-13 con 2.21, 1.86 y 1.86 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$ los de mayor crecimiento. El testigo G-13, presentó la mayor tasa de elongación en lluvias, en respuesta a la humedad en el suelo. Para el estiaje, se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre genotipos; G-1, presentó la mayor tasa en los tres primeros cortes, con 0.62, 0.60 y 0.64 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$. Para la tasa de senescencia foliar se observó diferencia ($P > 0.05$) entre época y genotipos en los cortes realizados (Cuadro 2), en el primer corte, G-9 y G4 presentaron mayor senescencia con 0.37 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$; para el segundo, de nuevo G-1, con 0.16 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$; en el tercero, G-27; en el cuarto, G-1 y; para el último, G-4 con 0.13, 0.26 y 0.26 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$, respectivamente. Para la tasa de crecimiento neto foliar se observó diferencia ($P > 0.05$) entre época del año siendo mejor para el periodo de lluvia; en la cual, se presentaron mayores resultados (Cuadro 3), ya que las condiciones ambientales eran propicias para mejor crecimiento, siendo el testigo G-13 el de mayor tasa de crecimiento neto en la época de lluvias, con valores que oscilan de 0.75 a 1.64 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$; siendo el genotipo G-4, el que presentó valores de 1.79 y 1.07 $cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$, en los dos primeros cortes.

Cuadro 1. Tasa de elongación foliar ($cm\ tallo^{-1}\ día^{-1}$)

G	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	1.28 ^{cA}	1.20 ^{abNS}	0.86 ^{aA}	0.82 ^{aNS}	0.88 ^{abNS}	0.62 ^{aB}	0.60 ^a	0.64 ^{aB}	0.28 ^{bc}	0.46 ^{NS}
G-4	2.21 ^{aA}	1.26 ^{abA}	0.61 ^{cA}	0.54 ^{b^cNS}	0.63 ^{bcNS}	0.53 ^{aB}	0.57 ^{abB}	0.39 ^{bB}	0.36 ^b	0.40 ^{NS}
G-9	1.86 ^{bA}	1.06 ^{abA}	0.75 ^{abA}	0.77 ^{bNS}	0.74 ^{abcNS}	0.37 ^{bcB}	0.29 ^{cB}	0.49 ^{abB}	0.41 ^b	0.41 ^{NS}
G-13	1.86 ^{bA}	1.28 ^{aA}	0.85 ^{aA}	0.94 ^{aNS}	0.97 ^{aNS}	0.47 ^{abB}	0.36 ^{bcB}	0.38 ^{bB}	0.32 ^{bc}	0.46 ^{NS}
G-25	1.70 ^{bA}	0.95 ^{bA}	0.72 ^{bA}	0.32 ^{cA}	0.17 ^{dB}	0.26 ^{cB}	0.30 ^{cB}	0.51 ^{abB}	0.47 ^a	0.45 ^{NS}
G-26	1.95 ^{abA}	0.97 ^{abA}	0.75 ^{abA}	0.81 ^{aNS}	0.81 ^{abcNS}	0.35 ^{bcB}	0.34 ^{cB}	0.38 ^{bB}	0.42 ^b	0.55 ^A
G-27	1.84 ^{bB}	0.99 ^{abNS}	0.52 ^{dA}	0.58 ^{b^cNS}	0.48 ^{cdNS}	0.33 ^{bcB}	0.46 ^{abc}	0.50 ^{abNS}	0.35 ^b	0.49 ^{NS}
G-28	1.83 ^{bA}	1.17 ^{abA}	0.61 ^{cA}	0.60 ^{bcNS}	0.53 ^{cNS}	0.30 ^{bcB}	0.38 ^{bcB}	0.47 ^{ab}	0.52 ^a	0.44 ^{NS}
EEM	0.9	0.9	0.08	0.13	0.12	0.9	0.9	0.08	0.13	0.12

Las comparaciones son entre época de lluvia y seca para cada columna de izquierda a derecha. Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$), EEM= Error estándar, las primeras cinco fechas de izquierda a derecha corresponden a la época de lluvias, posteriormente sigue la época seca.



SOMMAP

Cuadro 2. Tasa de senescencia foliar ($\text{cm tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

G	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	0.13 ^{cNS}	0.16 ^{aNS}	0.11 ^{aB}	0.26 ^{aNS}	0.20 ^{aNS}	0.15 ^a	0.08 ^a	0.14 ^{abB}	0.11 ^{ab}	0.16 ^a
G-4	0.37 ^{aA}	0.16 ^{aNS}	0.09 ^{aNS}	0.19 ^{abNS}	0.26 ^{aNS}	0.14 ^{abB}	0.09 ^a	0.10 ^{abc}	0.08 ^a	0.14 ^{ab}
G-9	0.37 ^{aA}	0.13 ^{bcNS}	0.10 ^{aNS}	0.25 ^{aNS}	0.16 ^{abNS}	0.09 ^{abB}	0.06 ^{ab}	0.10 ^{bc}	0.07 ^{abc}	0.12 ^b
G-13	0.22 ^{bcNS}	0.08 ^{NS}	0.05 ^{aNS}	0.21 ^{aNS}	0.11 ^{bcNS}	0.09 ^{ab}	0.05 ^{ab}	0.08 ^c	0.06 ^{bc}	0.09 ^b
G-25	0.14 ^{cNS}	0.14 ^{bNS}	0.10 ^{aB}	0.13 ^{bNS}	0.14 ^{bNS}	0.08 ^{ab}	0.12 ^{ab}	0.15 ^{aA}	0.14 ^{cb}	0.14 ^b
G-26	0.31 ^{abA}	0.13 ^{bcNS}	0.09 ^{aB}	0.17 ^{bNS}	0.15 ^{bNS}	0.06 ^{bb}	0.11 ^{bc}	0.11 ^{abcA}	0.10 ^{abc}	0.13 ^b
G-27	0.15 ^{cNS}	0.11 ^{cNS}	0.13 ^{aNS}	0.19 ^{abNS}	0.12 ^{bcNS}	0.09 ^{ab}	0.11 ^{bc}	0.14 ^{ab}	0.11 ^{abc}	0.16 ^a
G-28	0.14 ^{cNS}	0.11 ^{cNS}	0.07 ^{aB}	0.15 ^{bNS}	0.14 ^{bNS}	0.10 ^{ab}	0.11 ^{bc}	0.14 ^{abNS}	0.14 ^{aNS}	0.22 ^{aA}
EEM	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04	0.05	0.03	0.02	0.04	0.04

Las comparaciones son entre época de lluvia y seca para cada columna de izquierda a derecha. Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$), EEM= Error estándar, las primeras cinco fechas de izquierda a derecha corresponden a la época de lluvias, posteriormente sigue la época seca

Cuadro 3. Tasa de crecimiento neto foliar ($\text{cm tallo}^{-1} \text{ día}^{-1}$)

G	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	1.18 ^{cA}	1.06 ^{abNS}	0.75 ^{abNS}	0.55 ^b	0.69 ^{ab}	0.47 ^{ab}	0.52 ^a	0.50 ^a	0.20 ^b	0.32 ^b
G-4	1.79 ^{aA}	1.07 ^{abA}	0.53 ^{bcNS}	0.39 ^{ab}	0.36 ^{bc}	0.40 ^{abB}	0.47 ^{abB}	0.30 ^b	0.29 ^b	0.29 ^{bc}
G-9	1.46 ^{bcA}	0.93 ^{abA}	0.66 ^{abNS}	0.46 ^{ab}	0.58 ^{ab}	0.27 ^{bb}	0.23 ^{cb}	0.39 ^{ab}	0.30 ^b	0.30 ^{bc}
G-13	1.64 ^{abA}	1.20 ^{aA}	0.80 ^{aA}	0.75 ^a	0.85 ^a	0.38 ^{abB}	0.30 ^{bcB}	0.31 ^{bb}	0.25 ^{bc}	0.34 ^{ab}
G-25	1.56 ^{abA}	0.84 ^{bA}	0.62 ^{abcNS}	0.19 ^{abc}	0.13 ^{bcd}	0.19 ^{cb}	0.21 ^{cb}	0.39 ^{ab}	0.34 ^a	0.31 ^b
G-26	1.63 ^{abA}	0.84 ^{bA}	0.63 ^{abcNS}	0.64 ^a	0.65 ^{ab}	0.29 ^{abcB}	0.25 ^{cb}	0.28 ^b	0.34 ^a	0.41 ^a
G-27	1.71 ^{abA}	0.87 ^{bA}	0.41 ^{cNS}	0.38 ^{ab}	0.32 ^{bc}	0.25 ^{bcB}	0.36 ^{abcB}	0.36 ^{ab}	0.24 ^{bc}	0.34 ^{ab}
G-28	1.68 ^{abA}	1.04 ^{abA}	0.56 ^{bcNS}	0.45 ^{ab}	0.39 ^{bc}	0.23 ^{bcB}	0.30 ^{bcB}	0.32 ^b	0.38 ^a	0.30 ^{bc}
EEM	0.1	0.08	0.08	0.12	0.1	0.1	0.08	0.08	0.12	0.1

Las comparaciones son entre época de lluvia y seca para cada columna de izquierda a derecha. Diferente literal minúscula en cada hilera indican diferencia significativa ($P < 0.05$). Diferente literal mayúscula en cada columna indican diferencia significativa ($P < 0.05$), EEM= Error estándar, las primeras cinco fechas de izquierda a derecha corresponden a la época de lluvias, posteriormente sigue la época seca



Conclusiones

Se concluye que el comportamiento de los genotipos se ve influenciado por la precipitación es por eso que los mayores resultados de elongación de observaron en la época de lluvias, esto obedece a que este pasto crece bien en zona inundadas, donde tiene diferente comportamiento de crecimiento y rebrote en el trascurso del año, y se ve reflejado de acuerdo al nivel del agua, cuando emerge por arriba y sus hojas crecen rápidamente, la velocidad de crecimiento de las plantas depende de factores ambientales como luz, humedad y temperatura.

El Genotipo 13 fue el que mostró mayores resultados para la tasa de elongación y crecimiento neto, este comportamiento se puede atribuir al vigor que presentó al momento de su establecimiento y que responde bien aún en condiciones fuera de su hábitat.

Literatura citada

- Anderson, M.T., Flank, D.A. 2003. Defoliation effects on reproductive biomass: Importance of scale and timing. *J Range Manage*; (56):501-516
- Briske, D.D. 1996. Strategies of plant survival in grazed systems: A functional interpretation. In: Hodg, J, and Illius, A. W., (Ed). *The ecology and management of grazing systems*. London. CAB international, Chapter. 2. 37-67 pp.
- Duruc, M and Ducrocq, H. 2000. Growth and senescence of de successive grass leaves on a tiller. Ontogenic development and effect of temperatura. *Annals of Botany*. 85:635-643
- Murphy, J.S., and Briske, D.D. 1992. Regulation of tillering by apical dominance: chronology, interpretive value and current perspectives. *J. of Range Manage* 45(5) 419-429
- Perreta, M. y Vegetti, A. 1997. Formas de crecimiento y efectos del corte en gramíneas forrajeras. *Rev. Fave*1:68-80
- Richards, J. H. 1993. Physiology of plants recovering from defoliation. *Proceeding International Grassland Congress: New Zealand and Australia*. Pp. 85-94.
- 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.



DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN CUATRO SITIOS EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO DEL ESTADO ZACATECAS

DETERMINATION OF HEAVY METALS IN AN SHORT GRASS RANGE IN FOUR SITES ZACATECAS MEXICO STATE

Miguel Humberto Vega¹, Daniel Rodríguez¹, Ramón Gutiérrez², Rómulo Bañuelos¹, Carlos Meza¹, Héctor Gutiérrez¹ y Braulio Lozano¹.

¹ *Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UAZ.*

² *Campo Experimental Zacatecas-INIFAP*

rtenorio00@hotmail.com

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. El objetivo del presente trabajo consistió en determinar la concentración de metales pesados como Arsénico y Plomo en suelo y forraje de un pastizal mediano abierto en cuatro municipios del estado de Zacatecas, México en sitios aledaños a industrias mineras que se encuentran activas, como factores contaminantes al ecosistema y a sus componentes, principalmente al pastizal del que se alimenta el ganado que posteriormente va a consumo humano, se determinaron cinco transectos por municipio en cuatro sitios de muestreo en un pastizal mediano abierto, de los que se tomaron 25 muestras de suelo y pastizal, las muestras se trabajaron mediante la técnica Espectrométrica de energía dispersa de rayos X para determinar la concentración de los metales, para determinar el grado de contaminación por sitio muestreado, así como el metal de mayor prevalencia por zona agroecológica. Los resultados obtenidos, demuestran que existen cantidades importantes de metales depositados en los sitios de estudio, por encima de los valores permitidos en la Norma Oficial Mexicana y los valores considerados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Lo cual representa un riesgo para la salud humana.

Palabras clave: Zacatecas, Metales pesados, Arsénico, Plomo, Suelo, Pastizal mediano abierto

Introducción

La minería tiende a tener un impacto notable sobre el medio ambiente, los impactos varían en severidad, dependiendo de si la mina está trabajando o abandonada, los métodos de extracción utilizados, y las condiciones geológicas (Bello et al., 2001).

La capacidad de las plantas terrestres para hacer frente a una amplia gama de condiciones abióticas, ha permitido a determinadas especies adaptarse a ambientes extremadamente áspers. Uno de los posibles problemas es el estrés abiótico, una planta pueden enfrentar niveles tóxicos de metales pesados en el suelo. La planta tiene una limitada capacidad para contrarrestar a los metales en exceso; el principal enfoque que la mayoría de las plantas utilizan para hacer frente a los metales pesados, es el almacenamiento en la pared celular de la raíz y la vacuola, manteniendo así al metal pesado secuestrado desde el citoplasma de raíz y, más importante, desde el rodaje que minimiza



los daños asociados del metal al aparato fotosintético. Sin embargo, hay un número de especies de plantas que han evolucionado en suelos metalíferos y por lo tanto, están adaptadas a los entornos extremos del suelo (Milner y Kochian, 2008).

En los últimos años, ha crecido espectacularmente el interés en las plantas que pueden acumular y tolerar cantidades inusualmente altas de metales en su parte aérea. Las investigaciones con estas plantas llamadas hiperacumuladoras de metales, se han multiplicado por su potencial utilidad para el hombre como herramienta en la limpieza de suelos contaminados (Llugany et al., 2007). Relativamente, existen pocos estudios sobre los efectos en la aplicación de biosólidos en la tierra, tanto para las concentraciones de metal en el suelo y la calidad del forraje (Gaskin et al., 2003).

Los pastizales son recursos naturales que el hombre no ha sabido explotar apropiadamente; como consecuencia, es frecuente que de estos se obtengan bajos niveles productivos, pérdidas de cobertura vegetal, de la diversidad vegetal, de agua y de suelo debido a la sobre utilización vía pastoreo (Serna et al., 2004; Gutiérrez, 2005).

La producción de las áreas agrícolas de temporal y de los agostaderos de Zacatecas es muy variable, debido a que año con año las condiciones del clima también lo son; esto da lugar a siniestros que afectan las actividades agrícolas y ganaderas cuya principal causa es la sequía (Diallo et al., 1991).

En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar las concentraciones de arsénico (As) y plomo (Pb) en suelos y forraje en un pastizal mediano abierto de los municipios de Guadalupe, Morelos, Vetagrande y Zacatecas.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en los Municipios de Guadalupe, Morelos, Vetagrande y Zacatecas, Zac. En donde se tomaron muestras de suelo y pastizal mediano abierto, para determinar el grado de contaminación por los metales pesados arsénico (As) y plomo (Pb).

La región de estudio está caracterizada por presentar un clima árido templado. El área bajo estas condiciones climáticas registró una precipitación media anual entre 300 a 400 mm, con lluvias en verano distribuidas durante junio y septiembre. El promedio anual de las temperaturas atmosféricas máximas y mínimas oscilaron entre 20 y 10°C. El tipo de suelo es clasificado como xerosol cálcico. La textura del suelo es franco arenoso como mineral arcilloso dominante. En cada municipio se determinaron cinco transectos con una distancia aproximada de un kilómetro entre uno y otro.

En el período de muestreo fue durante la época de lluvias, los pastizales presentaban una condición de regular a mala.

La producción de forraje expresado en kg de materia seca / ha por municipio fue de 3,232 Guadalupe, 2,128 en Morelos 2,416 en Vetagrande y de 3,784 en Zacatecas.

De las muestras de pastizal, se obtuvieron dos lotes, uno de planta sucia (tal cual), y otro de planta que se sometió a lavado con agua tridestilada y desionizada para su posterior secado y lectura.

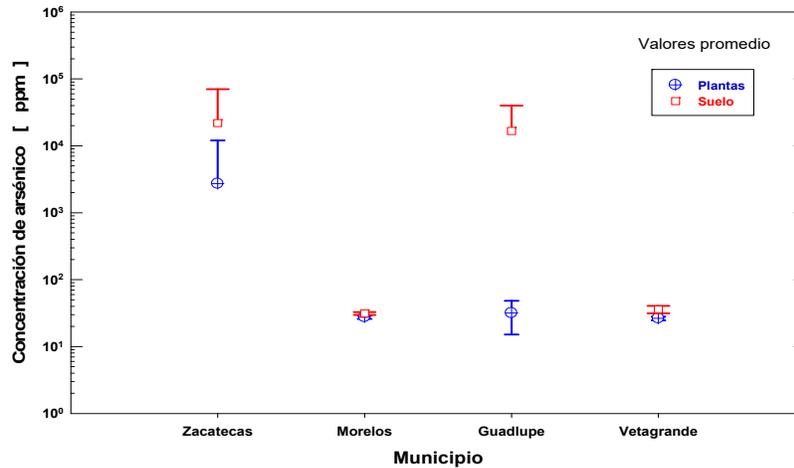
Las muestras de plantas y suelos se analizaron mediante la técnica de Espectrométrica de energía dispersa de rayos X para determinar la concentración de arsénico y plomo.



Resultados y Discusión

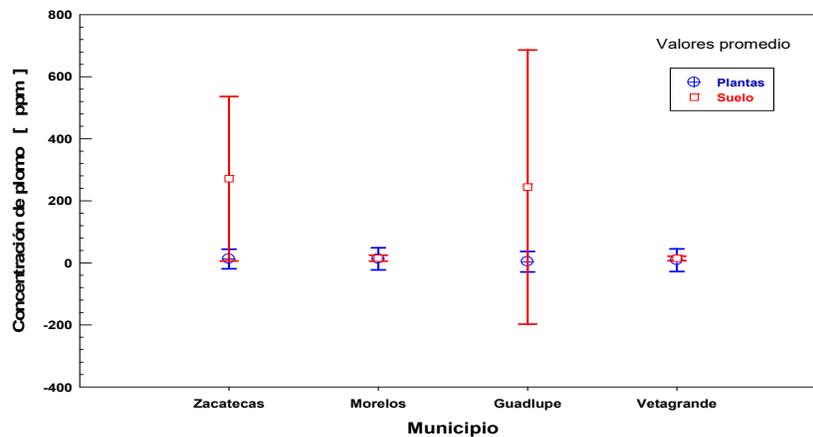
Los datos obtenidos de cada una de las muestras se analizaron utilizando un modelo estadístico ANOVA, el cual se corrió en un programa Sigma, que nos permitió observar los sitios en los que se encontraba la mayor cantidad de Arsénico y Plomo tanto el suelo como en plantas, obteniéndose lo siguiente:

Grafica 1.- 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.

Grafica 2.- 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 más o menos muy similar para los cuatro municipios, si es evidente la mayor concentración de plomo en Guadalupe.



Lone et al (2008) y 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 encontraron 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, 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 (1992), señala como rango entre 50 y 100 ppm para suelo superficial, mientras que la NOM (2003), 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

- Bello, R. R., Cajuste, L. J., Roman, D. F., Calderón, N. E. (2001). Metales pesados, sales y sodio en suelos de chinampa en México. *AGROCIENCIA* 35: 385-395.
- Diallo O, Diouf A, Hanan NP and Nidiaye A. (1991). monitoring of savanna primary production in Senegal, West Africa: 1987- 1988. *Int J Remote Sensing* 1991 ;(12):1259-1279.
- 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.



- Gutiérrez, L.R. (2005), Salud y condición del pastizal. En: II Simposio Internacional de manejo de pastizales. Memorias del taller para técnicos —Inventario de pastizalesl. Zacatecas, Zac. 2005:1-21.
- Llugany, M., Tolrà, R., Poschnrieder, C., Barceló, J. (2007). Hiperacumulación de metales: ¿Una ventaja para la planta y para el hombre?, Asociación Española de Ecología Terrestre, Revista Ecosistemas, Vol. 16 (2), pp. 4-9, Valencia, España.
- Lone, M.I., He, Z. L., Stoffella, P.J. and Yang, X. (2008), Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives, J. Zhejiang Univ. Sci. B, 9(3): 210-220.
- López Alonso, M., Miranda M., Castillo C., Hernández J. y Benedito J.L. (2002) Interacción entre metales tóxicos y esenciales en ganado vacuno de Galicia, España., Rev. Toxicol., No. 19: pp. 69-72
- Milner, M.J. and Kochian, L.V. (2008), Investigating Heavy-Metal Hiperaccumulation Using *Thlaspi caerulescens* as a Model System., *Annals of Botany*: 102, 3-13.
- 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. and 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
- Serna, P.A., Rubio, A.F.A. y Echavarría, C.F.G. (2004) Áreas de exclusión; una opción para la rehabilitación y conservación de los pastizales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. (Folleto para Productores No. 27).



PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE SEMILLAS DE DOS ESPECIES DE PASTOS DEL GÉNERO *Eragrostis* EN LA ZONA MEDIA DE SAN LUIS POTOSÍ

PRODUCTION AND QUALITY OF SEEDS OF TWO GRASS SPECIES OF GENDER *Eragrostis* IN THE MEDIA AREA OF SAN LUIS POTOSI

Mauricio Velázquez-Martínez¹, José F. Cervantes-Becerra¹, Francisco Santiago-Hernández¹ Héctor G. Gámez-Vázquez¹

¹Campo Experimentan San Luis-INIFAP. velazquez.mauricio@inifap.gob.mx

Resumen

La principal limitante para la resiembra de los pastizales es la escasa disponibilidad de semilla de gramíneas forrajeras, además, la información sobre producción de semillas es muy escasa. El objetivo fue evaluar la producción y calidad de semillas de los pastos Garrapata Hércules (*Eragrostis superba*) y Llorón Imperial (*Eragrostis curvula*), en la zona media de San Luis Potosí, México. El estudio se realizó en el Sitio Experimental Rioverde del INIFAP, municipio de Rioverde, San Luis Potosí, en las coordenadas 21°55'37.0" N y 100°01'04" O, con altitud de 850 msnm. Los pastos se establecieron y fueron evaluados en condiciones de riegos de auxilio en la época verano-otoño e invierno-primavera. Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar factorial 2x2, con el estadístico SAS 9.3. La mayor producción de semilla la tuvo Garrapata Hércules en verano-otoño ($P < 0.0001$) con 1,146 kg·ha⁻¹ por cosecha; Garrapata Hércules tuvo una producción en invierno-primavera estadísticamente similar a Llorón Imperial en verano-otoño, con producciones de 68 y 576 kg·ha⁻¹ por cosecha, respectivamente. El porcentaje de germinación más alto fue de Llorón Imperial en invierno-primavera con 74.3%, seguido de Garrapata Hércules verano-otoño con 71 %. La zona media de San Luis Potosí es una alternativa por sus condiciones agroclimáticas, para la producción de semilla del pasto Garrapata Hércules, por tener mayor producción y buen porcentaje de germinación. El pasto Llorón Imperial, aunque su producción es menor, garantiza que la mayor parte de la semilla producida tendrá un alto porcentaje de germinación.

Palabras clave: Garrapata, Llorón, época, germinación.

Introducción

Los pastos del género *Eragrostis*, son originarios del sur de África y se adaptan muy bien en suelos de baja fertilidad, con abundante producción de semilla, este género se caracteriza por presentar culmos amacollados, estoloníferos o rara vez rizomatosos. La inflorescencia es una panícula abierta o contraída; espiguillas laterales comprimidas (COTECOCA, 1991). Probert y Hay (2000), recomiendan que para la rehabilitación exitosa de los agostaderos es importante utilizar semillas de calidad genética, física y biológica para obtener mayor número de plantas, así como un mejor y rápido establecimiento; por lo tanto, es importante optimizar el manejo de cosecha de semilla ya que esto es influenciado por el ambiente de producción, cosecha, beneficio y el tiempo de almacenamiento, influyendo en la calidad biológica y viabilidad de la semilla (Ferguson, 1995; Happ *et al.*, 1993). En México existe demanda de tecnología en materia de recursos genéticos de



especies forrajeras, ya que cerca del 90 % de las semillas forrajeras son importadas a un costo elevado (Ramos y Espinoza, 1999). La disponibilidad, la calidad y el costo de la semilla, son las principales limitantes para realizar una recuperación o establecimiento de pradera, actualmente en México existen pequeños lotes de producción, pero no es lo suficiente para satisfacer la demanda del mercado. Sin embargo, existe el potencial y la tecnología para la producción de semilla, al establecer lotes de producción con especies evaluadas y mejoradas por los centros de investigación como el caso de los pastos Llorón y Garrapata. Al producir semillas de estas especies, garantiza la obtención de semilla de calidad y un mejor establecimiento, persistencia y adaptación a las condiciones de la región (Morales y Melgoza, 2010). Ecológicamente es recomendable establecer pastos nativos (Sosebee, 1994), sin embargo, en la mayoría de los casos es difícil conseguir semilla de pastos nativos, además de que son especies de lento establecimiento. Los pastos Llorón y Garrapata se caracterizan por ser de fácil establecimiento, rápido crecimiento, buena calidad forrajera y alta producción de semilla pura viable. El pasto Llorón (*Eragrostis curvula*), es una de las especies introducidas más utilizadas en la rehabilitación de los agostaderos ya que inicia su rebrote y crecimiento antes que los pastos nativos (Luna y Barretero, 2013). Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue evaluar la producción de semilla de dos especies de pastos del género *Eragrostis* en la zona media de San Luis Potosí.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Rioverde del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el municipio de Rioverde, San Luis Potosí, México, en las coordenadas 21°55'37.0" N y 100°01'04" O, con una altitud promedio de 850 msnm. El clima del área, corresponde al Bs₁ h w" (w) (e) g; seco o estepario; semicálido con invierno fresco y temperatura media anual de 21.6 °C, con un máximo de 43 °C y una mínima de 2 °C, con régimen de lluvias en verano, extenso, con una precipitación media anual de 557 mm (García, 1981; Labarthe *et al.*, 1989). Se evaluaron dos variedades de pasto del género *Eragrostis*: Llorón Imperial (*E. curvula*) y Garrapata Hércules (*E. superba*). La semilla para el establecimiento de las praderas, fue obtenida de la cosecha Otoño-Invierno del año 2014, de parcelas establecidas en el Campo Experimental San Luis, del INIFAP, México. Las semillas de las variedades Llorón Imperial y Garrapata Hércules, fueron germinadas en charolas comerciales de unicel, como sustrato se utilizó peat moss comercial, el trasplante se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 cm (50 a 60 días después de siembra). La preparación del suelo consistió en barbecho, rastreo y surcado. El trasplante se realizó de forma manual, en un área de 2400 m², depositando la plántula en el lomo del surco, a una distancia de 0.2 m entre planta y 0.8 entre surcos. El trasplante del pasto Llorón imperial se realizó el 19 de mayo de 2015 y del pasto Garrapata Hércules el 15 de mayo de 2015. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2x2: establecido por dos pastos, dos épocas de cosecha. Cada unidad experimental tuvo un área de 10x60 m, fueron cuatro unidades experimentales por cada pasto, con separación de dos metros entre unidad experimental.

En la época Verano-Otoño, se aplicó un total de tres riegos de forma rodada (80 mm), en los meses junio, julio y agosto, y un riego de presiembra (100 mm), acumulando una capa de 659 mm con la precipitación de la época (319 mm). En la época Invierno-Primavera, cuando la planta se encontraba en su etapa reproductiva, se aplicó un riego en el mes de abril (80 mm), con una precipitación de 238 mm, acumulando una capa de 318 mm. El pasto Llorón Imperial, se le hizo una aplicación de fertilizante, a los 67 días del trasplante, al pasto Garrapata Hércules se le aplicó fertilizante a los 32 días después del trasplante; la dosis de fertilizante fue Urea (46-00-00), con



una dosis de 200 kg/ha, aunado a un pase de escarda. Se realizaron evaluaciones periódicas en campo en las épocas Verano-Otoño (V-O) e Invierno-primavera (I-P). En la época V-O, el muestreo se realizó en noviembre 2015; en época I-P, el muestreo se realizó en mayo 2016. Para determinar la producción de semilla se cosecharon las inflorescencias en un área de 1.6 m² tomados completamente al azar, con tres réplicas por unidad experimental, para un total de 12 muestras por tratamiento. Las muestras fueron secadas al sol, después se extrajo la semilla de cada inflorescencia de forma manual. Para determinar el porcentaje de germinación, se llevó a cabo ensayos de germinación en charolas germinadoras de unicel y como sustrato se utilizó peat moss. Se pusieron a germinar carióspsides de pasto Llorón Imperial y unidades de dispersión (espiguillas “garrapatas”) de Garrapata Hércules. Estos ensayos se realizaron en septiembre de 2016, las charolas se cubrieron con plástico negro, permanecieron expuesta al ambiente donde tuvieron radiación solar directa en la tarde (15:00 a 19:00 hr), el conteo de las semillas germinadas se realizó cada 24 horas a partir del cuarto día de siembra, hasta los 25 días. Los datos de producción de semilla, se analizaron mediante un diseño al azar con arreglo factorial 2x2, con el paquete estadístico SAS 9.3 (2010).

Resultado y Discusión

La época del año tuvo un efecto en la producción de semilla ($P < 0.0001$). En verano-otoño la producción de semilla fue de 861.2 kg·ha⁻¹, mientras que en invierno-primavera disminuyó a 396.1 kg·ha⁻¹. Esta diferencia en producción de semilla pudo ser debido a la disponibilidad del recurso hídrico, ya que en época V-O con mayor producción, fueron tres riegos más la precipitación (total 659 mm), mientras que en I-P se aplicó un solo riego (total riego+precipitación 318 mm). Además, en época V-O se tiene más horas luz, permitiendo a las plantas fotosintetizar más tiempo, generando mayor energía para la mayor producción de hijuelos, por lo tanto, mayor producción de espigas (del Pozo, 2004), provocando un menor rendimiento de semilla en la época I-P.

Entre pastos hubo diferencia en producción de semilla ($P < 0.0001$). El pasto Garrapata Hércules tuvo una producción de 1,828 kg·ha⁻¹·año⁻¹, producción ligeramente mayor a lo reportado por Beltrán *et al.*, (2009) en condiciones de riego (1,651 kg·ha⁻¹), así mismo Saenz *et al.*, (2015) reportaron producciones de 1,606 kg·ha⁻¹, con riego de aspersion y una dosis de fertilizante de 120-60-00. El pasto Llorón Imperial tuvo en el presente estudio una producción de 686 kg·ha⁻¹, siendo similar a la obtenida en zona semiárida en condiciones de riego, donde tiene producción de 685 kg·ha⁻¹ (Beltrán *et al.*, 2009).

La producción de semilla de las dos especies en las diferentes épocas del año, se muestra en el cuadro 1. El pasto Garrapata Hércules, en la época verano-otoño tuvo mayor producción (464.87 kg·ha⁻¹ por cosecha; $P < 0.0001$), comparado a la época invierno-primavera; la producción anual fue de 1,828.1 kg·ha⁻¹·año⁻¹, siendo superior en el primer año de establecida la pradera, a la obtenida en un promedio de cinco años (2002-2006), en condiciones de riego en una zona semiárida, con producciones de 1,651 kg·ha⁻¹·año⁻¹ (Beltrán *et al.*, 2009). La producción obtenida por el pasto Garrapata Hércules en invierno-primavera fue estadísticamente similar ($P > 0.05$), a la obtenida en el pasto Llorón Imperial en la época verano-otoño (576 kg ha⁻¹); sin embargo, fue mayor a la obtenida en la época V-O en otros pastos en clima trópico seco, con precipitación de 785.4 mm, con *Panicum coloratum* 183, *Panicum coloratum* 184 y *Panicum maximum*, produciendo 68.5, 70.15 y 77.01 kg·ha⁻¹ por cosecha, respectivamente (Eguiarte y González, 1995). En la época invierno-primavera la producción de semilla del pasto Llorón Imperial disminuyó 465.5 kg·ha⁻¹, comparado a la producción verano-otoño ($P < 0.0001$), esto puede atribuirse a las condiciones climáticas de la época, menos horas luz, bajas temperaturas y menor disponibilidad de agua (riego + precipitación 318 mm), afectando el crecimiento y producción.



Cuadro 1. Producción de semilla y comparación de medias de los pastos Garrapata Hércules y Llorón Imperial en las épocas verano-otoño e invierno-primavera.

Pasto	Época del año	Semilla Kg-ha ⁻¹
Garrapata Hércules	Verano-otoño	1,146.5 ^a
Garrapata Hércules	Invierno-primavera	681.6 ^b
Llorón Imperial	Verano-otoño	576.0 ^b
Llorón Imperial	Invierno-primavera	110.5 ^c

^{a, b, c}: medias con literales distintas en cada columna son diferentes ($P < 0.05$).

El pasto Llorón Imperial cosecha invierno-primavera tuvo el porcentaje más alto de germinación (74.3%), seguido de Garrapata Hércules cosecha verano-otoño (71%). Estos datos son inferiores a los obtenidos por Beltrán *et al.*, (2009), quienes reportaron un 85% de germinación en Llorón Imperial y un 80% de germinación en pastos Garrapata Hércules, aunque no se especifica si fue en condiciones controladas de laboratorio. Los porcentajes más bajos de germinación lo tuvieron los pastos Garrapata Hércules cosecha invierno-primavera y Llorón Imperial cosecha verano-otoño, con 39% y 23.9%, respectivamente (figura 1). En un estudio realizado bajo diferentes fuentes de fertilización, la germinación del pasto Garrapata estuvo en un rango de 67-85.3% (Sáenz-Flores *et al.*, 2015), siendo inferiores a los obtenidos en este estudio.

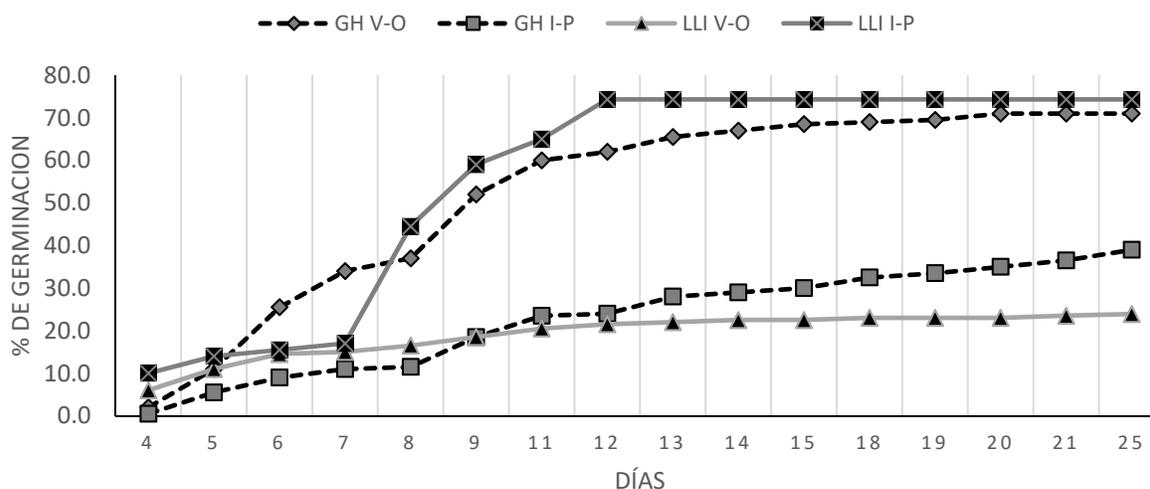


Figura 1. Germinación de semilla (%) de dos especies de pastos del género *Eragrostis*, en dos épocas del año. **GH V-O:** Garrapata Hércules verano-otoño **GH I-P:** Garrapata Hércules invierno-primavera **LLI V-O:** Llorón Imperial verano-otoño **LLI I-P:** Llorón Imperial invierno-primavera

Conclusión

Para fines de producción de semilla, la región de Rioverde San Luis Potosí es una alternativa por sus condiciones agroclimáticas, para la producción de semilla del pasto Garrapata Hércules, por tener mayor producción y buen porcentaje de germinación. El pasto Llorón Imperial, aunque su producción es menor, garantiza que la mayor parte de la semilla producida tendrá un alto porcentaje de germinación.



Literatura Citada

- Beltrán, L. S.; Loredó O. C.; García D. C. A.; Hernández A. J. A.; Urrutia M. J.; Gámez V. H. G.; González E. L. A.; Núñez S. T.; 2009. Llorón Imperial y Garrapata Hércules nuevas variedades de pastos para el altiplano de San Luis Potosí (Establecimiento y Producción de semilla). INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. Folleto Técnico No. 36. San Luis Potosí, S. L. P. México 39 p.
- COTECOCA-SARH (Comisión Técnico Consultiva de Coeficientes de Agostadero- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos).1991. Las gramíneas de México. Tomo III. México 336 p.
- del Pozo, R. P. P. 2004. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. Sitio Argentino de Producción Animal. Universidad Agraria de la Habana Cuba. 1-9 p.
- Eguiarte, V. J. A. y González S. A. 1995. Producción de semilla y forraje de pastos tropicales en el sur de Jalisco. Técnica Pecuaria en México. Vol. 33 (2). 105-111 pp.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: Seed Vigour Testing Seminar. Proceedings of the International Seed Testing Association, Copenhagen. 1-9 pp.
- García, E. (1981). Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Happ, K., M. B.; Mc. Donald and T. K. Danneberger. 1993. Vigour testing in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) seeds. Seed Science and Technology. 1:375-381.
- Labarthe, G., M. Tristán, R. Aguillón, L. S. Jiménez y A. Romero (1989). Cartografía Geológica 1:50 000 de las Hojas El Refugio y Mineral El Realito, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato. UASLP. Instituto de Geología. Folleto Técnico 12. S.L.P., México. 87 p.
- Luna L. M, y Barretero H. R. 2013. Guía para el establecimiento del pasto Llorón (*Eragrostis curvula*) en Los Altos de Jalisco. Folleto para Productores Núm. 2. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. 14 p.
- Morales, N. C. y A. Melgoza. 2010. Características productivas de zacates forrajeros importantes en el norte de México. INIFAP-SAGARPA. Folleto técnico 28, 51 p.
- Probert, R. J. and Hay F. R. 2000. Keeping seed alive. In: Bewley D. J. and Black M (eds.). Seed technology and its biological basis. CRC Press LLC. Great Britain. 390-393 pp.
- Ramos, J. L. y Espinoza J. M. 1999. Proyecto nacional de producción de semillas forrajeras. S.E. Pabellón. INIFAP-IRNOC. Desplegable Informativo. 7.
- Sáenz-Flores, E.; Saucedo-Terán R. A.; Morales-Nieto C. R.; Jurado-Guerra P.; Lara-Macías C. R.; Melgoza-Castillo A.; Ortega-Gutiérrez J. A. 2015. Producción y calidad de semilla de pastos forrajeros como respuesta a la fertilización en Aldama, Chihuahua. Tecnociencia Chihuahua. 9 (2): 11-118.
- SAS/STAT. 2010. Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.
- Sosebee E. Ronald. 1994. Consideraciones ecológicas para la rehabilitación de pastizales de zonas áridas y semiáridas. Conferencia magistral En: X Congreso Nacional sobre manejo de pastizales SOMMAP. Monterey N.L. México. p. 9-14.



PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y FRUTO EN TRES POBLACIONES NATIVAS DE CAPOMO *Brosimum alicastrum* EN NAYARIT

FORAGE AND BEAR FRUIT PRODUCCIÓN IN THREE NATIVE POPULATIONS OF CAPOMO *Brosimum alicastrum* AT NAYARIT

José Francisco Villanueva Avalos^{1*} y J. Vidal Rubio Ceja¹

¹INIFAP – Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6 Entronque Carr. Internacional México-Nogales. A.P. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C.P. 63300. *villanueva.francisco@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de determinar la producción de forraje y fruto en tres poblaciones nativas de Capomo (*B. alicastrum*) en Nayarit, se seleccionaron y muestrearon tres Capomeras, las cuales incluían los sitios: Ab(e)181-P, Ab(e)183-VC y Ab(e)184-PM. En cada sitio, se excluyó un área de 2,500 m², en la cual se distribuyeron al azar nueve cuadrantes permanentes de 2 m². Muestras de hoja y fruto se colectaron del suelo mensualmente de febrero a junio. La mayor producción de alimento (P<0.05) se detectó en el sitio Ab(e)183-VC con 9,283, seguido de Ab(e)184-PM y Ab(e)181-P con 6,094 y 4,601 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente. La productividad anual por árbol fue diferente (P<0.01) entre sitios con 154.7, 61.4 y 22.6 kg MS árbol⁻¹ para Ab(e)183-VC, Ab(e)181-P y Ab(e)184-PM, respectivamente. La interacción sitio*mes fue (P<0.05), observándose la mayor producción en Ab(e)183-VC durante el mes de marzo con 3,263 kg MS ha⁻¹, siendo similar a la observada en abril, mayo y junio (1,777, 1,676 y 1,521 kg MS ha⁻¹, respectivamente) para este sitio. Los meses de mayor (P<0.05) producción de hoja fueron mayo y junio, mientras que la producción de fruto se concentró (P<0.05) en febrero y marzo. La mayor (P<0.05) producción de hoja se presentó en Ab(e)184-PM, mientras que para fruto fue Ab(e) 183-VC. La relación pulpa:semilla más alta (P<0.01) se observó en Ab(e)183-VC con 0.96:1. En conclusión: las Capomeras del estado de Nayarit muestran diferente potencial productivo y representan una alternativa viable y económica para la alimentación del ganado en épocas críticas.

Palabras clave: Capomo, *Brosimum alicastrum*, Selva, Forraje, Fruto.

Abstract

In order to determine forage and bear fruit production in three native populations of Capomo (*B. alicastrum*) in Nayarit, were selected and sampled three Capomo sites, including: Ab(e)181-P, Ab(e)183-VC, and Ab(e)184-PM. At each site, an area of 2,500 m² was excluded, where nine permanent 2-m² quadrats were randomly distributed. Leaf and bear fruit samples were monthly collected from the soil from February to June. Higher production (P<0.05) were detected in Ab(e)183-VC with 9,283 kg DM ha⁻¹ year⁻¹, followed by Ab(e)184-PM y Ab(e)181-P with 6,094 and 4,601 kg DM ha⁻¹ year⁻¹, respectively. Annual productivity per tree was different (P<0.01) among sites with 154.7, 61.4, and 22.6 kg DM tree⁻¹ for Ab(e)183-VC, Ab(e)181-P, and Ab(e)184-PM, respectively. Site*month Interaction was (P<0.05); higher production (P<0.05) was observed at Ab(e)183-VC during March with 3,263 kg DM ha⁻¹, being similar to that observed in April, May, and June (1,777, 1,676 and 1,521 kg DM ha⁻¹, respectively) for this site. Greater (P<0.05) leaf production was observed during May and June, while bear fruit production was (P<0.05) concentrated in February and March. Leaf production was greater (P<0.05) in Ab(e)184-PM, while for bear fruit was (P<0.05) in Ab(e)183-VC. The highest (P<0.01) pulp:seed relation was observed in Ab(e)183-VC with 0.96:1. In conclusion; Capomo sites in Nayarit state shown different



productive potential and represent a viable and economical alternative for feeding livestock in dry seasons.

Key words: Capomo, *Brosimum alicastrum*, Rainforest, Forage, Bear fruit.

Introducción

Las regiones tropicales ofrecen un enorme potencial para la producción de carne y leche de bovinos bajo condiciones de pastoreo. Sin embargo, la productividad animal es baja, debido principalmente a que la ganadería basa su alimentación en vegetación nativa y esquilmos agrícolas de bajo valor nutricional y por ende, reducidos los índices productivos del ganado en pastoreo (Villanueva – Avalos, 2015). En estas regiones, la baja productividad del ganado se debe principalmente a una deficiente alimentación, aunado a las prolongadas sequías, donde la cantidad y calidad del forraje disponible se reduce considerablemente (Stoddart, 1975; Lascano, 1991).

En el Estado de Nayarit, existen aproximadamente 2.19 mill hectáreas de tierras de pastoreo cubiertas por vegetación nativa e inducida en sucesión secundaria, de los cuales el 70% es representado por diversos ecosistemas de selvas (Cotecoca, 1979), de las cuales aproximadamente 320 mil hectáreas (21.6%) corresponden a ecosistemas de selvas altas y medianas con poblaciones nativas de Capomo, una especie arbórea de relevante importancia en la dieta del ganado durante épocas críticas (Pardo-Tejeda y Sánchez, 1983).

En Nayarit, la floración y fructificación del Capomo ocurren naturalmente en los meses de febrero a abril. Los frutos son de sabor dulce y los cotiledones al triturarse sueltan un látex blanco de sabor agradable y junto con las hojas, el Capomo constituye la única fuente de alimento en épocas críticas para bovinos, porcinos, caprinos y equinos en algunas zonas de México. El fruto y el látex tienen uso como alimento para el humano, son de sabor agradable y por su apariencia el látex se ha empleado como sustituto de la leche; tanto el follaje, la semilla como el látex han sido utilizados como galactógenos (Pardo-Tejeda y Sánchez, 1983). Sin embargo, a pesar de todos estos atributos, las cualidades productivas y nutricionales de esta especie arbórea no han sido debidamente explotadas en la alimentación de los animales en pastoreo. La utilización adecuada del forraje disponible en estas áreas es difícil, en consideración a que se desconoce la dinámica productiva potencial de alimento para el ganado en pastoreo, por lo que, tanto los coeficientes de agostadero como la capacidad de carga son desconocidos, siendo a la fecha la utilización de guías obsoletas la única herramienta para “conocer” la capacidad de carga de estos ecosistemas, donde la determinación de la misma, se basa en supuestos bajo un esquema de utilización en praderas de pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) en buena condición y donde tanto el comportamiento productivo, como la disponibilidad de forraje y nutrimentos de las especies vegetales nativas a través del año, es totalmente desconocido o al menos, no es considerado para determinar los coeficientes de agostadero y productividad potencial de este importante ecosistema tropical.

En base a lo anterior, se llevó a cabo el presente estudio con el objetivo de estimar la producción y disponibilidad de alimento (hoja y fruto) de tres sitios de la selva mediana subcaducifolia con poblaciones nativas de Capomo (*Brosimum alicastrum*) en el Estado de Nayarit.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en tres sitios de diferente productividad de la selva mediana subcaducifolia (SMSC) del estado de Nayarit, donde la especie arbórea dominante es el Capomo



(*Brosimum alicastrum*), mientras que en el estrato herbáceo dominan especies de *Paspalum multicaule*, *Bouteloua hirsuta*, *Setaria geniculata*, *Muhlenbergia* spp. y *Panicum* spp., entre otras (Cotecoca, 1979).

Los tratamientos evaluados consistieron en los diferentes sitios de la SMSC: Ab(e)181 (Terrenos planos y lomeríos cerca de la costa en la comunidad de Las Parejas, P), Ab(e)183 (terrenos planos y ondulados en la comunidad Vado del Cora, VC) y el Ab(e)184 (Sitio en lo alto de la Sierra del Vallejo al sur del Estado en la comunidad de Punta Mita, PM). Para esto, se utilizó una exclusión de 2,500 m² en cada sitio, donde se colocaron al azar nueve cuadrantes permanentes de 2 m² como parcela útil. Para tomar una muestra representativa de hoja y fruto disponible, se tomaron muestras directamente del suelo de febrero a junio, considerando que es el periodo en el cual estos productos alimenticios están accesibles para el ganado en pastoreo. Las muestras obtenidas fueron secadas en una estufa forrajera a temperatura de 50°C hasta peso constante para determinar el contenido de materia seca.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: producción de productos alimenticios (mes y año, kg MS ha⁻¹), producción de hoja (kg MS ha⁻¹), producción de fruto (kg MS ha⁻¹) y la relación pulpa:semilla. La información se sometió a un análisis de varianza mediante un DCA en algunas variables y en otras un DCA con arreglo factorial 3x5 (sitios x meses) y pruebas de Tukey al 0.05 (Steel y Torrie, 1985).

Resultados y Discusión

La producción promedio mensual y acumulada para productos alimenticios (hoja+fruto), producción de hoja y fruto, proporción de pulpa y semilla en fruto y la relación pulpa:semilla en frutos de Capomo, se muestran en el Cuadro 1 para los diferentes sitios evaluados. Se presentaron diferencias entre sitios para la producción mensual ($P < 0.05$) y acumulada ($P < 0.01$) de productos alimenticios de Capomo, sobresaliendo el sitio Ab(e)183-VC con 1,857 y 9,283 kg MS ha⁻¹, lo cual supera en un 101 y 52% a la obtenida en los sitios Ab(e)181-P y Ab(e)184-PM, respectivamente. La producción de hoja fue ($P < 0.01$) entre sitios, sobresaliendo los sitios Ab(e)183-VC y Ab(e)184-PM con 766 y 806 kg MS ha⁻¹. La mayor ($P < 0.01$) producción de fruto se presentó en el sitio Ab(e)183-VC, el cual superó con un 213 y 164% al obtenido en los sitios Ab(e)181-P y Ab(e)184-PM, respectivamente. La mayor ($P < 0.01$) proporción de pulpa en el fruto se presentó en los sitios Ab(e)181-P y Ab(e)183-VC con alrededor de 40%, mientras que la mayor ($P < 0.01$) proporción de semilla se registró en el sitio Ab(e)184-PM con 64%. De acuerdo a esta información, la mejor ($P < 0.01$) proporción de pulpa:semilla se presentó en el sitio Ab(e)183-VC con 0.96:1, lo cual indica que por cada kilogramo de semilla (bs), se obtiene 0.96 kg de pulpa. En el Cuadro 2, se muestran los resultados obtenidos de la producción promedio mensual y acumulada para hoja y fruto por árbol de Capomo, considerando la densidad de plantas observada en los diferentes Sitios en estudio. Estos resultados estandarizan la productividad de los Sitios de acuerdo a la densidad de árboles en cada uno de ellos. De acuerdo a estos resultados, se observaron diferencias ($P > 0.01$) en todas las variables evaluadas. La densidad de árboles fue mayor en el Sitio Ab(e)184 de Punta Mita, donde se observaron 270 árboles por hectárea de menor talla a los observados en los Sitios Ab(e)181 de las Parejas y el Ab(e)183 de Vado del Cora, donde los árboles presentes mostraron una mayor altura, grosor de tallo y circunferencia de tallo. La productividad anual por árbol fue diferente ($P < 0.01$) entre Sitios con 154.7, 61.4 y 22.6 kg MS árbol⁻¹ para Ab(e)183-VC, Ab(e)181-P y Ab(e)184-PM, respectivamente.



CUADRO 1. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA Y COMPONENTES DEL FRUTO DE CAPOMO (*Brosimum alicastrum*) EN TRES SITIOS DE SELVA MEDINA SUBCADUCIFOLIA EN EL ESTADO DE NAYARIT.

SITIO	Producción mensual de materia seca (kg ha ⁻¹)				Comp. de Fruto (%)		Relación
	Mensual	Total Acu.	Hoja	Fruto	Pulpa	Semilla	Pulpa: Semilla
Ab(e) 181-P	920 B ¹	4,601 B ²	573 B ²	348 B ²	39.8 A ²	60.2 B ²	0.67: 1 B ²
Ab(e) 183 -VC	1,857 A	9,283 A	766 A	1,090 A	40.1 A	59.9 B	0.96: 1 A
Ab(e) 184-PM	1,219 B	6,094 B	806 A	413 B	36.4 B	63.6 A	0.57: 1 B

^{AB} Literales diferentes entre columnas indican diferencias (P<0.05)¹ y (P<0.01)² entre sitios.

CUADRO 2. PRODUCCIÓN DE HOJA Y FRUTO POR ARBOL DE CAPOMO (*Brosimum alicastrum*) EN TRES SITIOS DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA EN EL ESTADO DE NAYARIT.

Sitio	Densidad (pl ha ⁻¹)	Producción mensual (kg MS pl ⁻¹)			Total	Relación
		Mensual	Hoja	Fruto	Acumulado	Hoja:Fruto
Ab(e)181-P	75 B	12.27 B	7.64 B	4.64 B	61.35 B	1.64:1
Ab(e)183 -VC	60 B	30.95 A	12.77 A	18.17 A	154.72 A	0.70:1
Ab(e)184-PM	270 A	4.51 C	2.99 C	1.53 C	22.57 C	1.95:1

^{AB} Literales diferentes entre columnas indican diferencias (P<0.01) para producción de materia

En el Cuadro 3, se muestra la distribución mensual de alimento (hoja + fruto) para cada sitio evaluado. Excepto para el mes de abril, la producción de hoja + fruto presentó diferencias (P<0.05) entre sitios. La disponibilidad de hoja + fruto inició en febrero y se acentuó (P<0.05) de marzo a junio con una producción superior a los 1,195 kg MS ha⁻¹. La mayor producción (P<0.05) de productos alimenticios se observó consistentemente a partir de marzo en el sitio Ab(e)183-VC, lo cual se confirma con los 9,283 kg MS ha⁻¹ de producción acumulada para este sitio (Cuadro 1).

CUADRO 3. DISTRIBUCION MENSUAL EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTO DE CAPOMO (*Brosimum alicastrum*) EN TRES SITIOS DE SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA EN EL ESTADO DE NAYARIT.

Sitio	Producción mensual de materia seca (Hoja + Fruto, kg MS ha ⁻¹)				
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Ab(e) 181-P	268 Bc	1,580 Aba	454 Abc	1,069 Bab	1,228 Bab
Ab(e) 183-VC	1,047 Ab	3,263 Aa	1,777 Aab	1,676 Abab	1,521 Aab
Ab(e) 184-PM	182 Bb	1,100 Bab	1,354 Aa	2,009 Aa	1,450 Aba
Promedio	499 b	1981 a	1195 ab	1584 a	1400 a

^{AB} Literales mayúsculas diferentes dentro de columnas indican diferencias (P<0.05) entre sitios por mes.

^{ab} Literales minúsculas diferentes dentro de reglones indican diferencias (P<0.05) por sitio entre meses.

La producción de hoja presentó diferencias (P<0.05) entre sitios vegetativos y meses, cuya disponibilidad en los tres sitios evaluados inició a partir de febrero hasta alcanzar los máximos niveles en mayo y junio (Figura 1) en los sitios Ab(e)184-PM y Ab(e)183-VC con 1,944 y 1,521 kg MS ha⁻¹, respectivamente. Similarmente, la disponibilidad de fruto también inició en febrero y fue diferente (P<0.05) entre sitios y meses. Sin embargo, la mayor disponibilidad de fruto se



concentra en el mes de marzo y en menor grado durante abril, observándose consistentemente la mayor productividad para el sitio Ab(e)183-VC con 2,961 y 1369 kg MS ha⁻¹, respectivamente (Figura 2). Los resultados obtenidos en la producción y disponibilidad de productos alimenticios derivados del Capomo en los tres sitios de la SMSC durante los meses más críticos de la época de sequía, confirman la importancia de *Brosimum alicastrum* en la alimentación del ganado durante la época de sequía (Pardo–Tejeda y Sánchez, 1983).

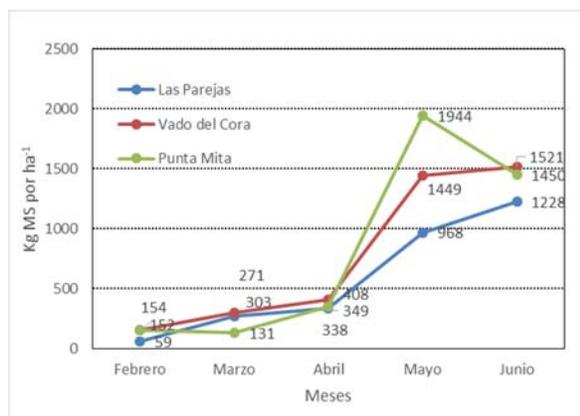


Figura 1. Producción de hoja de Capomo (*B. alicastrum*) en tres Sitios de SMSC en el Estado de Nayarit. Sitios y meses fueron ($P < 0.05$).

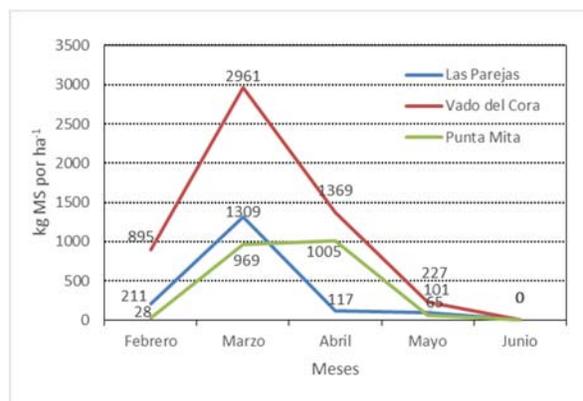


Figura 2. Producción de fruto de Capomo (*B. alicastrum*) en tres Sitios de SMSC en el Estado de Nayarit. Sitios y meses fueron ($P < 0.05$).

Conclusiones

La productividad de los tres sitios o “Capomeras” de la SMSC evaluados, muestra que tanto la producción como la disponibilidad de alimento para ganado en pastoreo varían entre sitios y meses. Por la producción y distribución de productos alimenticios a través del año, el árbol de Capomo (*Brosimum alicastrum*), representa una alternativa viable y económica para la alimentación del ganado en épocas críticas.

Literatura Citada

- COTECOCA-SARH. 1979. Memoria de los Coeficientes de Agostadero en el Estado de Nayarit. México, D.F. 196 p.
- Lascano, E. C. 1991. Producción Animal en Pasturas Tropicales. En: J. Pérez P. y J. Herrera H. (Eds.). Evaluación de Praderas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. pp 63-79.
- Pardo-Tejeda, E.; C. Sánchez M. 1983. Ramón, Capomo, Ojite, Ojoche *Brosimum alicastrum*. Recurso silvestre tropical desaprovechado. INIRB. Xalapa, Ver. 30 p.
- Steel, R. G. D.; J. H. Torrie 1980. Principles and procedures of statistics. 2nd. Ed. McGraw-Hill Book Co. N.V. 633 p.
- Stoddart, L. A.; A. D. Smith; T.W. Box. 1975. Range Management. 3rd. Ed. McGraw-Hill Book Co.
- Villanueva – Avalos, J. F. 2015. Producción de pastizales y manejo de praderas en el Estado de Nayarit. INIFAP – CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico Núm. 5. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 151 p.



COMPORTAMIENTO MORFOLÓGICO Y PRODUCTIVO DE CINCO CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* SCHUM. BAJO DIFERENTES PERIODOS DE DEFOLIACIÓN

MORPHOLOGICAL AND PRODUCTIVE PERFORMANCE OF FIVE CULTIVARS OF *Pennisetum purpureum* SCHUM. UNDER DIFFERENT PERIODS OF DEFOLIATION

José Francisco Villanueva Avalos^{1*}, J. Vidal Rubio Ceja¹ y Filiberto Herrera Cedano¹

¹ INIFAP – Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Km. 6 Entronque Carr. Internacional México-Nogales. A.P. 100. Santiago Ixcuintla, Nayarit. C.P. 63300. *villanueva.francisco@inifap.gob.mx.

Resumen

Con el objetivo de conocer el comportamiento productivo como respuesta a cuatro frecuencias de defoliación (60, 90, 120 y 150 días), se evaluaron cuatro materiales de *Pennisetum purpureum*: Maralfalfa, CT-115, Roxo y OM-22. La evaluación se realizó en el Sitio Experimental "El Verdineño" – INIFAP, ubicado en la región central de Nayarit, México. El clima es cálido subhúmedo, con precipitación promedio anual de 1201mm y una temperatura media de 24 °C. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (0.05). Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), densidad de tallos (DT), tasa de crecimiento (TC), rendimiento de forraje verde (RFV) y rendimiento de forraje seco (RFS). El comportamiento de los cuatro materiales de *Pennisetum* fue diferente ($P<0.01$) entre materiales y frecuencias de defoliación, en todas las variables bajo estudio. El material de *Pennisetum* con el mejor comportamiento en todas las variables fue OM-22, mientras que la frecuencia de 150 días fue la que presentó los valores más elevados en las variables bajo estudio. Se concluye que el OM-22 presenta la mejor opción como forraje de corte para las condiciones de Nayarit comparado con los otros materiales de *Pennisetum* evaluados.

Palabras clave: *Pennisetum*, Forraje, Morfología, Producción, Forraje, Defoliación.

Abstract

With the objective to know the productive performance in response to forth defoliation frequency (60, 90, 120 and 150 days) were evaluated forth *Pennisetum purpureum* materials: Maralfalfa, CT-115, Roxo and OM-22. The evaluation was realized at the Experimental Station "El Verdineño" - INIFAP, located in the central region of Nayarit, Mexico. The climate is warm subhumid, with average annual precipitation of 1201 mm and 24 °C average annual temperature. The experimental design used was randomized complete blocks with three replicates and the comparison of means was performed by Tukey Test (0.05). The evaluated variables were plant height (AP), tiller density (DT), growth rate (TC), green forage yield (RFV) and dry forage yield (RFS). The performance on forth *Pennisetum* materials was different ($P<0.01$) into materials and defoliation frequency, over all evaluated variables. The OM-22 *Pennisetum* material was superior over all evaluated variables; whereas 150 days defoliation frequency was superior over other defoliation frequencies in all evaluated variables. It concludes that OM-22 *Pennisetum* material represent the best cutting fodder under Nayarit conditions.

Key words: *Pennisetum*, Forage, Morphology, Production, Defoliation.



Introducción

El problema fundamental de la ganadería tropical radica en la alimentación de los animales durante la época seca. En Nayarit, este periodo crítico dura de siete a ocho meses, en los cuales tanto la disponibilidad como la calidad del forraje disminuyen considerablemente, provocando con ello pérdidas de peso y hasta la muerte de los animales (Morillo, 2014). Sin embargo, se reconoce que los pastos son la fuente de alimento más apropiada y económica para el ganado, debido a su diversidad, su plasticidad ecológica y la posibilidad de que sean cultivados durante todo el año. Por otro lado, existe la posibilidad de introducir germoplasma forrajero novedoso como una de las principales vías para incrementar su productividad (Quero *et al.*, 2007).

La especie forrajera de corte más usada en Nayarit, después de la caña de azúcar, es *Pennisetum purpureum* Schum., debido a su persistencia, utilización (corte o pastoreo), elevada productividad y calidad del forraje. Además, por su rusticidad y plasticidad se adapta a una amplia diversidad de suelos y condiciones climáticas adversas (altas temperaturas y bajas precipitaciones) (Estrada, 2003). De acuerdo a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento morfológico y productivo de cinco cultivares de *P. purpureum* sometido a diferentes periodos de defoliación, bajo las condiciones agroclimáticas de la región central de Nayarit, México.

Materiales y Métodos

El estudio se condujo en el S. E. El Verdineño, INIFAP, ubicado a 60 msnm, clima tropical subhúmedo Aw₂, con una precipitación pluvial de 1201 mm y una temperatura media anual de 24 °C. La época de seca fluctúa entre siete y ocho meses al año. Los suelos son franco arcillosos de color rojo y café rojizo *in situ* y coluvial. El tipo de vegetación natural corresponde a una selva mediana subcaducifolia (SPP, 1981).

Los tratamientos evaluados consistieron en los cultivares de *P. purpureum* Schum.: Taiwan, CT-115, Maralfalfa, OM-22 y Roxo, recolectados en el golfo de México y actualmente disponibles en el Banco de Germoplasma de Recursos Genéticos del S. E. "Verdineño", INIFAP. La siembra se llevó a cabo con material vegetativo por triplicado en parcelas de 24 m² (4x6 m) con cinco surcos separados a 1.0 m y 2.0 m entre parcelas. La parcela útil fueron 2 m² de los tres surcos centrales para cada periodo de corte. El manejo agronómico fue el tradicionalmente recomendado para esta especie forrajera por INIFAP.

Los periodos de defoliación evaluados fueron a los 60, 90, 120 y 150 días después del corte de homogenización. Las evaluaciones se realizaron en los tres surcos centrales de la parcela útil, considerando las variables: **Altura de planta** (cm) medida en cinco plantas por parcela desde el ras del suelo hasta la punta del tallo; **Densidad de tallos por planta** (# pl⁻¹) estimada en cinco plantas por parcela útil; **Rendimiento de forraje** (ton MV y MS ha⁻¹) estimado en una sola cosecha a través de cortes del forraje disponible a 20-25 cm del suelo; **Tasa de crecimiento** (kg MS ha⁻¹ día⁻¹) estimada dividiendo el rendimiento de forraje obtenido entre los días de crecimiento y, finalmente la **relación hoja:tallo** (RHT) del forraje cosechado a los diferentes tiempos. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (5x4), con tres repeticiones y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P<0.05).



Resultados y Discusión

La altura y densidad de tallos por planta de los cultivares evaluados se muestra en el Cuadro 1. La altura de planta no presentó diferencias ($P>0.05$) entre materiales (270 ± 6 cm), pero si entre periodos de defoliación, observándose un incremento ($P<0.05$) en el porte a medida que el periodo de corte fue mayor, fluctuando desde 234 cm a los 60 días hasta los 311 cm a los 150 días del corte. La densidad de tallos por planta fue mayor ($P<0.05$) en OM-22 y CT-115 con 18 y 13.7 tallos pl^{-1} , respectivamente. Por otro lado, la mayor ($P<0.05$) cantidad de tallos se presentó a los 90 días con 18.7 tallos pl^{-1} , observándose una cantidad considerable de tallos en crecimiento activo. La interacción cultivar*periodo no fue significativa ($P>0.05$) en ambas variables. La altura de plantas observada en este estudio es ligeramente menor a la reportada anteriormente por Enríquez *et al.* (2014) para estos materiales (333 ± 27 cm) en Veracruz; sin embargo, la densidad de tallos en este caso fue mayor a la reportada (8 a 11 tallos $macolla^{-1}$) por estos autores.

CUADRO 1. RESPUESTA MORFOLÓGICA Y DENSIDAD DE TALLOS DE CINCO CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* SCHUM. EN RESPUESTA A DIFERENTES PERIODOS DE DEFOLIACIÓN.

Variable/ Periodo/ Cultivar	Altura de planta (cm)					Densidad de tallos (Núm. pl^{-1})				
	60	90	120	150	Prom.	60	90	120	150	Prom.
Maralfalfa	236 ^{ns}	244	259	318	264 ^{NS}	11.0 ^{ns}	18.0	12.5	9.5	12.8 ^B
Taiwan	219	244	288	321	268	14.6	18.0	12.1	9.7	13.6 ^B
CT - 115	231	228	303	322	271	11.7	17.9	13.3	12.0	13.7 ^{AB}
Roxo	212	268	279	307	267	11.4	14.4	8.2	10.9	11.3 ^B
OM - 22	270	277	285	284	279	17.0	25.0	14.5	15.5	18.0 ^A
Promedio	234^c	252^c	283^b	311^a		13.1^b	18.7^a	12.1^b	11.5^b	

A,B: Literales mayúsculas dentro de columna indican diferencias ($P<0.05$) entre cultivares.

a,b: Literales minúsculas dentro de reglón indican diferencias ($P<0.05$) entre periodos de corte.

NS, ns; No significativo.

La producción de forraje presentó diferencias ($P<0.05$) entre cultivares (Cuadro 2), periodos de defoliación y la interacción de ambos. La producción de forraje verde y seco se incrementó ($P<0.05$) a medida que el periodo de defoliación se prolongó, observándose rendimientos de 58.9 a 92.4 y de 9.8 a 23.5 ton MV y MS ha^{-1} de los 60 a los 150 días, respectivamente. El cultivar más sobresaliente fue el OM-22 con un promedio de 133.5 y 28.6 ton MV y MS ha^{-1} , respectivamente, observándose lo mayores rendimientos a los 150 días con 166 y 39.0 ton MV y MS ha^{-1} , respectivamente. Rendimientos superiores (126 a 141 y 31 a 42 ton MV y MS ha^{-1} , respectivamente) fueron registrados en dos cosechas a intervalos de 180 días y apoyo de riego para estos mismos materiales en Veracruz (Enríquez *et al.*, 2014).

Las tasas de crecimiento y la relación hoja:tallo (RHT) estimadas (Cuadro 3), muestran diferencias ($P<0.05$) entre cultivares para ambas variables. El efecto del periodo de corte no fue significativo ($P>0.05$) para tasas de crecimiento, cuyo promedio fue de 159 ± 4 kg MS $ha^{-1} día^{-1}$, sin embargo, se observaron diferencias ($P<0.05$) entre cultivares, sobresaliendo OM-22 con 269 kg MS $ha^{-1} día^{-1}$. La RHT (1:1) presentó diferencias ($P<0.05$) entre cultivares y periodos de defoliación, observándose una mayor RHT en Taiwan y OM-22 con índices de 0.73 y 0.72 a 1, respectivamente, similares a los observados en Maralfalfa y CT-115 con 0.69 y 0.67, pero diferentes ($P<0.05$) a los observados en Roxo con solo 0.57:1. La RHT decreció ($P<0.05$) en el forraje cosechado a los 60

días con 0.92:1 a 0.49:1 a los 150 días. La interacción cultivar*periodo de corte no presentó diferencias ($P<0.05$) en ninguna de estas dos variables. En este caso, ambas variables presentaron una tendencia a decrecer a medida que el intervalo de corte fue mayor, lo cual representa un patrón natural a medida que el forraje disponible va avanzando en su fenología.

CUADRO 2. RENDIMIENTO DE FORRAJE DE CINCO CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* SCHUM. EN RESPUESTA A DIFERENTES PERIODOS DE DEFOLIACIÓN.

Variable/ Periodo/ Cultivar	Forraje verde (ton MV ha ⁻¹)					Forraje seco (ton MS ha ⁻¹)				
	60	90	120	150	Prom.	60	90	120	150	Prom.
Maralfalfa	50.2 ^{Cc}	77.5 ^{Ba}	63.2 ^{Bb}	74.8 ^{Ca}	66.4^B	8.9 ^{Bc}	13.0 ^{BCb}	13.5 ^{CDb}	18.3 ^{Da}	13.4^{BC}
Taiwan	64.7 ^{Ba}	61.3 ^{Ca}	64.5 ^{Ba}	69.7 ^{Ca}	65.0^B	10.9 ^{Bd}	13.9 ^{Bc}	17.8 ^{Bb}	20.6 ^{Ca}	15.8^B
CT - 115	52.8 ^{Cc}	60.5 ^{Cbc}	62.6 ^{Bb}	92.1 ^{Ba}	67.0^B	8.8 ^{B^{Cc}}	10.9 ^{CDc}	14.1 ^{Cb}	22.3 ^{Ba}	14.0^{BC}
Roxo	47.9 ^{Cb}	49.9 ^{Db}	46.4 ^{Cb}	59.4 ^{Da}	50.9^C	6.8 ^{Cc}	8.8 ^{Dc}	12.1 ^{Db}	17.1 ^{Da}	11.2^C
OM - 22	78.6 ^{Ac}	130.5 ^{Ab}	158.8 ^{Aa}	166.0 ^{Aa}	133.5^A	13.8 ^{Ad}	25.4 ^{Ac}	36.4 ^{Ab}	39.0 ^{Aa}	28.6^A
Promedio	58.9^c	75.9^b	79.1^b	92.4^a		9.8^d	14.4^c	18.8^b	23.5^a	

A,B: Literales mayúsculas dentro de columna indican diferencias ($P<0.05$) entre cultivares.

a,b: Literales minúsculas dentro de reglón indican diferencias ($P<0.05$) entre periodos de corte.

CUADRO 3. TASAS DE CRECIMIENTO Y RELACIÓN HOJA:TALLO DE CINCO CULTIVARES DE *Pennisetum purpureum* SCHUM. EN RESPUESTA A DIFERENTES PERIODOS DE DEFOLIACIÓN.

Variable/ Periodo/ Cultivar	Tasa de crec. (kg MS ha ⁻¹ día ⁻¹)					Relación Hoja:Tallo (1:1)				
	60	90	120	150	Prom.	60	90	120	150	Prom.
Maralfalfa	148 ^{ns}	144	113	122	132^{BC}	0.91 ^{ns}	0.73	0.61	0.50	0.69^{AB}
Taiwan	182	154	148	137	155^B	1.02	0.71	0.65	0.52	0.73^A
CT - 115	146	121	118	149	133^{BC}	0.90	0.69	0.54	0.54	0.67^{AB}
Roxo	114	98	101	114	107^C	0.81	0.60	0.47	0.39	0.57^B
OM - 22	229	282	303	260	269^A	0.98	0.88	0.55	0.49	0.72^A
Promedio	164^a	160^a	157^a	156^a		0.92^a	0.72^b	0.56^c	0.49^c	

A,B: Literales mayúsculas dentro de columna indican diferencias ($P<0.05$) entre cultivares.

a,b: Literales minúsculas dentro de reglón indican diferencias ($P<0.05$) entre periodos de corte.

NS, ns: No significativo.

Conclusiones

El cultivar OM-22 presentó características sobresalientes de adaptación y productividad bajo los diferentes periodos de defoliación evaluados en comparación con Taiwan, Maralfalfa, CT-115 y Roxo. El periodo de utilización sugerido es a los 90 días, influenciado por la mayor tasa de crecimiento de numerosos rebrotes vegetativos, lo que repercute en una mayor productividad de forraje verde y seco. Sin embargo, se sugiere fortalecer estos resultados con análisis de calidad del forraje de los cultivares evaluados.



Literatura Citada

- Enríquez, Q. J. F., F. E. Cab J., I. López G., N. F. Nicolás y M. Montero L. 2014. Producción anual de biomasa de cuatro cultivares de *Pennisetum purpureum* a diferentes distancias de siembra, en la región central de Veracruz. V Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Nuevo Vallarta, Nayarit. Trabajo no. 27, p 213 -217.
- Estrada, J. J. 2003. Producción, valor nutricional y composición mineral de *Pennisetum purpureum* CT-115, con aplicaciones de mejoradores del suelo en ambiente salino. PhD. Tesis. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Morillo, D. 2014. Efectos de la época seca sobre la producción forrajera y bovina. Rev. Agronomía Vol. 11 (2): 24-36. Univ. Del Zulia Venezuela. ISSN: 0378-7818.
- Quero, C. A. R.; Enríquez, Q. F. J. y Miranda J. L. 2007. Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o Status Quo. Interciencia Vol. 32 (8): 567-571.
- SPP (Secretaría de Programación y Presupuesto). 1981. Síntesis Geográfica de Nayarit. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D. F. 221 p.

MESA DE TRABAJO

HIDROLOGÍA DE PASTIZALES



PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN TRES USOS DIFERENTES DE SUELO EN CALERA DE VÍCTOR ROSALES, ZACATECAS.

SEDIMENT PRODUCTION IN THREE DIFFERENT LAND USES IN CALERA VICTOR ROSALES, ZACATECAS.

Gustavo Carmona Godina¹, Ramón Gutiérrez Luna², Miguel A. Velásquez Valle³, Ignacio Sánchez Cohen⁴, Palmira Bueno Hurtado⁴, Oscar Ulises Burciaga³ y Gerardo Esquivel Arriaga⁴.

¹Unidad Académica de Biología-UAZ, ²INIFAP-CIRNOC-CEZAC, ³INIFAP-CIRNE-CAES, ⁴INIFAP-CENID-RASPA.

²Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zac.
gutierrez.ramon@inifap.gob.mx

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres tipos de cobertura sobre la producción de sedimentos, bajo condiciones de lluvia simulada. El estudio fue llevado a cabo en el municipio de Calera de Víctor Rosales, Zacatecas., en el Campo Experimental Zacatecas del Centro de Investigación Regional Norte Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se utilizó un simulador de lluvias programable, portátil, computarizado, de aspersores tipo III, para cubrir un lote de escurrimiento de 2 m de longitud por 1 m de ancho. La simulación de lluvia se llevó a cabo en tres coberturas vegetales sobre el suelo; A) pradera con pasto rhodes, B) chamizo y C) vegetación nativa. En el tratamiento A no ocurrió pérdida de suelo, en cambio para los tratamientos B y C se procedió al análisis de DMS $P < 0.05$, y se estimó que producen en promedio una cantidad de sedimentos de 218.5 g m^{-2} y 223.8 g m^{-2} (equivalente a 0.2238 y 0.2185 t ha^{-1}) respectivamente.

Palabras clave: Tipos de vegetación, Producción de sedimentos, Infiltración.

Introducción

Zacatecas es un Estado en el cual las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería (Gutiérrez et al., 2007), lo que ha llevado a un uso desmedido de los ecosistemas y así a un gran deterioro ambiental de manera continua y progresiva (Echavarría et al., 2007). Para esta misma entidad federativa, el sobrepastoreo se estimó en 140%, con valores de coeficiente de agostadero promedio para el pastizal mediano abierto de 12 ha/UA (Echavarría et al., 2015). Debido a esto y al desplazamiento de la cobertura vegetal nativa de las zonas destinadas a la agricultura se alteran poco a poco las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo que afecta los procesos hidrológicos (Echavarría et al., 2007). El mejoramiento de las propiedades físicas, garantiza que el suelo funcione adecuadamente. Este funcionamiento se refiere a que el suelo debe trabajar como una “esponja”, al absorber, retener y almacenar el agua de lluvia que



logra infiltrarse (Velásquez et al., 2012). Echavarría et al., (2009) reporta que en áreas de pastizal o de uso pecuario la superficie estatal de Zacatecas es clasificada con un alto deterioro es de más de 994 mil hectáreas aumentando con ello las posibilidades de que las pérdidas por erosión hídrica sean mayores. El uso racional de este, favorece la recuperación de la cobertura vegetal posterior a un periodo de corte o consumo y promueve el mejoramiento de las condiciones de infiltración de agua en el suelo (Echavarría et al., 2007). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres tipos de cobertura sobre la producción de sedimentos bajo condiciones de lluvia simulada.

Materiales y Métodos

Diseño experimental

El diseño experimental fue por bloques completamente al azar.

En este estudio se utilizó un simulador de lluvias programable, portátil, computarizado, de aspersores tipo III, desarrollado en la Universidad de Purdue de West Lafayette, Indiana, USA.

Para este estudio en particular se tomó un módulo del equipo de simulación para cubrir un lote de escurrimiento de 2 m de longitud por 1 m de ancho y antes de hacer los trabajos de campo se calibró para determinar la curva de calibración que permite relacionar el número de oscilaciones por minuto y la intensidad de la lluvia dejando como constante la presión del sistema en 6 lb pulg⁻². La colocación de las boquillas con relación a la superficie del suelo fue de 2 metros.

El número de repeticiones fueron 4 por tratamiento y la unidad experimental fue la parcela de escurrimiento.

La simulación de lluvia se llevó a cabo en tres tratamientos de manejo: (A) Pradera con zacate rhodes; (B) Pradera con chamizo; (C) Pastizal con vegetación nativa. El tiempo de la simulación de lluvia en cada repetición fue de 50 minutos, tomando mediciones de la lámina precipitada (pluviómetro estándar) y de la lámina escurrida (cubeta calibrada) a intervalos de cada cinco minutos.

Se registraron los tiempos al momento de que se comenzó a detectar encharcamiento del agua sobre la superficie del suelo en la parcela y al momento que el agua comenzaba a escurrir por la rampa de salida del escurrimiento.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables consideradas para este estudio fueron: Cobertura aérea o foliar, rugosidad superficial, textura del suelo, frente de humedecimiento, obtención de sedimentos y los volúmenes de agua escurridos.

Análisis estadístico



Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) entre tratamientos con el diseño experimental de bloques completamente al azar con el objetivo de encontrar diferencias estadísticas tanto de la producción de sedimentos como de aquellas variables que más influyeron en este proceso. El análisis de varianza y comparación de media fue por el método de Duncan $P < 0.05$, utilizando SAS-PROC GLM (SAS, 2002). Se utilizó el coeficiente de correlación Pearson que es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1. La correlación Pearson ha sido utilizada en pastizales (Wilcox et al., 1998) para medir el grado de covariación entre variables relacionadas linealmente; en la cual las variables independientes (que pueden incluir aspectos de suelo, vegetación, cobertura, pendiente) se relacionan con variables dependientes como la tasa de infiltración, el volumen escurrido y/o la producción de sedimentos.

Resultados y Discusión

La producción de sedimentos medida como la concentración de suelo expresada en (g m^{-2}) por tratamiento y para cada una de las repeticiones se presenta en el Tabla 1. Los valores promedio de la producción de sedimentos oscilaron entre cero y 223.8 g m^{-2} . Como puede observarse en la misma, el rango entre el valor máximo y el mínimo en las repeticiones del tratamiento de la parcela con chamizo es de 361 unidades; mientras que en las parcelas de pastizal nativo el valor del rango es de 342.7 unidades.

Esta similitud en la amplitud de los rangos de los valores máximos y mínimos la cual se ve reflejada de igual manera en la desviación estándar de cada tratamiento. Es determinante para hacer un planteamiento más adecuado el número de pruebas hidrológicas correctas para así obtener información con mayor representatividad de este proceso, en los tratamientos de manejo.

El análisis de varianza de esta variable indicó que existe una diferencia estadística entre tratamientos ($P \leq 0.01$) (Tabla No. 1). Esta tendencia está determinada en mayor parte por el comportamiento de la producción de sedimentos de las praderas de zacate rhodes; las cuales no tuvieron pérdidas de suelo. Considerando lo anterior, se procedió al análisis de DMS $P < 0.05$. Como resultado se estimó que los tratamientos de vegetación nativa y chamizo producen en promedio una cantidad de sedimentos de 223.8 y 218.5 g m^{-2} , (equivalente a 0.2238 y 0.2185 t ha^{-1}) respectivamente. Estos valores pueden ser considerados como aceptables en el sentido de que se encuentran muy por debajo de la tasa de erosión permisible promedio de 12.5 t ha^{-1} (Hudson, 1981). La cual es considerada como tasa máxima aceptable para muchos suelos de pastizal. Los valores estimados de la pérdida de suelo se ubican en el rango de pérdidas admisibles (de 2 a 4 t ha^{-1}) para suelos con un subsuelo desfavorable y de escasa profundidad.

En las parcelas con zacate rhodes se obtuvo una menor producción de sedimentos ya que debido: a) el efecto de la cobertura vegetal del suelo (Selby, 1982), b) la profundidad y densidad de sus raíces se tiene una mejor fijación del suelo evitando la pérdida de éste.



SOMMAP

Tabla 1. Concentración de sedimentos en las parcelas de escurrimiento por tratamiento y repetición en el Campo Experimental de Zacatecas

TRATAMIENTO DE MANEJO DE LA VEGETACIÓN	Producción de sedimentos (g m ⁻²)						
	Repetición				Promedio	D.E.	SIG. P _≤ 0.05
	I	II	III	IV			
Pradera de zacate rhodes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0*	0.0	B
Pradera con chamizo	244.4	427.7	66.7	156.4	223.8 *	154.1	AB
Pastizal nativo	472.2	138.8	129.5	133.3	218.5 *	169.2	A

* (P<0.05) D.E. = Desviación estándar

Conclusiones

Según Morales et al., (2014) la producción de sedimentos se maximiza al reducirse la cobertura sobre el suelo, respuesta que es validada a través de este estudio al observar misma respuesta a la reducción de protección sobre el suelo.

Dicha tendencia es de gran valor en estudios o planes de manejo de cuencas ya que en aquellos sitios ecológicos frágiles es importante realizar un diagnóstico inicial acerca de la condición de los recursos naturales (agua, suelo y planta), posteriormente al identificar aquellos sitios vulnerables a la pérdida de suelo, se deben implementar prácticas de revegetación y/o incremento de la cobertura (vegetal o de residuos orgánicos) (Sotelo et al., 2005).

Por otra parte, a través del tiempo también se debe monitorear cada localidad donde se implementen prácticas de mejorar a fin de determinar su efecto sobre los recursos naturales, particularmente con la variable escurrimiento del agua de lluvia y la producción de sedimentos (Sotelo et al., 2005).

La implementación de prácticas de manejo en los pastizales aparte de tener un propósito de incrementar la productividad se debe contemplar de manera simultánea la estabilidad hidrológica del ecosistema (Pierson et al., 2007).



Literatura Citada

- Echavarría Ch. F. G.; Medina G. G.; Rumayor A. R. A. F.; Serna P.; Salinas G. H.; Bustamante W J. G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. México. Libro Técnico No. 10.
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, M.N. Flores, G.M. García, R.G. Gutiérrez, H.G. Salinas. 2015. Sistema de producción de forrajes de temporal y pastoreo de cabras, opción para la reconversión productiva. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, XIV (1): 29-40
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, R.V. Bañuelos, H.G. Salinas, M.J.N. Flores, R.G. Luna. 2007. Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el Altiplano de Zacatecas. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental; 11: 1-6.
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, R.V. Bañuelos, H.G. Salinas, M.J.N. Flores, R.G. Luna. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños ruminantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. Tec Pecu México; 45 (2): 177-194.
- Gutiérrez L.R., G.G. Medina, M.D.R Amador. 2007. CARGA ANIMAL DEL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO EN ZACATECAS (Tercer trimestre del 2007). Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental; 41: 1.
- Hudson, N. W. 1981. Soil Conservation. Cornell University Press. London.
- Mateo J.M.B., M. Carrera M., V. Galán S., F. Gonzales T., L. Hidalgo F., J.V. Moroto B., J. Navarro F., C. De la Puerta C., C. Rojas H., S. Zaragoza A. 2005. Prontuario de agricultura, cultivos agrícolas. Ministro de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España: 212-213.
- Morales C., J. Saborío., C. Brenes. 2014. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN DIFERENTES ESCENARIOS Y BAJO MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN UNA CUENCA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE AQUIN/SAINT LOUIS, HAITÍ. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica: 79.
- Pierson, F.B., W. H. Blackburn and S. S. Van Vactor. 2007. Hydrologic impacts of mechanical seeding treatments on sagebrush rangelands. Rangeland Ecol Manage; 60 (6): 666 – 674.
- Selby, M. J. 1992. Hillslope materials and processes. Oxford University Press, Oxford: 450.
- Sotelo E., N. Cardona, A. Fregoso, C. Enríquez, A. Garrido, G. Caires, H. Cotler. 2005. Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala. Instituto Nacional de Ecología: 9-111.
- Velásquez V.M.A, A.Á. Abraham, R.L. Gutiérrez, G.E. Garcia. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación de agua. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas; 46: 1-13.
- Wilcox, B. P., M. K. Wood and J. M. Tromble. 1988. Factors influencing infiltrability of semiarid mountain slopes. J. Range Manage; 41: 197 – 206



TECNOLOGÍA SATELITAL Y COMPUTACIONAL PARA DIFERENCIAR Y MEDIR SUPERFICIES DE SITIOS DE PASTIZAL EN RANCHOS/EJIDOS GANADEROS DE MÉXICO.

SATELLITE IMAGERY AND COMPUTER TECHNOLOGY TO DIFFERENTIATE AND MEASURE RANGE SITES OF CATTLE RANCH/EJIDOS, IN MEXICO.

Camerino Rojas Montes¹ y Ricardo Vásquez Aldape²

¹Consultor. Saltillo, Coah. rojas1781@gmail.com

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah.

Contacto: rvaldape@hotmail.com

Introducción

En muchos ranchos y ejidos ganaderos de México se desconoce la productividad forrajera, a lo largo del año, que permita la adecuada planeación del pastoreo. Con esto, los productores se limitan a una estimación de “carga animal adecuada”, o bien, en algunos casos estiman la producción de forraje con muestras de un solo sitio de pastizal para todo el rancho pero, como la vegetación del mismo no es homogénea los resultados no reflejan la producción real de forraje que permita determinar el tamaño del hato con precisión aceptable. Con el fin de aportar a la solución del problema anterior, en este trabajo se propone utilizar imágenes de satélite LANDSAT usando el “Índice de Vegetación”, o “Normalized Difference Vegetation Index” (NDVI) y la altitud del terreno para delimitar los diferentes sitios de pastizal y medir la superficie de cada uno de ellos en cada potrero y en el rancho/ejido para que, complementado con un muestreo de campo debidamente planificado, determinar la cantidad de forraje disponible a lo largo del año.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en tres ranchos ganaderos: “Santa Rita”, municipio de Camargo, Chihuahua; “Los Ángeles”, Saltillo, Coahuila y “Cuatralbo”, San Buenaventura, Coahuila.

Para este estudio se usó información geográfica de los ranchos (polígono del rancho), imágenes del satélite LANDSAT 8, con resolución espacial de 30 x 30 metros, frecuencia orbital de 16 días, programa computacional ARCGIS, modelo digital de elevación (MDE) con resolución de 15 metros (INEGI) y método de análisis de conglomerados aplicando la herramienta de “k-means”. Se descargaron las imágenes disponibles desde 2013 a la fecha y se procesaron con el programa ARC-GIS para calcular el índice de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). El cálculo de NDVI se hizo de la siguiente manera:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

Donde:

VIS = Rojo Visible (Banda 4)

NIR = Infrarojo Cercano (Banda 5)

Después de calcular el NDVI se eliminaron los píxeles con nubosidad, usando la banda o capa de calidad. Posteriormente, se hizo una conversión de los píxeles de 30 x 30 metros a puntos, para extraer el valor de NDVI y poder calcular los promedios de cada uno de los píxeles de todas



imágenes. Para obtener la altitud por pixel se usó la capa del Modelo Digital de Elevación (MDE) y finalmente se hizo el análisis de conglomerados con el promedio de NDVI y la altitud. Después de tener los “grupos” o los diferentes sitios de pastizal, el resultado de las agrupaciones se procesa en ARCGIS para calcular la superficie de cada uno de los sitios de pastizal, dentro del polígono geográfico (perímetro del rancho) establecido. Como referencia, se utilizan los 4 reportes generados de los 4 muestreos de campo (recomendados, para reconocer los cambios estacionales en la vegetación) efectuados en los sitios diferenciados, para determinar la producción de forraje en las cuatro estaciones del año.

Resultados y Discusión

Se presentan resultados de los tres ranchos ganaderos, “Santa Rita” (12,793 Ha), “Los Ángeles” (6,546 Ha) y Cuatralbo (12,000 Ha) con 9, 8, y 8 sitios, respectivamente, con superficie mínima de 2.4 Ha, según se reporta para “Santa Rita”. Los resultados obtenidos, que se derivan de los materiales y tecnologías aplicadas se muestran a continuación.

Rancho Santa Rita. Se usaron un total de 30 imágenes, del 2013 al 18 de septiembre de 2015, se obtuvieron 9 grupos (Figura 1), en la tabla 1 se muestran las características principales para cada sitio o grupo. Ver Anexo 1. Mapa 1. Sitios de pastizal del Rancho Santa Rita.

Tabla 1. Características de los sitios de pastizal del Rancho Santa Rita

SITIO	PROMEDIO NDVI	ALTITUD (msnm)	SUPERFICIE (Ha)
1	0.2585	1615	1254
2	0.2510	1665	1423
3	0.2118	1625	2245
4	0.2084	1685	1689
5	0.3062	1571	385
6	0.2255	1576	2114
7	0.2338	1758	349
8	0.1848	1572	1824
9	0.2008	1532	1510
Superficie total del rancho			12,793

Nota: Cada número de sitio recibe el nombre que el equipo de trabajo decide utilizar (Matorral de Mezquite, Matorral Parvifolio Espinoso, Matorral Parvifolio Espinoso de Mezquite-Prosopis glandulosa), según sea el usuario (ejidatario, ganadero privado, institución gubernamental o privada, etc) del mapa.

Rancho Los Ángeles. Se usaron un total de 23 imágenes, del 2013 al 15 de octubre de 2015, se obtuvieron 8 grupos. En la tabla 2 se muestran las características principales para cada sitio o grupo. Ver Anexo 2. Mapa de sitios de pastizal del Rancho Los Ángeles.



SOMMAP

Tabla 2. Características de los sitios de pastizal del rancho Los Ángeles

SITIO	PROMEDIO NDVI	ALTITUD (msnm)	SUPERFICIE (Ha)
1	0.4442	2274	182
2	0.3054	2209	1381
3	0.3166	2273	356
4	0.3482	2357	228
5	0.3033	2162	1617
6	0.3529	2210	648
7	0.2983	2116	1484
8	0.3494	2146	650
Superficie total del rancho			6546

Rancho Cuatralbo. Se usaron un total de 36 imágenes o recorridos del satélite, del 2013 al 18 de junio de 2016, se obtuvieron 10 grupos (Mapa 3), en la tabla 3 se muestran las características principales para cada sitio o grupo. Ver Anexo 3. Mapa 3. Sitios de pastizal del Rancho Cuatralbo

Tabla 3. Características de los sitios de pastizal del Rancho “Cuatralbo”.

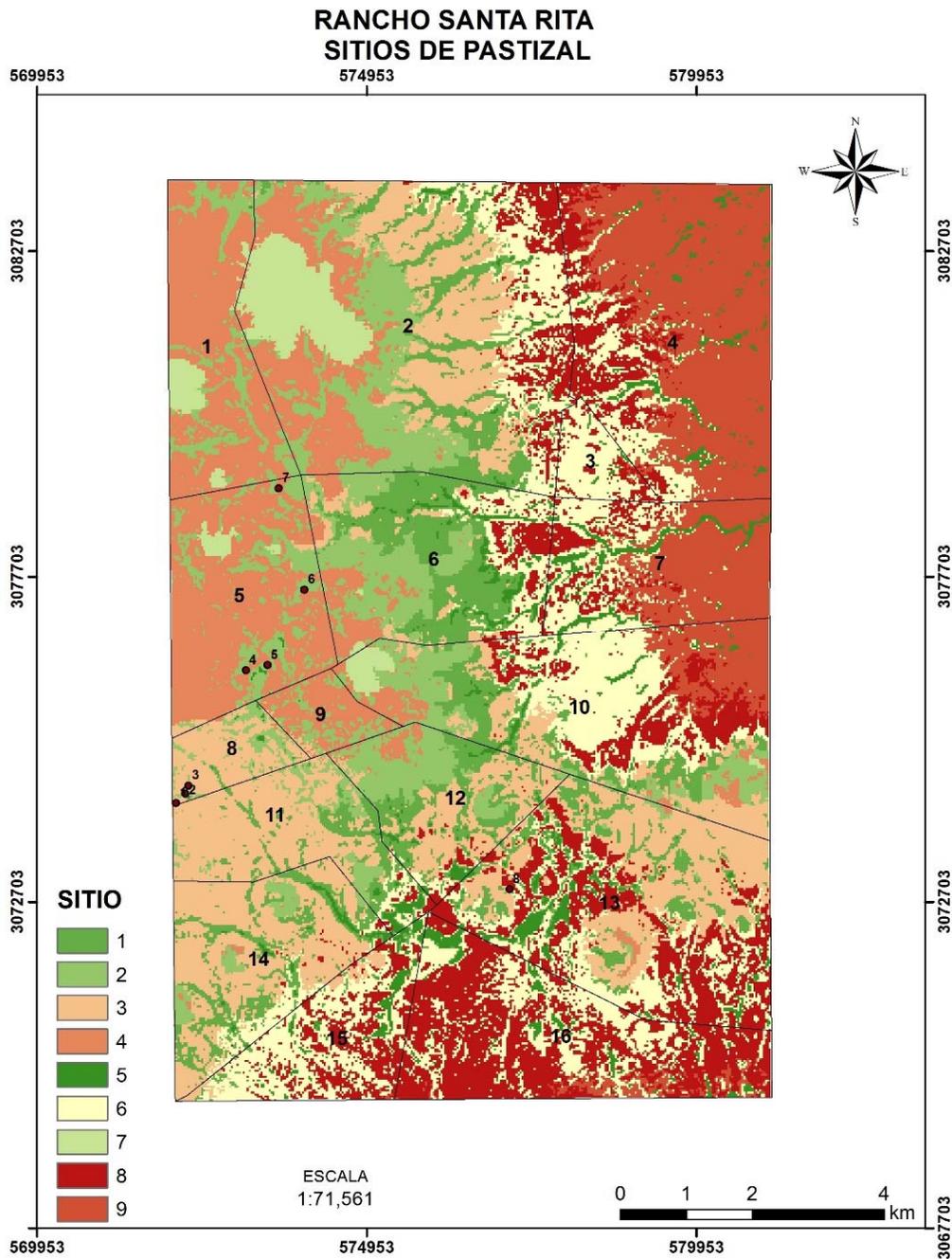
3.

SITIO	PROMEDIO NDVI	ALTITUD (msnm)	SUPERFICIE (Ha)
1	0.4102	1528	1267
2	0.4320	1666	794
3	0.4495	1879	174
4	0.3451	1388	1930
5	0.4434	1412	1165
6	0.2972	1307	3048
7	0.3844	1244	1469
8	0.2457	1245	2154
Superficie total del rancho			12000

Características de los sitios de pastizal del Rancho “Cuatralbo”.

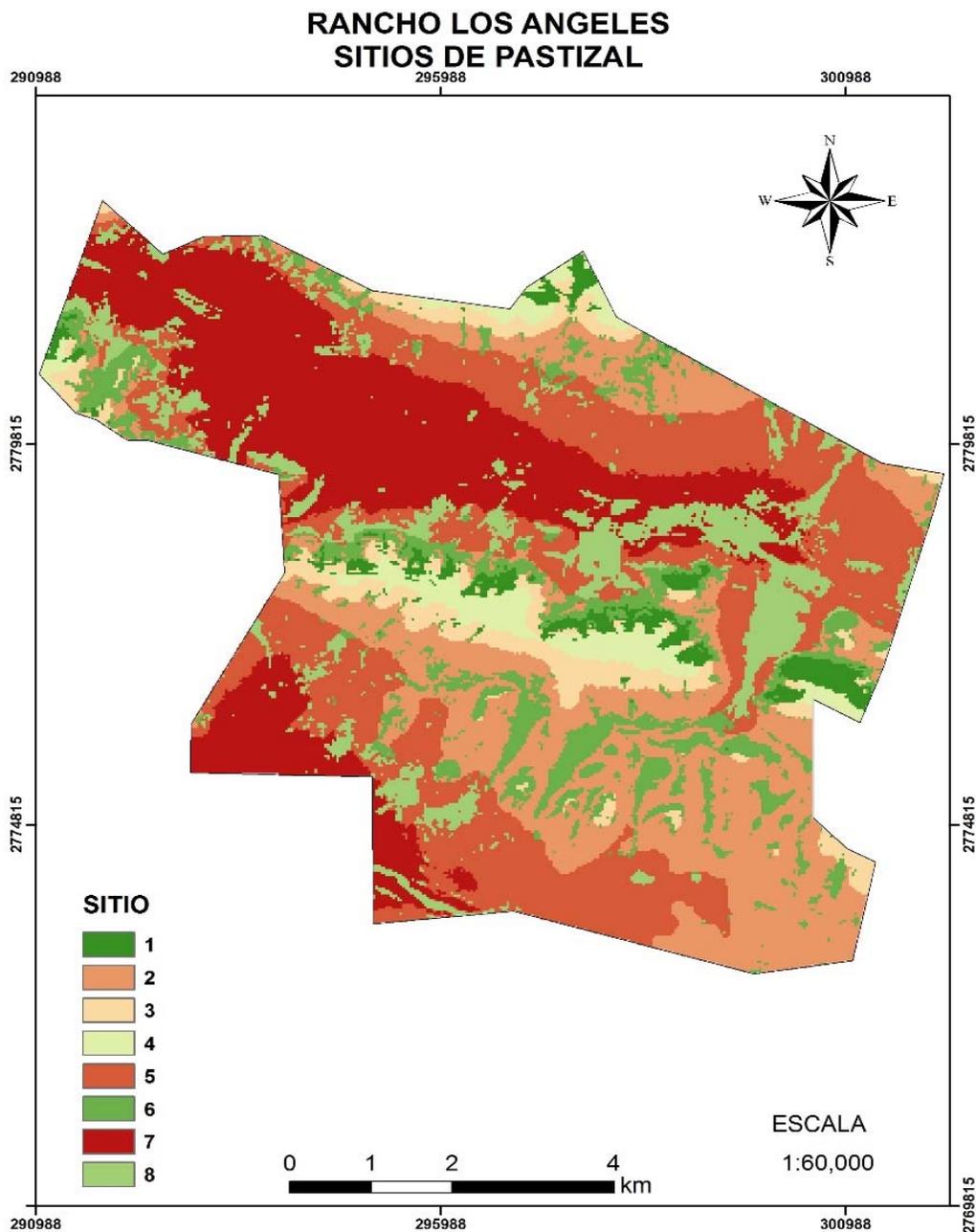


Anexo1. Mapa de Sitios de pastizal del Rancho “Santa Rita”.





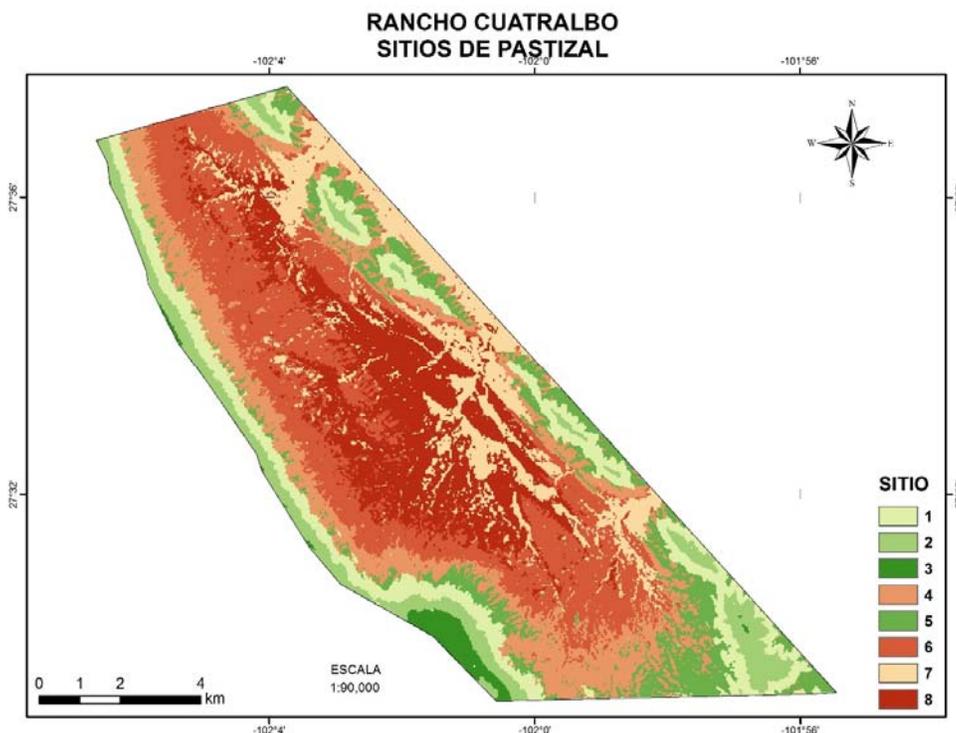
Anexo 2. Mapa de sitios de pastizal del Rancho “Los Ángeles”.





SOMMAP

Anexo 3. Mapa de sitios de pastizal del Rancho “Cuatralbo”.



Conclusiones

Con imágenes LANDSAT de los tres últimos años, usando el índice de vegetación NDVI, el modelo digital de elevación (MDE) para determinar la altitud del terreno, y con el uso de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como el programa ARC-GIS, se puede delimitar y obtener la superficie de los diferentes sitios de pastizal existentes dentro de un polígono geográfico (rancho, ejido, municipio), para un estudio o evaluación detallada del mismo (producción de forraje, área accesible de apacentamiento, etc.). Se estima que un rancho o ejido dentro del rango de superficies utilizadas en el presente ejercicio, se puede evaluar en un lapso de 4 días, si se dan las condiciones de adecuadas de entrenamiento, equipo, información geográfica y de vegetación obtenida en campo, etc. Asimismo, se puede determinar el grado de acceso del terreno, por el ganado bovino, en función de las altitudes y distancias determinadas con este procedimiento. Naturalmente que el respaldo de información de campo (coordenadas geográficas del polígono perimetral e interior de cada potrero del predio, reconocimiento de sitios en campo, muestreos, colecta de especies, etc.), son elementos indispensables.

Literatura Citada

- Ponvert Delisles, Dámaso y Andrés Lau, Quan. 2013. Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola. Universidad Agraria de La Habana (UNAH). Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 22, No. 4 (oct-nov-dic), 75-80 p.
- Schomwandt, David. 2015. Teledetección Aplicada a las Ciencias Agronómicas y Recursos Naturales. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina. 74 p.

COSECHA DE AGUA PARA USOS DIVERSOS, EN TERRENOS MONTAÑOSOS

Ricardo Vásquez Aldape¹ y Ricardo C. de León García².

¹Univ. Autónoma Agraria Antonio Narro. Depto. Rec. Nat. Renovables. Saltillo, Coah.

Contacto: rvaldape@hotmail.com

² Consultor independiente de proyectos agropecuarios. Saltillo Coah.

Resumen

En una cuenca hidrológica del rancho ganadero “El Tasajo” (*), municipio de General Cepeda, Coahuila, se llevó a cabo un proyecto de hidrología de pastizales para la captación de escorrentías de agua de lluvia para usos diversos (abrevaderos y uso doméstico) mediante la construcción de una pequeña obra civil y la instalación de 4 anillos o tanques metálicos para el almacenamiento del agua cosechada, lo que permitió reducir costos de operación en la producción pecuaria (ganado bovino, principalmente), en una zona de escasez de agua subterránea (2 pozos perforados en el predio y 6 pozos de más de 300 m de profundidad en un ejido colindante, sin resultados) y patrón climático errático. (*) Por razones de seguridad, se ha cambiado el nombre del predio

Palabras clave: Cosecha, agua, escorrentías, abrevaderos

Introducción

En el rancho donde se desarrolló el proyecto, los lomeríos y sierras bajas fueron, en el pasado reciente, utilizados en forma extensiva para el pastoreo de ganado bovino y caprino. Para el suministro de agua se utilizaban tanques (o estanques) con bordos de tierra, que frecuentemente ocasionaban apuros a los propietarios, ya que como se sabe, este tipo de infraestructura por lo regular capta bajos volúmenes de agua por los suelos altamente permeables y por la pendiente tan abrupta de los cañones serranos.

Materiales y Métodos

El rancho está localizado dentro de la serranía de la paila, en los límites entre el municipio de General Cepeda y el de Parras de la Fuente, Coahuila. Tiene una precipitación media anual de 350 milímetros, con veranos y épocas de sequía más o menos predecibles. El referido proyecto se desarrolló para la captación de escorrentías de agua de lluvia en uno de los potreros ubicados en la parte más alta del predio. Para el efecto, se efectuaron las acciones siguientes:

- 1.- Medición de la cuenca. Para el cálculo de superficie y posibles volúmenes de agua a captar, se utilizaron cartas topográficas del INEGI y equipos manuales como el GPS.
- 2.- Construcción de una cortina de captación y derivadora. El sitio seleccionado se ubicó en el lecho de uno de los cañones con mayor nivel de escurrimiento en cada evento de lluvia, donde se construyó una pequeña cortina de concreto. La cortina, además de captar los escurrimientos y encausarlos hacia una línea de conducción que conecta con la parte superior del tanque principal



de depósito, actúa como “desarenador” o área de sedimentación, para evitar la incorporación de materiales sólidos en el agua captada.

3.- Construcción de un tanque para el depósito de agua. El diseño es de tipo anillo australiano, de varias secciones de lámina de 3/16, unidas mediante tornillos y empaques de hule, con una capacidad de medio millón de litros, construido sobre una placa de concreto hidráulico de una resistencia de 150 Kg/cm², de 15 cm de espesor y reforzada con malla electrosoldada. El piso del tanque tiene un desnivel de aproximadamente un .5%, suficiente para lograr que se vacíe la mayor cantidad de agua posible, dejando un “tirante” de 15 cm en la salida, para no introducir sedimentos en la tubería. Además, el tanque tiene un recorte o ceja en el borde superior de 5 cm x 50 cm de ancho, en donde va adosada una canaleta que desemboca en forma casi vertical a un canal revestido de medio metro cuadrado de sección. Esta canaleta conduce los excedentes a un segundo tanque, que a su vez distribuye el agua mediante válvulas a otros depósitos corriente abajo.

4.- Construcción de 3 tanques adicionales, o secundarios, de un millón de litros cada uno. El primero recibe los excedentes del depósito principal antes descrito, el segundo está en el mismo cañón, y el tercero se ubica en un cañón paralelo con igual infraestructura de captura.

5.- Colocación de materiales flotantes. Estos son materiales (Polipropileno, o “nieve seca”, principalmente) que ayudan a reducir la evaporación del agua y evitar que el ahogamiento de aves.

6.- Colocación de materiales anti-lama. Cada tanque tiene atado en la orilla opuesta al punto de descarga del tanque anterior, un saco de polipropileno con cal apagada para evitar o minimizar la acidificación del agua almacenada y, con ello, evitar la formación de lama, la que llega a constituir un problema de taponamiento para la conducción del agua en tuberías.

7.- Instalación de bebederos para el ganado. Estos se instalaron en lugares alejados de la cimentación de los tanques, para evitar problemas de erosión de sus taludes.

8.- Mantenimiento de tanques. Consiste en el sellado en las juntas de las secciones que forman a cada tanque y repintado de paredes internas, tan frecuentemente como lo permite el vaciado del agua contenida. Además, en el primer tanque cada año se retira el sedimento y/o la materia orgánica acarreada en los escurrimientos captados de la cuenca.

9.- Distribución del agua. La distribución de agua y su disponibilidad en cantidad y calidad es un factor importante para el éxito de muchas unidades de producción, asentamientos humanos, pequeñas industrias etc. En el presente proyecto, estas instalaciones de almacenamiento de agua se conectaron a una red hidráulica con el fin de alimentar a los abrevaderos colocados en los potreros y de este modo, facilitar la aplicación de un sistema de rotación del pastoreo. Ver anexos.



Resultados

El proyecto ha probado ser una buena solución al problema que se tenía de suministro errático de agua al ganado, captada en estanques de tierra. En la actualidad se dispone de agua a lo largo del año y efectuar un pastoreo planificado. Los rendimientos de la inversión económica efectuada son considerados como satisfactorios.



Anexo 1. Cuenca hidrológica para captar la lluvia y tanque principal de cosecha o almacenamiento de agua. Arriba a la izquierda, vertedor que conecta con el canal de concreto para conducir el agua a los depósitos secundarios.



Anexo 2. Canal de conducción del agua captada, desde una pequeña cortina de concreto, al depósito principal.



Anexo 3. Fosa de captación y de sedimentación, con vertedor de demasías (arriba a la izquierda), conectando con el canal de conducción de agua.

Literatura Citada

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1975. Conjunto de datos geográficos de la carta de precipitación total anual del estado de Coahuila. escala 1:1,000,000 . México, D.F.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI). 2002. Carta Topográfica. Escala 1:50,000. Segunda edición.



RESPUESTA HIDROLÓGICA DE TRES TIPOS DE COBERTURA VEGETAL SOBRE EL SUELO, EN ZACATECAS

HYDROLOGICAL RESPONSE OF THREE TYPES OF VEGETATION COVER ON THE GROUND IN ZACATECAS

Gustavo Carmona¹, Ramón Gutiérrez*² y Miguel A. Velásquez³.

¹ Unidad Académica de Biología-UAZ, ² Campo Experimental Zacatecas-INIFAP. Km 24.5 Carr. Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zac., gutierrez.ramon@inifap.gob.mx. ³ Campo Experimental Saltillo-INIFAP.

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de tres tipos de cobertura sobre el volumen de agua escurrido, bajo condiciones de lluvia simulada. El estudio fue llevado a cabo en el municipio de Calera de Víctor Rosales, Zacatecas., en el Campo Experimental Zacatecas del Centro de Investigación Regional Norte Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Se utilizó un simulador de lluvias programable, portátil, computarizado, de aspersores tipo III, para cubrir un lote de escurrimiento de 2 m de longitud por 1 m de ancho. La simulación de lluvia se llevó a cabo en tres coberturas vegetales sobre el suelo; A) pradera con pasto rhodes, B) chamizo y C) vegetación nativa. En el tratamiento A se presentó un volumen escurrido de 0.5 l m⁻² no ocurrió pérdida de suelo, en los tratamiento B y C se presentaron los valores más altos del volumen escurrido (192.9 y 207.0 l m⁻², respectivamente).

Palabras clave: Tipos de vegetación, volumen escurrido, Infiltración.

Abstract

The aim of the study was to determine the effect of three types of coverage on the volume of water drained under conditions of simulated rain. The study was carried out in the municipality of Calera Victor Rosales, Zacatecas., In Zacatecas Experimental Research Center North Regional Center of the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP). Programmable rain simulator, portable, computerized, type III sprinklers was used to cover a lot of runoff of 2 m long by 1 m wide. The rain simulation was carried out in three mulches on the ground; A) rhodes grass prairie, B) and C chamizo) native vegetation. In the treatment of a drained volume of 0.5 l m⁻² soil loss did not occur in the treatment B and C the highest values of runoff volume were presented was presented (192.9 and 207.0 l m⁻², respectively).

Keywords: Types of vegetation, runoff volume, Infiltration



Introducción

Zacatecas es un Estado en el cual las principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería (Gutiérrez et al., 2007), lo que ha llevado a un uso desmedido de los ecosistemas y así a un gran deterioro ambiental de manera continua y progresiva (Echavarría et al., 2007). Para esta misma entidad federativa, el sobrepastoreo se estimó en 140%, con valores de coeficiente de agostadero promedio para el pastizal mediano abierto de 12 ha/UA (Echavarría et al., 2015). Debido a esto y al desplazamiento de la cobertura vegetal nativa de las zonas destinadas a la agricultura se alteran poco a poco las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo que afecta los procesos hidrológicos (Echavarría et al., 2007). El mejoramiento de las propiedades físicas, garantiza que el suelo funcione adecuadamente. Este funcionamiento se refiere a que el suelo debe trabajar como una “esponja”, al absorber, retener y almacenar el agua de lluvia que logra infiltrarse (Velásquez et al., 2012). Echavarría et al., (2009) reporta que en áreas de pastizal o de uso pecuario la superficie estatal de Zacatecas es clasificada con un alto deterioro es de más de 994 mil hectáreas aumentando con ello las posibilidades de que las pérdidas por erosión hídrica sean mayores. El uso racional de este, favorece la recuperación de la cobertura vegetal posterior a un periodo de corte o consumo y promueve el mejoramiento de las condiciones de infiltración de agua en el suelo (Echavarría et al., 2007). El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres tipos de cobertura sobre el volumen de agua escurrido bajo condiciones de lluvia simulada.

Materiales y Métodos

Diseño experimental

El diseño experimental fue por bloques completamente al azar.

En este estudio se utilizó un simulador de lluvias programable, portátil, computarizado, de aspersores tipo III, desarrollado en la Universidad de Purdue de West Lafayette, Indiana, USA.

Para este estudio en particular se tomó un módulo del equipo de simulación para cubrir un lote de escurrimiento de 2 m de longitud por 1 m de ancho y antes de hacer los trabajos de campo se calibró para determinar la curva de calibración que permite relacionar el número de oscilaciones por minuto y la intensidad de la lluvia dejando como constante la presión del sistema en 6 lb pulg⁻². La colocación de las boquillas con relación a la superficie del suelo fue de 2 metros.

El número de repeticiones fueron 4 por tratamiento y la unidad experimental fue la parcela de escurrimiento de 1x3m.

La simulación de lluvia se llevó a cabo en tres tratamientos de manejo: (A) Pradera con zacate rhodes; (B) Pradera con chamizo; (C) Pastizal con vegetación nativa. El tiempo de la simulación de lluvia en cada repetición fue de 50 minutos, tomando mediciones de la lámina precipitada (pluviómetro estándar) y de la lámina escurrida (cubeta calibrada) a intervalos de cada cinco minutos.

Se registraron los tiempos al momento de que se comenzó a detectar encharcamiento del agua sobre la superficie del suelo en la parcela y al momento que el agua comenzaba a escurrir por la rampa de salida del escurrimiento.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables consideradas para este estudio fueron: Cobertura aérea o foliar, rugosidad superficial, textura del suelo, frente de humedecimiento, obtención de sedimentos y los volúmenes de agua escurridos.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) entre tratamientos con el diseño experimental de bloques completamente al azar con el objetivo de encontrar diferencias estadísticas tanto de los volúmenes escurridos como de aquellas variables que más influyeron en el proceso de generación de escurrimiento superficial. El análisis de varianza y comparación de media fue por el método de Duncan $P < 0.05$, utilizando SAS-PROC GLM (SAS, 2002). Se utilizó el coeficiente de correlación Pearson que es un índice de fácil ejecución e, igualmente, de fácil interpretación. Sus valores absolutos oscilan entre 0 y 1. La correlación Pearson ha sido utilizada en pastizales (Wilcox et al., 1998) para medir el grado de covariación entre variables relacionadas linealmente; en la cual las variables independientes (que pueden incluir aspectos de suelo, vegetación, cobertura, pendiente) se relacionan con variables dependientes como la tasa de infiltración, el volumen escurrido y/o la producción de sedimentos.

Resultados y Discusión

La información hidrológica obtenida de las pruebas de infiltración con el simulador de lluvia en los tratamientos anteriormente descritos se presenta como el volumen escurrido en cada parcela; el cual es expresado en $l\ m^{-2}$. En la Tabla 1 se presenta la información sobre la respuesta hidrológica en cada una de las parcelas de escurrimiento por tratamiento y repetición.

El análisis de varianza sobre el escurrimiento superficial indicó que existió diferencia estadística ($P \leq 0.01$) entre tratamientos (Tabla 1) por lo cual se procedió al análisis de Duncan al nivel de $P < 0.05$ de probabilidad. Las diferencias estadísticas del volumen escurrido entre tratamientos son atribuidas a las condiciones de superficie y a las propiedades físicas de los suelos para cada parcela y entre tratamientos.

Los resultados de las pruebas con el simulador de lluvia indican que la pradera con zacate rhodes (Tratamiento 1) presentó las condiciones de cobertura, de la capa superficial y de la matriz del suelo para que los volúmenes escurridos resultaran más bajos con respecto al resto de los tratamientos evaluados en este estudio.

El comportamiento hidrológico anterior se debe en parte a la mayor cobertura sobre el suelo del zacate rhodes, ya que se registró en promedio de las cuatro repeticiones más del 90% y en



SOMMAP

consecuencia se incrementó la tasa de infiltración y se redujo el volumen promedio escurrido a tan solo 0.5 litros m². Lo anterior coincide con lo reportado por Lang (1979; Bedunah y Sosebee, (1985) quienes encontraron de manera experimental en pequeñas parcelas de escurrimiento que al aumentar drásticamente la cobertura vegetal del suelo se observó una reducción del escurrimiento. Gamougoun et al (1984) señalan que bajo condiciones similares a las de estas parcelas (excluidas al pastoreo y con excelente cobertura vegetal) el suelo tiene un alto potencial de absorber la lluvia.

Por otro lado, otro aspecto que favoreció la reducción del escurrimiento en suelos con zacate rhodes fue que en promedio el suelo presentó el valor más alto del contenido de arena (47 %); porcentaje mayor hasta en 10% con respecto a parcelas de chamizo (36.5%) y pastizal nativo (26.5%) respectivamente.

En la parcela de rhodes se presentó un escurrimiento imperceptible, debido a la abundancia de cobertura y a la textura franca del suelo además de la rugosidad de éste, obteniendo en consecuencia una mayor cantidad de infiltración de agua (Mateo et al., 2005).

Por el contrario, en las parcelas con chamizo (Tratamiento 2) y de pastizal con vegetación nativa (tratamiento 3) se presentaron los valores más altos del volumen escurrido (192.9 y 207.0 l m⁻², respectivamente). Al reducirse la cobertura vegetal, se presentaron las condiciones en la superficie del suelo dentro de estas parcelas para favorecer el desplazamiento de los escurrimientos sobre la misma; evitando de esta manera que el agua sobre la superficie del suelo se infiltrara a horizontes subsuperficiales.

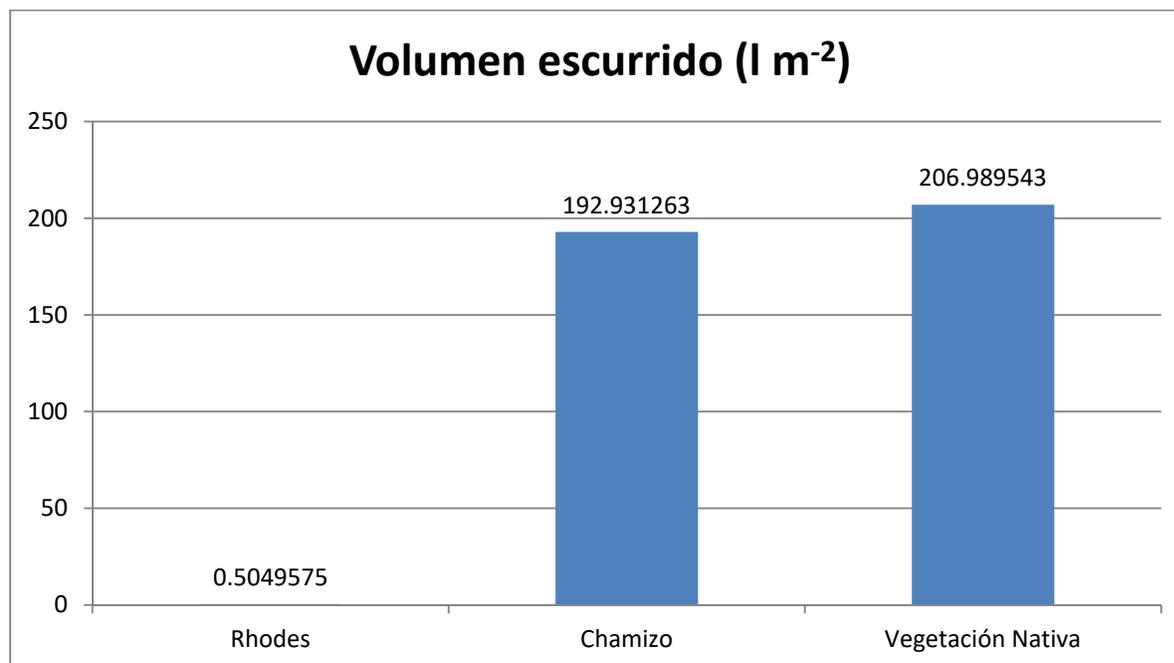
Tabla 2. Volúmenes aforados en las parcelas de escurrimiento por tratamiento y repetición

TRATAMIENTO DE MANEJO DE LA VEGETACIÓN	Volumen escurrido (l m ⁻²)						
	Repetición				Promedio	D.E.	SIG. P _≤ 0.05
	I	II	III	IV			
Pradera de zacate rhodes	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2*	0.3	B
Pradera con chamizo	68.5	80.5	52.3	55.9	64.3*	12.8	A
Pastizal nativo	78.4	66.3	71.9	59.4	69.0*	8.1	A

* (P<0.05) D.E. = Desviación estándar



Figura 1. Volúmenes de agua (l m^{-2}) escurridos en los tres tipos de tratamientos



Una práctica alterna en el manejo de los pastizales para reducir las pérdidas del agua de lluvia por escurrimiento superficial es aumentar la cobertura del suelo por la vegetación ya que así se mejora la captación y filtración de agua en el suelo (Morales et al., 2014).

Conclusiones

Al haber realizado la simulación de lluvia en los tres tipos de manejo de pastizal y obtener resultados a partir de ello, fueron medidos los volúmenes de agua escurrida en cada uno de los escenarios determinando así en cual tratamiento se perdía más agua en este caso el escenario de manejo de vegetación nativa.

El funcionamiento de los ecosistemas depende directamente del tipo de suelo con el que se cuenta y el uso que se le dé por el hombre, ya que de esto depende que pueda retener una mayor o menor cantidad de agua antes de que comience el proceso de escurrimiento.

Literatura Citada

- Bedunah, D. J., and R. E. Sosebee. 1985. Influence of site manipulation on infiltration rates of a depleted West Texas range site. *J. Range Manage*; 38: 200–205.
- Echavarría Ch. F. G.; Medina G. G.; Rumayor A. R. A. F.; Serna P.; Salinas G. H.; Bustamante W J. G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención



- tecnológica y el ordenamiento ecológico. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. México. Libro Técnico No. 10.
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, M.N. Flores, G.M. García, R.G. Gutiérrez, H.G. Salinas. 2015. Sistema de producción de forrajes de temporal y pastoreo de cabras, opción para la reconversión productiva. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, XIV (1): 29-40
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, R.V. Bañuelos, H.G. Salinas, M.J.N. Flores, R.G. Luna. 2007. Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el Altiplano de Zacatecas. *Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental*; 11: 1-6.
- Echavarría C.F.G., A.P. Serna, R.V. Bañuelos, H.G. Salinas, M.J.N. Flores, R.G. Luna. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Tec Pecu México*; 45 (2): 177-194.
- Gutiérrez L.R., G.G. Medina, M.D.R. Amador. 2007. CARGA ANIMAL DEL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO EN ZACATECAS (Tercer trimestre del 2007). *Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental*; 41: 1.
- Lang, R. D. 1979. Effect of ground cover on surface runoff. *J. Soil Conserv. NSW35*, 108-114.
- Mateo J.M.B., M. Carrera M., V. Galán S., F. Gonzales T., L. Hidalgo F., J.V. Moroto B., J. Navarro F., C. De la Puerta C., C. Rojas H., S. Zaragoza A. 2005. *Prontuario de agricultura, cultivos agrícolas*. Ministro de agricultura, pesca y alimentación. Madrid, España: 212-213.
- Morales C., J. Saborío., C. Brenes. 2014. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN DIFERENTES ESCENARIOS Y BAJO MODELOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN UNA CUENCA DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DE AQUIN/SAINT LOUIS, HAITÍ. *Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*, Turrialba, Costa Rica: 79.
- Velásquez V.M.A, A.Á. Abraham, R.L. Gutiérrez, G.E. Garcia. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación de agua. *Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas*; 46: 1-13.
- Wilcox, B. P., M. K. Wood and J. M. Tromble. 1988. Factors influencing infiltrability of semiarid mountain slopes. *J. Range Manage*; 41: 197 – 206



PRODUCTIVIDAD DE ALFALFA CON TRES REGIMENES DE HUMEDAD EN UN SISTEMA DE RIEGO SUBSUPERFICIAL

PRODUCTIVITY OF ALFALFA UNDER THREE HUMIDITY LEVELS WITH SUBSURFACE IRRIGATION SYSTEM

Iván Méndez¹, Ricardo A. Sánchez^{2*}, Héctor Gutiérrez¹, Miguel Servin², Alberto Muro¹, Francisco J. Gutiérrez¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. 98500. ²Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México. *Autor de correspondencia: sanchez.ricardo@inifap.gob.mx

Resumen

La disminución del agua disponible para riego debido a factores como, abatimiento de mantos freáticos, disminución de cuencas hidrológicas superficiales, y sequías recurrentes, genera la necesidad de evaluar mejores sistemas y diferentes láminas de riego, sin afectar la productividad y calidad de la alfalfa. El objetivo fue establecer la productividad y eficiencia hídrica de la alfalfa en riego por goteo subsuperficial (RGS), estableciendo tres láminas de riego. Para lo cual, se establecieron como tratamientos 3 láminas de riego 100% (T1), 80% (T2), y 60% (T3). Las variables evaluadas fueron: forraje verde (FV), forraje seco (FS), materia seca (MS), proteína cruda (PC), altura de la planta (Alt), producción de hojas (HJ), producción de tallos (TLL), productividad del agua (PA), productividad del agua total (PAT) y área foliar (AF). Los tratamientos en la mayoría de las variables no observaron diferencias estadísticas significativas ($P > 0.05$), sólo en FV (kg/ha; $P < 0.01$) promediando 27,170 (T1), siendo diferentes a los otros tratamientos de 19,630 (T2) y 20,897 (T3), y en productividad del agua siendo T1 y T2 (70.41 y 73.63, respectivamente), diferentes a T3 (100.38). Se concluye que la gran cantidad de lluvia que se presentó durante el presente experimento, disminuyó los posibles efectos del estrés hídrico al que se sometió la alfalfa, sin embargo, se concluye que durante lluvias se puede disminuir hasta en 40% las láminas de riego sin afectar productividad de la materia seca.

Palabras clave: Alfalfa, Riego, estrés hídrico, forraje, calidad.

Introducción

La alfalfa es la principal especie forrajera que se cultiva en todo el mundo y es uno de los cultivos más importantes en la producción de leche y carne. Como alimento puede satisfacer la mayoría de los requerimientos nutricionales. A nivel nacional, Zacatecas se encuentra posicionado en el noveno lugar en la producción de alfalfa verde con 81 ton/ha. Mientras que a nivel estatal este cultivo es el séptimo de orden importancia (SIAP 2014). Por otro lado, el potencial productivo de la alfalfa está en función de la interacción de factores climáticos, genéticos y manejo (Medina et al., 2004).



En cuestión de manejo, el riego tradicional que se emplea en alfalfa consiste en inundar la parcela (melga) con una lámina de agua sobre la superficie del suelo, en el cual, se llevan demasiadas pérdidas debido a evaporación, percolación y escurrimiento. Lo anterior refleja una baja productividad del agua y un potencial de disminuir los niveles de los mantos freáticos. Zacatecas cuenta con un inventario de más de 900 mil cabezas de ganado (SIAP 2014), por lo tanto, es necesario encontrar alternativas sustentables para la producción de alimentos, sobre todo en forrajes. Una alternativa para el ahorro de agua en la producción de cultivos es el riego por goteo subsuperficial (RGS), ya que se ha comprobado que el sistema conserva el agua e incrementa la producción y calidad de los cultivos (Camp, 1998). Sin embargo, a la fecha existe poca información sobre la respuesta productiva de alfalfa bajo déficit hídrico. El objetivo del trabajo fue evaluar la producción y calidad de forraje, componentes de rendimiento y la productividad del agua de alfalfa bajo tres condiciones de humedad en riego subsuperficial en Zacatecas.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en los terrenos Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas 102° 39' 34.0" longitud oeste y 22° 54' 31.3" latitud norte con una altitud de 2197 msnm. El suelo es de tipo Kastanozem con pH de 7.5 y una profundidad aproximada de 1 m. El clima es semiárido y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. Previo al establecimiento del sistema de riego sub-superficial (12 de noviembre), se preparó el terreno mediante un subsuelo profundo-cruzado, seguido de un paso de rastra y se aplicó en todos los tratamientos una tonelada de composta. Para la instalación de la cintilla sub-superficial se utilizó una de calibre 8 mil con un gasto por emisor de 0.97 Lts/hr y una separación entre emisores de 20 cm. La cintilla se colocó a una profundidad de 0.20 m con una separación entre líneas regantes de 0.40 m. La siembra se realizó el 26 de noviembre del 2015. La variedad que se utilizó fue CUF 101 con una densidad de 12 kg/ha. Adicionalmente se instaló un sistema de riego superficial para aplicar riegos y asegurar el establecimiento del cultivo. A los 33 días se suspendió el riego superficial para comenzar los tratamientos mediante la cintilla sub-superficial. La aplicación de los riegos se realizó con 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(15). En los tratamientos aplicados se consideró; el 100% de evapotranspiración (T1), 80% de evapotranspiración (T2) y 60% de evapotranspiración. La superficie por cada tratamiento fue de 400 m² (Figura 2). El primer corte se realizó únicamente como estandarización de las parcelas. Al segundo corte se realizaron tres muestras aleatorias dentro de cada tratamiento. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (ALT), forraje verde (FV), materia seca (MS), forraje seco (FS), porcentaje de hojas (HJ), porcentaje de tallos (TLL), productividad del agua (PA) y área foliar (AF). Para obtener la producción de forraje verde (FV) se tomaron tres muestras por parcela de 1X1 m² y se pesó en una báscula electrónica, se tomaron 300 g los cueles se colocaron bolsas de papel perforadas e identificadas y se llevaron a una estufa de resistencias a una temperatura de 65° C durante 72 horas. Para el rendimiento de forraje seco (FS) se multiplicó la materia seca por el forraje verde. En ALT se midió desde el nivel del suelo hasta la punta de la inflorescencia más alta, para el porcentaje de hojas (HJ) y porcentaje de tallos (TLL) se sumaron los resultados de los pesos secos de las hojas y los tallos de las muestras obtenidas en un cuadrante de 20X20 cm después de estar durante 72 horas



SOMMAP

en la estufa NAPCO modelo 630 a 60°C y después se dividió el peso seco de la hoja P.S.H entre el resultado de la suma anteriormente mencionada, lo mismo se realizó para el porcentaje de los tallos. Para la productividad del agua (PA) se obtuvo de las láminas de riego aplicadas a las parcelas. Para determinar las láminas de riego para cada tratamiento se utilizó una estación meteorológica la cual mediante el Kc específico de cada cultivo Bravo et al (2006) se determina la evapotranspiración. El área foliar se obtuvo mediante la implementación de un sistema en el que se utilizó una cámara web de 15 mega pixeles y una computadora de escritorio de las parcelas se tomaron tres muestras de 20X20 cm, dos de las muestras recolectadas de cada parcela se le quitaron las hojas y puestas sobre una mesa se utilizó la cámara web y la computadora para obtener una imagen digital y el área foliar. El análisis de datos se realizó mediante un diseño completamente al azar mediante el procedimiento “Proc GLM” de SAS (System Analytic Statistics) y la separación de las medias fue mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos no arrojaron grandes diferencias estadísticas en cuanto a las variables: Alt, MS, FS, HJ, Tallo, y AF, pero si una ligera diferencia en las siguientes: PA, FV. Las plantas presentaron una altura desde 54 hasta 73.7 cm. En la producción de forraje seco los rangos obtenidos fueron desde 3654.24 a 4080.83 Kg Ms ha. Los porcentajes de materia seca obtenidos fueron desde: 13.95 hasta 23.16. Los rangos de hojas y tallos fueron 1124.38 a 2978.92 Ton ha y 496.49 a 2792.15 Ton ha respectivamente. El área foliar fue desde 1.84 a 2.498 cm². En el forraje verde que fue una de las variables que si presento variabilidad, los rangos fueron de 16340 hasta 28860 Ton ha y la productividad del agua 63.67 a los 107.53 mm. Los resultados obtenidos demuestran que no se presentaron diferencias significativas debido a eventos climatológicos que no se pueden controlar como lo es la lluvia, ya que las láminas de riego más las precipitaciones permitieron que los tratamientos del 80 y 60% se pusieran a la par del tratamiento del 100%.

En un estudio realizado en la comarca lagunera se encontró que los requerimientos de agua para la alfalfa son de 1.40 m por año, pero se aplica una lámina de agua de 2.5 m (Inzunza, 1984⁴), lo anterior ha ocasionado que el agua no solamente en esta región, sino en todo México, se esté convirtiendo en un recurso mu escaso y caro. El sistema de riego subsuperficial (RGS) conserva el agua e incrementa significativamente la producción y calidad de los cultivos (Camp, 1998). Además del sistema de riego subsuperficial existen otros más. El riego tradicional que se emplea en los cultivos de alfalfa, consiste en inundar la parcela (melga) con una lámina de agua sobre la superficie del suelo. En trabajos experimentales se ha encontrado que aplicando la misma cantidad de agua en los dos sistemas de riego, el superficial y subsuperficial, el radio de humedecimiento es un 10% menor en el RGS que en el superficial. Sin embargo, el área y el volumen humedecido son un 26 y 46% mayor que en el superficial (Ben-Asher y Phene, 1993). De acuerdo con lo anterior, el incremento en la producción de alfalfa con la utilización del riego por goteo subsuperficial, comparado con el sistema de riego superficial, puede ser de 20 a 50% (Mead *et al.*, 1993).

Además, con el riego por goteo subsuperficial la superficie del suelo se mantiene seca y la humedad en las capas inferiores se mantiene por debajo del punto de saturación, por lo que la evaporación



SOMMAP

del suelo y la percolación profunda, que representan las pérdidas más importantes de agua por el sistema de riego superficial, se minimizan; con lo que se puede disminuir hasta 50% el volumen de agua utilizado en este cultivo (Phene, 1999; Hanson *et al.*, 1997; Hartz, 1996).

Cuadro 1. Características agronómicas y productividad del agua en alfalfa bajo RGS en tres condiciones de humedad

Variable	T1	T2	T3	EEM	P=
FV, kg	27170 ^a	19630 ^b	20897 ^b	1835	0.01
FS, kg	4454	3726	3809	308	0.11
MS, %	16.45	19.38	18.23	2.11	0.43
PC, %	21.08	19.90	20.42	1.04	0.55
Alt, cm	72	61	67	6.28	0.27
HJ, kg	1830	1265	1853	520	0.48
Tallo, kg	2623	2460	1956	702	0.64
PA, mm	70.41 ^a	73.63 ^a	100.38 ^b	5.76	0.01
PAT, mm	21.76	19.40	21.24	1.55	0.35
AF, cm ²	2.20	1.70	1.91	0.27	0.32

Conclusiones

Los sistemas diferentes tratamientos nos mostraron grandes diferencias debido a que el efecto clima se hizo presente con eventos de lluvias que superaron el record histórico por lo que las plantas no presentaron estrés por falta de agua lo que permitió que los tratamientos estuvieran en un estado donde no hubo falta de agua por lo que las plantas pudieron realizar sus funciones fisiológicas normalmente y así no se afectó la calidad del forraje. Se pudo observar que en épocas de lluvia dependiendo de para que sea destinada la alfalfa se puede ahorrar una cantidad considerable de agua, a un más empleando el riego subsuperficial RGS.

Literatura Citada

- Allen R, Pereiras LS, Raeks D, Smith M. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma, Italia: FAO.
- Bravo-Lozano, A. G.; Salinas-González, H. y Velasco-Villegas, I. 2006. Importancia del fenómeno de la sequía. In: sequia: vulnerabilidad, impacto y tecnologías para afrontarla en el Norte Centro de México. Bravo, L. A. G.; Salinas, G. H. y Rumayor, R. A. F. (ed). Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. Calera de V. R. Zac. Libro técnico Núm. 4). 180p
- Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng. 41: 1353-1367
- Hartz, T.K. 1996. Water management in drip irrigated vegetable production. Hort Technology 6: 165-167.
- Hanson, B. R., L. Schwankl, S. Grattan, and T. Prichard. 1997. Drip irrigation for row crops. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California, Davis. Publication 3376. 238
- Inzunza I., M. A. 1989. Requerimientos hídricos de la alfalfa en la fase productiva. Informe de Investigación. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria. INIFAP-SARH. p. -14



SOMMAP

- Inzunza I.,M.A. 1989. Water Requirements of Alfalfa in the Productive Phase. Research Report. National Center of Disciplinary Research. INIFAP-SARH p.-14 Camp, C. R. 1998. Subsurface drip irrigation: A review. Trans. of the Am. Soc. Agric. Eng. 41: 1353-1367
- Maas, E: V. y G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance-Current Assesment. Journal of irrigation and drainage division. pp: 115-133
- Marble, V. L. (1996). Como maximizar la producción de alfalfa bajo condiciones semiáridas. Producción y manejo de forrajes para aumentar la eficiencia del ganado lechero. II Ciclo Internacional de Conferencias Sobre Nutrición y Manejo de Ganado Lechero. Gómez Palacio, Dgo. INIFAP-FIRA-LALA, 23.
- Medina GG, Ruiz CA. 2004. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). 1ª ed. México: INIFAP; 2004.
- Phene, C. J. 1999. Subsurface drip irrigation. Irrigation Journal 48: 1-8. Mead, R. M., R. B. Hutmacher, and C. J. Phene. 1993. Subsurface drip irrigation of alfalfa. *In*: Subsurface Drip Irrigation-Theory, Practices and Application. Fresno, Calif. California State University. Pub. No. 92. pp145-146
- Salinas, S. 2000. La producción de la alfalfa en México, pasado, presente y futuro. Memorias del congreso mundial de la leche. Querétaro, Qro. pp: 53-54.
- SAS. 2002. User Guide. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. version 9.1.
- Small, E, and M. Jomphe. 1988. A synopsis of the genus Medicago (Leguminosae). Can J. Bot. 67:3260-3294.
- Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). 2014. Anuario estadístico de la producción agrícola.



OPTIMIZACIÓN DE AGUA DE RIEGO EN AVENA (*Avena sativa* L.) PARA FORRAJE EN ZACATECAS

OPTIMIZATION OF IRRIGATION WATER IN FORAGE OATS (*Avena sativa* L.) IN ZACATECAS

^{1*}Miguel Servín Palestina*, ¹Guillermo Medina García, ¹Ricardo Sánchez Gutiérrez, ¹Alfonso Serna Pérez, ²Alfonso Domínguez Padilla

¹Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, CP 98500 Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. *servin.miguel@inifap.gob.mx

²Centro Regional de Estudios del Agua (CREA), Universidad de Castilla-La Mancha, Ctra. de Las Peñas, km 3.2, 02071 Albacete, España.

Resumen

La avena es un cultivo de importancia forrajera en Zacatecas. Presenta buen rendimiento de forraje verde y alto contenido de proteína. Además es un cultivo de baja demanda de agua de riego, ideal para producción de forraje en zonas áridas y semiáridas, pero en la región productora se desconocen los requerimientos hídricos del cultivo. El objetivo de este trabajo fue generar modelos de rendimiento de materia seca (YLD) y productividad del agua de riego (WP) en función de lámina de riego consumida (WU); así como obtener los rendimientos de materia seca máximos (YLD_{max}) y óptimos (YLD_{opt}) para hacer más eficiente el uso de agua en dos etapas fenológicas (grano masoso-lechoso y embuche). Los resultados se ajustaron a un modelo polinomial de segundo orden. En la etapa de embuche los resultados obtenidos fueron: WU_{max} de 48.32 cm con YLD_{max} de 7.31 t ha⁻¹; y WU_{opt} de 39.25 cm con WP_{max} de 1.85 kg m⁻³ha⁻¹ y YLD_{opt} de 6.89 t ha⁻¹. Para la etapa de masoso-lechoso la WU_{max} fue de 57.09 cm con un YLD_{max} de 12.75 t ha⁻¹; y para WU_{opt} de 45.30 cm la WP_{max} fue de 2.67 kg m⁻³ha⁻¹ y un YLD_{opt} de 11.75 t ha⁻¹. Los modelos son una excelente herramienta para la planeación de riego e incrementar la eficiencia en el uso de agua en la producción de avena forrajera.

PALABRAS CLAVE: Planeación, productividad del agua, funciones de respuesta, etapas fenológicas.

Abstract

The oat is a crop of forage importance in Zacatecas. It presents good performance of green fodder and high protein content. It is also a crop of low demand for irrigation water, ideal for forage production in arid and semiarid areas, but in the producing region crop water requirements are unknown. The aim of this work was to generate models of dry matter yield (YLD) and irrigation water productivity (WP) depending on irrigation water depth (WU); and to obtain maximum (YLD_{max}) and optimal (YLD_{opt}) dry matter yields to make more efficient use of water in two phenological stages (boot stage and doughy-milky grain). The results were fitted to a second order polynomial model. At the boot stage the results were: WU_{max} of 48.32 cm with YLD_{max} of 7.31 t ha⁻¹; and WU_{opt} of 39.25 cm with WP_{max} 1.85 kgm⁻³ha⁻¹ and YLD_{opt} of 6.89 t ha⁻¹. For Doughy-milky stage WU_{max} was 57.09 cm with a YLD_{max} of 12.75 t ha⁻¹; and for WU_{opt} of 45.30 cm, the WP_{max} was 2.67 kgm⁻³ha⁻¹ and a YLD_{opt} of 11.75 t ha⁻¹. The models are an excellent tool for planning irrigation and increase efficiency in water use in the production of fodder oats.

KEY WORDS: Planning, water productivity, response functions, phenological stages.



SOMMAP

Introducción

La avena es un cultivo de gran importación en México, ya que tiene una amplia adaptación climática (Sánchez *et al.*, 2014) y es fuente importante de alimento para la industria pecuaria de la cual se destina el 80% para uso como forraje (Espitia *et al.*, 2012). Se considera como un cultivo energético, con bajo contenido de proteína (Ghanbari-Bonjar, 2000) por lo que se utiliza como complemento de dieta para ganado. Además, es un cultivo de bajo requerimiento hídrico, por lo que representa una alternativa forrajera para regiones de climas secos. Zacatecas ocupa el sexto lugar en producción de avena forrajera en 2014 se sembró un total 111 mil 382 hectáreas y se obtuvo una producción aproximada de 700 mil toneladas, lo que dejó una derrama económica de 336 mil 535 pesos; Del total de avena forrajera sembrada en Zacatecas la de riego representa un 8% de la total de superficie sembrada y aporta el 50% de valor total de producción (SIAP 2014). Lo anterior indica la importancia de la aplicación oportuna del agua en el caso del riego, en comparación con la producción bajo condiciones de temporal (Servin 2015). Sin embargo, los altos costos de extracción y la disponibilidad del agua de riego son factores limitantes en la región (Popoca 2008). Además, se desconocen los requerimientos hídricos del cultivo lo que trae como consecuencia una mala distribución temporal del agua de riego, resultando algunas veces en aplicación de volúmenes excesivos y en otra carencia de humedad en etapas críticas para el cultivo y pérdidas de rendimiento (Sammis, 1981; Abdul-Jabbar *et al.*, 1982). El objetivo de este trabajo fue generar modelos de rendimiento de materia seca y productividad del agua de riego en función de lámina de riego consumida; así como obtener los rendimientos de materia seca máximos y óptimos para hacer más eficiente el uso de agua en dos etapas fenológicas (grano masoso-lechoso y embuche).

Materiales y Métodos

Los trabajos de investigación se realizaron en terrenos del Campo Experimental Zacatecas (CEZAC-INIFAP), ubicado a 22° 54' latitud Norte y 102° 39' longitud Oeste a una altitud media de 2,197 msnm. La temperatura media anual es de 14.6 °C, con acumulación promedio de frío de noviembre a febrero de ~ 600 unidades frío (UF). La precipitación media anual es de 416 mm, de los cuales el 75 % ocurre durante el verano (junio a septiembre) y el resto durante el invierno. La evapotranspiración media anual es de 1,609 mm (Medina y Ruiz 2004). El terreno es de textura franco-arcillosa, densidad aparente de 1.43 g cm⁻³ y pendiente de 0.75%.

El cultivo de avena se sembró en seco en 26/11/15 con la variedad Cuauhtémoc, usando una sembradora de precisión a doble hilera y densidad de siembra de 100 kg ha⁻¹. La dosis de fertilización (NPK) fue 150-60-00 (Urea y MAP solubles) fraccionada en 5 aplicaciones durante el ciclo. Los tratamientos se establecieron en un diseño en bloques completamente al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron 5 niveles de humedad en el suelo: 110, 100, 85, 65 y 50 del porcentaje de humedad aprovechable obtenida a partir de curvas de humedad (método de olla y membrana de presión). Durante la estación de crecimiento cada 5-6 días se muestreó la humedad en los primeros 60 cm de suelo utilizando una barrena tipo Veihmeyer. Con esta información se determinó la lámina de riego y momento de aplicación. El agua se aplicó con riego por goteo y el volumen de agua aplicada para cada tratamiento se determinó con un medidor de flujo. La unidad experimental fue de seis surcos a doble hilera de 0.76 m de ancho por 6.0 m de largo. La parcela útil fueron los dos surcos centrales con 2.5 m de largo; para cada muestreo. La cosecha de las plantas se realizó manualmente en los estados fenológicos de embuche y lechoso-masoso.



SOMMAP

Las variables evaluadas fueron rendimiento de forraje seco (kg ha^{-1} , YLD), lámina de riego aplicada (cm, WU) y productividad de agua de riego (WP). La WP fue la relación de YLD y WU esta última expresada en $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$. Se realizó análisis de varianza y comparación de medias usando el estadístico Tukey al 5% de probabilidad (SAS, 2002). Los modelos de rendimiento de materia seca y productividad del agua de riego en función de lámina de riego consumida se obtuvieron mediante una regresión en SAS con el procedimiento Stepwise, ajustándolos a un modelo polinomial de segundo orden. Para determinar la lámina de riego donde se maximiza el rendimiento y lámina de riego óptima para alcanzar la máxima productividad de agua de riego se utilizó la metodología de máximos y mínimos mediante la derivada de la tangente igual a cero.

Resultados y Discusión

Los resultados del análisis estadístico y promedio de rendimientos de materia seca (YLD) y productividad de agua de riego (WP) para las etapas fenológicas y láminas de riego se observan en el Cuadro 1. Los resultados del análisis estadístico mostraron que hubo diferencias significativas para ambas variables ($P < 0.05$), obteniendo un rendimiento máximo de materia seca de 7.69 y 12.78 t ha^{-1} para 48.7 y 55.1 cm de lámina de riego en la etapa de embuche y lechoso-masoso, respectivamente. Flores y colaboradores (2016) obtuvieron resultados muy similares (6.7 y 11.3 t ha^{-1} en etapa de embuche y lechoso) con la variedad Chihuahua en la misma zona agroecológica.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca y productividad de agua para el cultivo de avena en dos etapas fenológicas en Zacatecas México 2016.

EMBUCHE (117 DDS*)			LECHOSO-MASOSO (155 DDS)		
WU ₁ (cm)	YLD ₁ (t ha^{-1})	WP ₁ (kg m^3) ⁻¹	WU ₂ (cm)	YLD ₂ (t ha^{-1})	WP ₂ (kg m^3) ⁻¹
27.6	5.14±0.39 c	1.86±0.14 a	38.3	10.14±0.39 c	2.65±0.10 a
39.0	6.67±0.39 b	1.71±0.10 b	44.6	11.67±0.39 b	2.61±0.08 b
48.7	7.69±0.20 a	1.58±0.04 b	55.1	12.78±0.30 a	2.31±0.05 b
60.5	6.13±0.13 b	1.01±0.02 c	70.8	11.17±0.23 b	1.57±0.03 c
68.6	5.42±0.20 c	0.79±0.02 c	75.7	10.42±0.20 c	1.37±0.02 c

WU lamina de riego aplicada; YLD rendimiento de materia Seca; WP- productividad de agua de riego; *Días después de siembra. Medias con la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes según Tukey al 5%.

En la figura (1a). se muestran los resultados obtenidos para la primera etapa de muestreo, el modelo de rendimiento de materia seca (YLD₁) y productividad de agua (WP₁) (con coordenada al origen de 0), presenta un coeficiente de determinación de 85% considerado como aceptable para predicción. Mediante la metodología de la derivada, los resultados mostraron que la lámina de riego máxima es de 48.32 cm. la cual nos presenta un rendimiento máximo (YLD_{max}) de 7.31 t ha^{-1} y la lamina de riego de 39.25 cm presenta una productividad máxima de 1.85 kg m^3 ⁻¹ y un rendimiento óptimo (YLD_{opt}) de 6.89 t ha^{-1} para la etapa de embuche muestreado a los 117 días después de siembra. Dichos resultados son inferiores a los reportados por Espitia et al (2012) donde menciona que el rendimiento máximo promedio para esta etapa fenológica es de 16 t ha^{-1} , el cual evaluó variedades donde destacan la Saia, Avemex Chihuahua y Karma.

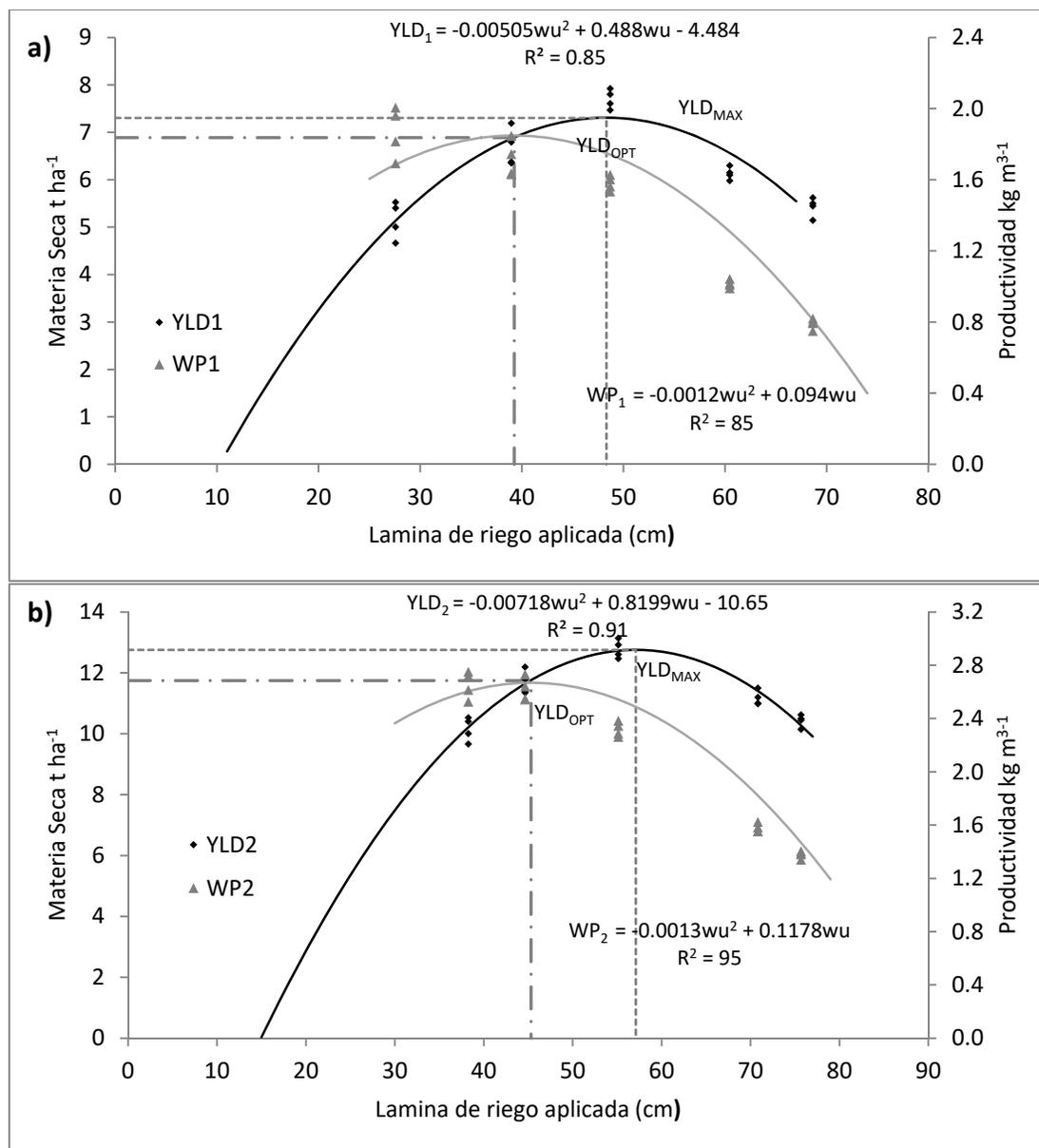


Figura 1.-a) Modelo de rendimiento en función de lámina aplicada para la etapa de embuche de avena. b) Modelo de rendimiento en función de lámina aplicada para la etapa de lechoso-masoso de avena (Zacatecas, México)

En la figura (1b) se muestran los resultados obtenidos para la segunda etapa de muestreo, el modelo de rendimiento de materia seca (YLD₂) y productividad de agua (WP₂) presenta un coeficiente de determinación de 91 y 95% respectivamente, considerado como aceptable para predicción. Mediante la metodología de la derivada, los resultados mostraron que la lámina de riego máxima es de 57.09 cm. la cual nos presenta un rendimiento máximo de 12.75 t ha⁻¹ y La lamina de riego de 45.30 cm presenta una productividad máxima de 2.67 kg m³⁻¹ y un rendimiento óptimo de 11.75 t ha⁻¹ para la etapa de lechoso-masoso muestreado a los 155 días después de siembra. La productividad en el uso de agua es superior a lo reportado por (García et al 2016) para la variedad Avemex (1.14 kg MS m⁻³). sembrada en Aguascalientes e irrigada con 65.3 cm de lámina en riego por multi-compuertas donde la eficiencia de aplicación fluctúa entre 45-65% mientras que para



riego por goteo la eficiencia de aplicación esta alrededor del 95% lo que llevara este incremento en la productividad.

Conclusiones

La generación de modelos que estimen el rendimiento de materia seca en función de la lámina de riego consumida por el cultivo de avena para la etapa fenológica de embuche y masoso-lechoso son una herramienta confiable para planeación de riego y optimización en el uso de agua ya que al bajar la lámina de riego 9 cm lo que representa un ahorro de 900 m³ de agua. En la etapa de embuche solo baja el rendimiento en 0.4 t ha⁻¹ lo que representa una mayor productividad del agua sin poner en riesgo el rendimiento. Para la etapa de masoso-lechoso se pueden ahorrar 10 cm de lámina de riego un volumen por hectárea de 100 m³ y bajar el rendimiento solo 1.0 t ha⁻¹ lo que incrementa la productividad de agua el riego sin poner en riesgo el rendimiento de forraje.

Literatura Citada

- Abdul-Jabbar, A. S., & Sammis, T. W. (1982). Effect of moisture level on the root pattern of alfalfa. *Irrigation Science*, 3(3), 197-207.
- Castro Popoca, M., Águila Marín, F. M., Quevedo Nolasco, A., Kleisinger, S., Tijerina Chávez, L., & Mejía Sáenz, E. (2008). Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agricultura técnica en México*, 34(4), 459-470.
- Espitia Rangel, E., Villaseñor Mir, H. E., Tovar Gómez, R., de la O Olán, M., & Limón Ortega, A. (2012). Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 771-783.
- Flores MJ., Rosales RA., Velez LI., Echavarría FG. 2016. PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FORRAJE EN MEZCLAS DE VEZA COMÚN CON AVENA EN DOS PROPORCIONES DE SEMILLA EN CUATRO ETAPAS FENOLÓGICAS pp. 66-71. In: Memorias de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Septiembre del 2016. Venecia Durango, México.
- García HRV., Flores GH., Narvaez MMP., Osuna CES. 2016. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN AVENA (*Avena sativa* L.) INVERNAL pp. 603-608. In: Memorias de la XXVIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED Septiembre del 2016. Venecia Durango, México."
- Ghanbari-Bonjar, A. (2000). Intercropped wheat and bean as a low-input forage (Doctoral dissertation, PhD thesis. Wye College. Univ. London).
- Medina G, A Ruíz (2004) Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Zacatecas (Período 1961 – 2003). SAGARPA-INIFAPCIRNOC- Campo Experimental Zacatecas. Libro Técnico No. 3. 40 p.
- Statistical Analysis System Institute. (2002) The SAS system for windows. Cary. University North of Caroline. USA. Versión 9.2.
- Sammis, T. W. (1981). Yield of alfalfa and cotton as influenced by irrigation. *Agronomy Journal*, 73(2), 323-329.
- Sánchez Gutiérrez, R. A., Gutiérrez Bañuelos, H., Serna Pérez, A., Gutiérrez Luna, R., & Espinoza Canales, A. (2014). Producción y calidad de forraje de variedades de avena en condiciones de temporal en Zacatecas, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 5(2), 131-142.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2014.
- Servin Palestina Miguel (2015). Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real. Tesis de maestría Colegio de posgraduados Texcoco, México.

EVALUACIÓN DE TÉCNICAS DE CORRECCIÓN RADIOMÉTRICA EN EL ANÁLISIS DE LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN PASTIZALES, CHIHUAHUA, MÉXICO

ASSESSMENT OF RADIOMETRIC CORRECTION TECHNIQUES FOR THE ESTIMATION OF BIOMASS IN GRASSLANDS, CHIHUAHUA, MEXICO

Jesús A. Prieto A.¹, Alfredo Pinedo A.^{1*} Federico Villarreal G.¹, Carmelo Pinedo A.¹, Eduardo Santellano E.¹, María C. Morales C.¹

¹ UACH-Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada Km 1, Chihuahua, Chih. 31000, Méx.
*apinedoa@gmail.com

Resumen

El análisis de imágenes de satélite han mostrado ser adecuados para la medición de cambios de uso de suelo, monitoreo de pastizales e impacto del sobrepastoreo. El objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de tres algoritmos de corrección radiométrica en la estimación de biomasa en tres sitios permanentes de monitoreo (SMP) de pastizal. Los algoritmos empleados fueron: ATCOR2, FLAASH y DOS1. Los SPM evaluados fueron: 'El Edén' (SPME), Teseachi (SPMT) y El Sitio (SPMS). Se utilizaron quince escenas del sensor Landsat de 2010 a 2014. La asociación entre los datos espectrales y la biomasa se analizó a través de componentes principales (CP). La regresión lineal simple o múltiple fue llevada a cabo entre el o los CP que explicaran al menos el 80 % de la variabilidad. Bajos valores de R^2 se encontraron en el SPME para ATCOR2 (0.3 a 0.5) y FLAASH (0.39 a 0.65) durante 2010-2014, mientras que DOS1 obtuvo valores $R^2 > 0.8$ durante 2011-2014. Asimismo, el SMPS con ATCOR2 obtuvo $R^2 > 0.8$, mientras que DOS1 y FLAASH obtuvieron valores $R^2 > 0.8$, con excepción del año 2010. El SMPT con ATCOR2, DOS1 y FLAASH registraron valores de $R^2 > 0.8$ en 2010, 2012 y 2013. En general, la estimación de biomasa fue más precisa en el SPMS en comparación con los otros sitios. Se concluye que el algoritmo DOS1 tuvo el mejor desempeño para los tres SMP.

Palabras clave: Landsat, ACP, sitios de monitoreo, imagen de satélite

Abstract

The analysis of satellite imagery has proved to be valuable for the quantification of land use changes, grasslands monitoring and overgrazing impacts. The objective of this study was to evaluate the accuracy of three radiometric correction algorithms for the estimation of biomass in three permanent monitoring sites (PMS) of grassland. The algorithms employed were: ATCOR2, FLAASH and DOS1. The evaluated PMS were 'El Edén' (PMSE), Teseachi (PMST) y El Sitio (PMSS). Fifteen scenes of Landsat sensor from the period 2010-2014 were used. The association between the spectral and biomass data was analyzed through principal components (PC) analyses. Single or multiple linear regressions were performed between the PC that explained at least 80% of the variability. Low values of R^2 were found for PMSE when using ATCOR2 (0.3-0.5) and FLAASH (0.39-0.65) during 2010-2014, while DOS1 obtained values $R^2 > 0.8$ during 2011-2014. Likewise, PMSS with ATCOR2 obtained $R^2 > 0.8$, while that DOS1 and FLAASH obtained values of $R^2 > 0.8$, with the exception of 2010. The PMST with ATCOR2, DOS1 and FLAASH registered values of $R^2 > 0.8$ for 2010, 2012 and 2013. In general, the biomass estimation presented the highest precision for SPMS in comparison to the other PMS. It's is concluded that the algorithm DOS1 had the best performance for the three PMS.

Keywords: Landsat, PCA, monitoring sites, satellite image



Introducción

El análisis de imágenes de satélite ha proporcionado datos valiosos para el monitoreo de los recursos naturales en los últimos años. Los datos provenientes de percepción remota (datos espectrales) son altamente adecuados en el análisis de cambios de la cobertura vegetal (Almeida-Filho y Shimabukuro, 2002), deforestación (Huang *et al.*, 2007), sobrepastoreo (Jano *et al.*, 1998) y monitoreo de pastizales (Hostert *et al.*, 2003). Sin embargo, hay una gran variación en la respuesta del satélite debido a diferentes fuentes de ruido, a cambios en la calibración del satélite, así como a diferentes ángulos de iluminación y observación de la Tierra, entre otros (Chander *et al.*, 2009; Tan *et al.*, 2012). Distintos algoritmos han sido desarrollados para corregir estas variaciones (Tan *et al.*, 2012). Una vez reducidas las variaciones, las imágenes pueden ser empleadas eventualmente para la estimación de biomasa de pastizales (Xie *et al.*, 2009; Haung *et al.*, 2013). Mediciones precisas de biomasa de pastizales y su variación temporal y espacial son importantes para su utilización en la protección de agostaderos (Zhao *et al.* 2014). El uso de la tecnología de percepción remota se ha convertido en el método más eficaz para la estimación de biomasa (Gao *et al.*, 2013). Sin embargo, de los métodos de corrección radiométricas reportados en la literatura, no es claro cuál es el más apropiado de utilizar; más aún no existe información sobre cuál es el método más apropiado para imágenes que muestran comunidades de pastizal. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar la precisión de distintos algoritmos de corrección radiométrica en la estimación de biomasa de pastizales.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El estudio comprendió tres sitios permanentes de monitoreo (SPM) de pastizales. El sitio permanente de monitoreo Teseachi (SPMT), ubicado en las coordenadas centrales 28.893 (N), -107.447 (O), el sitio permanente de monitoreo el Sitio (SPMS) en 27.588 (N), -106.275 (O) y el sitio permanente el Edén (SMPE) en 27.114 (N) y -105.446 (O). Cada SPM está compuesto por nueve estaciones de monitoreo, donde se llevó a cabo el muestreo de biomasa (Figura 1).

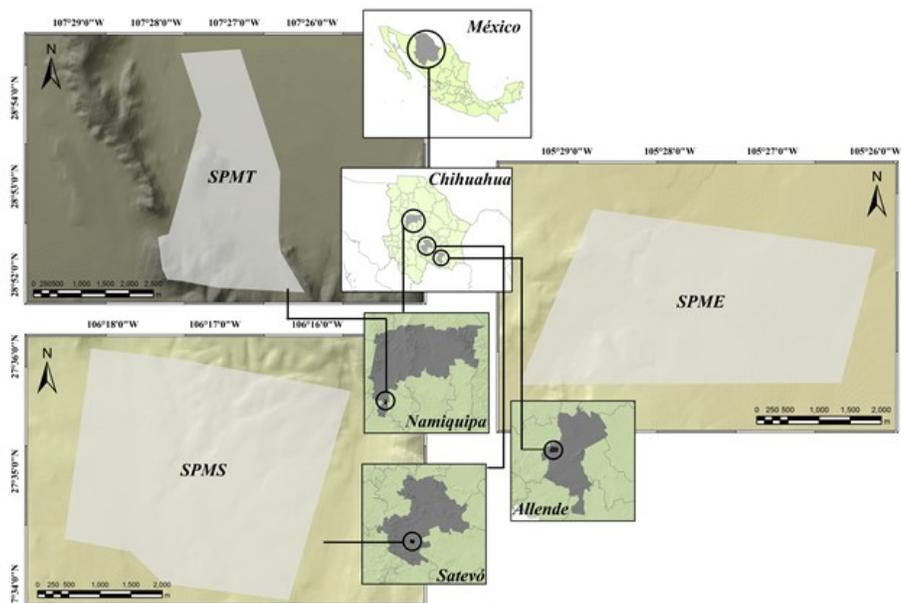


Figura 1. Localización de los SPM de pastizales.



Datos Espectrales de Landsat TM, ETM+ y OLI

Se utilizaron 15 escenas del sensor Landsat TM (Thematic Mapper), ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) y OLI (Operational Land Imager) del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), con resolución espacial de 30x30 m. Las escenas corresponden al periodo 2010 - 2014. Las bandas utilizadas del sensor TM y ETM+ fueron: banda 1 (0.45-0.52 μm), banda 2 (0.52-0.60 μm), banda 3 (0.63-0.69 μm), banda 4 (0.76-0.90 μm), banda 5 (1.55-1.75 μm) y Banda 7 (2.08-2.35 μm). Las bandas utilizadas por OLI fueron: Banda 2 (0.45-0.51 μm), banda 3 (0.53-0.59 μm), banda 4 (0.64-0.67 μm), banda 5 (0.85-0.88 μm), banda 6 (1.57-1.65 μm) y banda 7 (2.11-2.29 μm).

Algoritmos de Corrección Radiométrica

Los algoritmos de corrección radiométrica (ACR) utilizados para eliminar la variación entre el satélite y la superficie fueron: Atmospheric Correction for Flat Terrain 2 (ATCOR2), Fast Line-of-Sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes (FLAASH) y Dark Object Substract 1 (DOS1). ATCOR2 permite la corrección de las imágenes de satélite en un rango espectral entre 0.4 y 2.5 μm así como la gama térmica entre 8 y 14 μm (Neubert y Meinel, 2005). Además, este algoritmo remueve el brillo de la imagen así como los posibles efectos de niebla o nubes para obtener los valores de la superficie terrestre (Geosystems, 2013). El algoritmo FLAASH corrige las longitudes desde la región visible del espectro hasta las regiones del infrarrojo cercano (Guide, 2009). Asimismo, este algoritmo proporciona información exacta basada en la física de las propiedades atmosféricas como la presión superficial, aerosoles, nubes, entre otros (Anderson, 2002). El DOS1 supone que en una imagen de satélite existen valores cercanos al cero por ciento de reflectancia en agua, bosques y sombras; asumiendo que la señal registrada por el satélite es el resultado de la dispersión atmosférica y debe ser eliminado (Cui *et al.*, 2014).

Base de Datos

Las quince escenas de satélite (cinco escenas por sitio) fueron corregidas por los algoritmos de corrección radiométrica. En total 45 correcciones radiométricas (3 SMP * 5 Años * 3 ACR) fueron efectuadas. Para establecer la relación entre la biomasa y los valores espectrales se extrajo el valor medio de los píxeles de las bandas 1-5 y 7 del sensor TM y ETM+ y de la 2 a la 7 de OLI después de cada corrección radiométrica. Los valores fueron extraídos utilizando la herramienta Extract Multivalued to Points disponible en el software ArcGis 10.2[®].

Análisis Estadístico

La asociación entre los datos espectrales de las bandas y la de biomasa se analizó mediante componentes principales. Para esto se seleccionaron aquellos componentes que explicaran al menos el 80% de la variabilidad total. La precisión de los métodos de corrección radiométrica se determinó mediante la regresión lineal simple cuando solo un componente principal fue seleccionado y regresión lineal múltiple en los casos en que fueron seleccionados dos o más componentes. Se obtuvo el coeficiente de determinación (R^2) de cada ACR para cada año y en cada sitio de muestreo, así como el valor de p para comparar diferencias entre la precisión de dichos métodos para estimar la biomasa.



SOMMAP

Resultados y Discusión

La asociación entre la biomasa y los datos espectrales fue analizada mediante la correlación de los CP y la biomasa. La varianza explicada por las bandas para cada ACR en los componentes principales fue de al menos un 80 %. El SPME con ATCOR2 obtuvo bajos coeficientes de determinación (entre 0.3 hasta 0.5). Con DOS1 los valores de R^2 mejoraron su rendimiento. El FLAASH no obtuvo altos valores de R^2 , siendo estos muy parecidos a los de ATCOR2 (0.39 hasta 0.65). En el SPMS el ATCOR2 obtuvo altos valores de R^2 (mayores a 0.8). Por otro lado, el DOS1 también obtuvo altos valores de R^2 para los años 2011-2014, exceptuando a 2010. Finalmente, FLAASH se comportó de manera similar que DOS1 obteniendo altos valores de R^2 para 2011 y 2014, no siendo así para 2010. EL SMPT para el ATCOR2 mostró altos resultados de R^2 para 2010, 2012 y 2013 (arriba de 0.8), mientras que para 2011 y 2014 mostró valores bajos (menores a 0.6). El DOS1 y FLAASH se comportaron de manera similar a ATCOR2, mostrando altos valores en 2010, 2012 y 2013 (mayores a 0.8), mientras que en 2011 y 2014 mostraron valores menores a 0.7 de R^2 .

El SPME con el modelo ATCOR2 y FLAASH no obtuvo los mejores resultados. Por su parte el modelo DOS1 obtuvo altos valores de R^2 . Lo anterior indica que el DOS1 puede estimar con mayor certeza a pesar de los cambios acelerados en la sucesión del pastizal, así como también la gran diversidad de plantas en el sitio. EL SMPS obtuvo rendimientos buenos en los tres ACR, lo cual indica homogeneidad en la reflexión de energía por parte del pastizal. EL SMPT obtuvo rendimientos buenos en 2000, 2012 y 2013 para los tres ACR mostrando valores similares de R^2 (Figura 2).

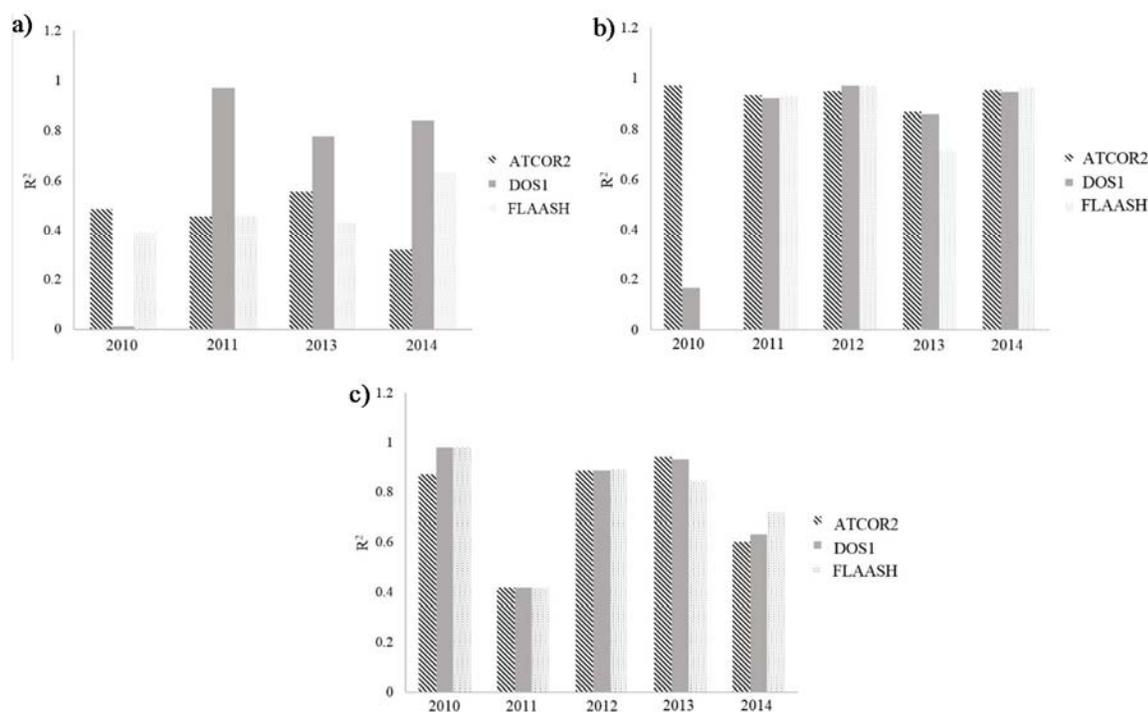


Figura 2. Precisiones de los modelos ATCOR2, DOS1 y FLAASH en los SPM el Eden (a), el Sitio (b) y Teseachi (c)



Conclusiones

Este estudio demuestra la capacidad del sensor Landsat para estimar la biomasa de pastizales a pesar de la variabilidad fenológica que estos presentan. El SMPS puede considerarse el sitio con menor variación, debido a los valores de R^2 encontrados. Por otro lado, el SMPT quedó en segundo lugar, seguido de SPMS. Esto en cuanto a la estabilidad espectral de los pastizales. Para el SMPE los resultados no fueron favorables, lo cual indica que existe una gran variación en el terreno que es difícil de explicar por parte de las imágenes de satélite. La multitemporalidad de las imágenes así como la comparación de cada método permitió establecer cuál de ellos se comportó mejor para cada área de estudio a través del tiempo. La estimación de biomasa utilizando datos de campo y datos espectrales, acompañado de un adecuado método de corrección radiométrica pueden reflejar con precisión las características del pastizal. Se recomienda que en futuros trabajos se prueben modelos que consideren los efectos del clima, temperaturas mínimas y máximas, precipitación, así como también datos de la estructura del terreno como elevación, pendiente, exposición, entre otros.

Literatura Citada

- Almeida-Filho, R., and Y. E. Shimabukuro. 2002. Digital processing of a Landsat-TM time series for mapping and monitoring degraded areas caused by independent gold miners, Roraima State, Brazilian Amazon. *Remote Sensing of Environment* 79:42–50
- Chander, G., B. L. Markham and D. L. Helder. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote sensing of environment* 113:893-903.
- Cui, L., G. Li, H. Ren, L. He, H. Liao, N. Ouyang, and Y. Zhang. 2014. Assessment of atmospheric correction methods for historical Landsat TM images in the coastal zone: A case study in Jiangsu, China. *European Journal of Remote Sensing* 47:701-716.
- Gao, Y., X. Liu, C. Min, H. He, G. Yu, M. Liu and X. Zhu. 2013. Wang, Q. Estimation of the North-South Transect of eastern China forest biomass using remote sensing and forest inventory data. *Int. J. Remote Sens.* 34:5598–5610.
- Geosystems. 2013. Haze Reduction, Atmospheric and Topographic Correction. User Manual ATCOR2 and ATCOR3; Geosystems GmbH: Geneva, Switzerland.
- Guide, E. U. S. 2009. Atmospheric correction module: QUAC and FLAASH user's guide. Version, 4, 1-44.
- Neubert, M. and G. Meinel. 2005. Atmospheric and terrain correction of IKONOS imagery using ATCOR3. Leibniz Institute of Ecological and Regional Development. Dresden, Germany.
- Hostert, P., A. Röder and J. Hill, 2003. Coupling spectral unmixing and trend analysis for monitoring of long-term vegetation dynamics in Mediterranean rangelands. *Remote Sensing of Environment*, 87:183–197.
- Huang, C., S. Kim, A. Altstatt, J. R. G. Townshend, P. Davis, K. Song, C. J. Tucker, O. Rodas, A. Yanosky, R. Clay and J. Musinsky. 2007. Rapid loss of Paraguay's Atlantic forest and the status of protected areas - A Landsat assessment. *Remote Sensing of Environment* 106:460–466.
- Huang, N., J. S. He, and Z. Niu. 2013. Estimating the spatial pattern of soil respiration in Tibetan alpine grasslands using Landsat TM images and MODIS data. *Ecological Indicators* 26:117-125.
- Jano, A. P., R. L. Jefferies, and R. F., Rockwell. 1998. The detection of vegetational change by multitemporal analysis of Landsat data: The effects of goose foraging. *Journal of Ecology* 86:93–99.
- Tan, K. C., H. San Lim, M. Z. MatJafri and K. Abdullah. 2012. A comparison of radiometric correction techniques in the evaluation of the relationship between LST and NDVI in Landsat imagery. *Environmental monitoring and assessment* 184:3813-3829.
- Xie, Y., Z. Sha, M. Yu, Y. Bai and L. Zhang. 2009. A comparison of two models with Landsat data for estimating above ground grassland biomass in Inner Mongolia, China. *Ecological Modelling* 220:1810-1818.
- Zhao, F., B. Xu, X. Yang, Y. Jin, J. Li, L. Xia and H. Ma. 2014. Remote sensing estimates of grassland aboveground biomass based on MODIS net primary productivity (NPP): A case study in the Xilingol grassland of Northern China. *Remote Sensing* 6:5368–5386.



TECNOLOGÍA SATELITAL Y COMPUTACIONAL PARA DIFERENCIAR Y MEDIR SUPERFICIES DE SITIOS DE PASTIZAL EN RANCHOS/EJIDOS GANADEROS DE MÉXICO.

SATELLITE IMAGERY AND COMPUTER TECHNOLOGY TO DIFFERENTIATE AND MEASURE RANGE SITES OF CATTLE RANCH/EJIDOS, IN MEXICO.

Camerino Rojas¹. Consultor. Saltillo, Coah. rojas1781@gmail.com

Ricardo Vásquez². UAAAN. Saltillo, Coah. rvaldape@hotmail.com

Objetivo General

Diseñar procedimiento para diferenciar y medir la superficie de sitios de pastizal, utilizando imágenes de satélite y tecnología computacional (Sistemas de Información Geográfica), en ranchos/ejidos ganaderos de México, de aplicación masiva.

Materiales y Métodos

Información geográfica del rancho/ejido, imágenes de satélite LANDSAT 8, resolución espacial de 30x30 metros, frecuencia orbital de 16 días, programa computacional ARC-GIS, método de análisis de conglomerados aplicando la herramienta de “k-means” Se descargan las imágenes disponibles desde 2013 a la fecha y se procesan con el programa ARC-GIS para calcular el índice de vegetación NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Se eliminan los pixeles con nubosidad, usando la “capa de calidad”, y la capa del “Modelo Digital de Elevación” (MDE) para obtener la altitud de cada uno de dichos pixeles. Finalmente, se convierten los pixeles a puntos para calcular promedios y determinar los valores de superficie, en las imágenes.

Resultados

Se diferencian los “grupos” o sitios de pastizal, en colores diferentes, y se procesan en ARC-GIS para calcular su superficie en hectáreas, dentro del perímetro geográfico del rancho y dentro de cada potrero. Como referencia, se tienen los ranchos “Aguachile” (17,000 Ha), “Santa Rita” (13,000 Ha) y “Los Ángeles” (7200 Ha, aprox.), con 10, 9 y 13 sitios, respectivamente, con superficie mínima de 2.4 Ha.

Conclusiones

Es posible integrar imágenes LANDSAT y el programa ARC-GIS para elaborar mapas de sitios con superficies pequeñas, a nivel de potrero, en predios de grandes superficies, con potencial de producción masiva.

LA REDUCCIÓN DE AGUA CON RIEGO SUBSUPERFICIAL NO AFECTA LA PRODUCCIÓN Y LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN ALFALFA

REDUCING OF WATER WITH SUBSURFACE IRRIGATION DOES NOT AFFECT PRODUCTION AND YIELD COMPONENTS OF ALFALFA

Ricardo A. Sánchez^{1*}, Miguel Servín Palestina¹, Héctor Gutiérrez Bañuelos², Alfonso Serna Pérez¹

¹Campo Experimental Zacatecas. INIFAP. Km. 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, 98500 Calera de V.R. Zacatecas, México. ²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. 98500. *Autor de correspondencia: sanchez.ricardo@inifap.gob.mx

Resumen

Con el abatimiento de los mantos freáticos es necesario generar información para eficientar la producción de alfalfa. En Zacatecas existe poca información sobre sistemas de riego y variedades que pudieran ser alternativas para llevar a cabo un uso eficiente del agua. El objetivo fue evaluar la producción de forraje y los componentes de rendimiento en dos sistemas de riego y cinco variedades de alfalfa en Zacatecas. Los sistemas de riego evaluados fueron goteo sub-superficial (RGS) e inundación en melgas; y las variedades Silverado (V1), Júpiter (V2), 58n57 (V3), Excelente (V4), y Gigante (V5). Las variables a medir fueron: producción de forraje verde y seco (Fv y Fs), porcentaje de acumulación de materia seca (MS) producción de materia seca de tallos (TII) y hojas (Hj). En las variables evaluadas no se observó el efecto ($P > 0.05$) tanto en los sistemas de riego como en las variedades, a pesar que se logró disminuir un 44% del riego aplicado con el RGS. En la producción de forraje verde los rendimientos anduvieron de 62.5 a 72.4 ton/ha. En la acumulación de materia seca los rangos fueron de 21.8 a 23.4%. En el forraje seco la producción osciló de 14.1 a 15.6 ton/ha. En los componentes de rendimiento, se observaron kilogramos de materia seca de tallos de 6.6 a 7.5 ton/ha. Mientras que para hoja fue de 7.5 a 8.1 ton/ha. El uso de cualquiera de las variedades bajo el sistema de riego por goteo subsuperficial son una buena alternativa para eficientar el uso del agua.

Palabras clave: Alfalfa, producción de forraje, componentes de rendimiento.

Introducción

La alfalfa es uno de los cultivos más importantes entre los productores de leche y carne, ya que satisface la mayoría de los requerimientos nutricionales de los animales. Tan solo en Zacatecas la superficie sembrada de este cultivo es de 9,764 ha y con rendimientos anuales promedios de 68.65 ton/ha de forraje verde (SIAP, 2014). Sin embargo los altos consumos en agua de este cultivo que van de 175 cm a 200 cm de lámina de riego promedio anuales (Moreno et al., 200) y los bajos rendimientos obtenidos en producción, son algunos de los problemas más fuertes que se presentan en este cultivo. Las crecientes demandas de consumo de agua para el uso doméstico, industrial y agrícola han generado la necesidad de investigar y adoptar nuevas tecnologías que permitan un mejor aprovechamiento de este recurso (Howell, 2001). En los últimos años se ha trabajado para adoptar una nueva tecnología de riego, llamado sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS). Este sistema se define como la forma de aplicar agua a los cultivos en forma subterránea mediante



emisores con gastos uniformes que reduce el gasto hasta en un 40% comparado con otros sistemas de riego. Emplea cintas de goteo enterradas en el suelo, lo cual permite conservar el agua e incrementar significativamente la producción y calidad de los cultivos (Isamali and Hussein, 2011; Alam et al., 2012). Este sistema de riego, evita la saturación del agua en el suelo y el estrés por déficit de humedad al cultivo antes de la aplicación del siguiente riego. Estas condiciones son comunes cuando los cultivos se riegan con el método de riego por inundación de agua o también llamado riego superficial. Sin embargo, en Zacatecas existe poca información sobre sistemas de riego y variedades que pudieran ser alternativas para llevar a cabo un uso eficiente del agua. El objetivo fue evaluar la producción de forraje y los componentes de rendimiento en dos sistemas de riego y cinco variedades de alfalfa en Zacatecas.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en los terrenos del 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 suelo es de tipo Kastanozem con pH de 7.5 y una profundidad mayor a 0.8 m. El clima es semiárido y la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto. El promedio (de 42 años de 1961 a 2003) de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm (Medina y Ruiz, 2004). En el año 2012 la precipitación estuvo por debajo de lo esperado, solamente se acumuló el 59.7% (203 mm) y la evapotranspiración fue superior un 12.5%, reportando 1469.7 mm (Figura 1). Se establecieron dos sistemas de riego, gravedad y goteo por cintilla. En gravedad se diseñaron melgas de 13m de ancho por 50 m de largo y se dieron dos riegos por corte. Y para el sistema por goteo se utilizó cintilla calibre 10 mil con un gasto por emisor de 1 litro por hora y una separación entre emisores de 20 cm. La cintilla se colocó a una profundidad de 20 cm. Y una separación entre líneas regantes de 80 cm. Para el sistema de conducción se utilizó tubería telescopiada de 3 y 4 pulgadas, tubería de 2 pulgadas para la distribución, también se instaló un dren de 2 pulgadas con una válvula de drenaje de 1 ½ pulgadas. Dando una tasa horaria de riego de 6.25 mm/hora. En el cabezal de descarga se instaló un re-bombear de 15 Hp, un filtro de arena y un medidor volumétrico para llevar el seguimiento del agua utilizada en la parcela experimental. y respecto al riego se realizó con una frecuencia de 3 días utilizando la metodología de tanque evaporímetro tipo A desarrollado por la FAO donde se consultó de la estación meteorológica ubicada en el campo experimental de Zacatecas a 300 metros de la parcela experimental. La evaporación acumulada de los 3 días anteriores, se multiplicó por un ajuste del tanque de 0.75 y para obtener la evapotranspiración de referencia y se multiplicó por 0.8 para obtener la evapotranspiración de cultivo obteniendo así el uso consuntivo de la alfalfa para obtener la lámina aplicar se resta la precipitación efectiva que se han presentado en esos tres días a la fecha de riego. Las variedades sembradas fueron, Silverado (V1), Júpiter (V2), 58n57 (V3), Excelente (V4), y Gigante (V5). Se estableció un diseño de bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. La parcela grande fue el sistema de riego, mientras que la parcela chica fueron las variedades. La unidad experimental consta de 2m². En cada parcela se estimó la producción de forraje verde, después se obtuvo una muestra de 0.5 kg en peso verde, se llevó a una estufa a 600C hasta que llegó a peso constante, con estos datos se determinó el porcentaje de materia seca. El rendimiento de materia seca por hectárea se calculó a partir de la producción de forraje verde de las parcelas y el porcentaje de materia seca de las muestras. Con



SOMMAP

otra muestra tomada al azar de cada parcela se separaron las partes vegetativas de la planta, tallo, hoja y espiga, después se llevaron a secar por separado a la estufa (a 600C) hasta que llegaron a peso constante. Para calcular el porcentaje de tallo, hoja y espiga, cada una se dividió con el peso total de la biomasa. Las variables a medir fueron, rendimiento de forraje verde (FV) y seco (FS), altura de planta (AP), días de siembra a cosecha (DSC), porcentaje del peso de hoja (%HJ), de tallo (%T) y espiga (%E). las variables a medir son: litros aplicados por sistema de riego, altura de forraje, rendimiento de forraje verde y seco, % de tallo y hoja, proteína cruda, fibra detergente neutro y ácido. Los análisis estadísticos se realizaron con un diseño experimental de parcelas divididas utilizando el procedimiento “Proc Mixed” y las medias se separaron al 5% de probabilidad mediante el paquete estadístico SAS (2006).

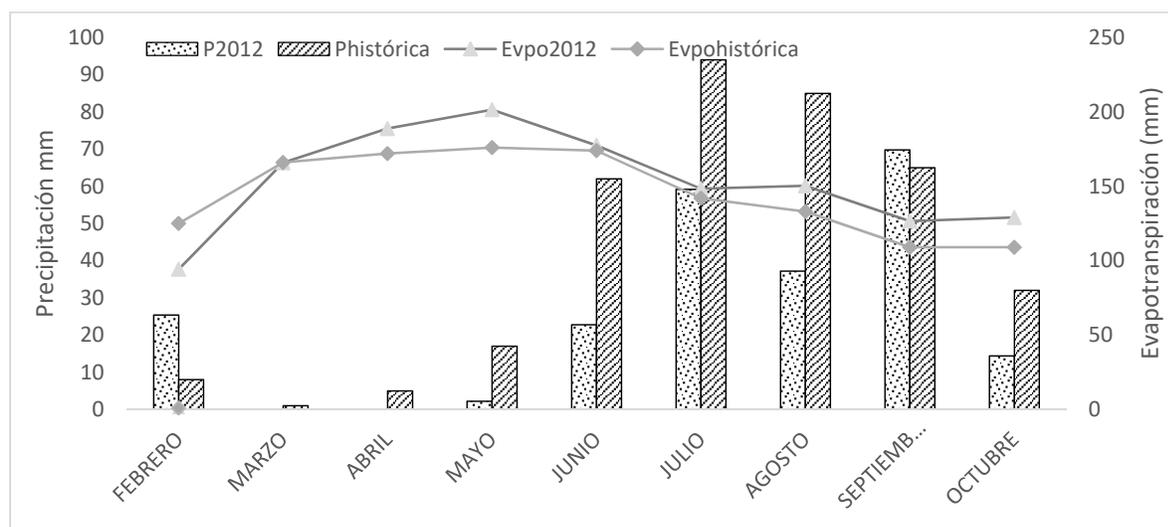


Figura 1. Precipitación mensual (mm) y evapotranspiración (mm) del año 2012 en el Campo Experimental Zacatecas

Resultados y Discusión

En la figura 1 se muestra la cantidad de agua aplicada en los sistemas de riego de gravedad y goteo, después del primer corte. En dicha figura se observa que el sistema de riego subsuperficial ahorró en promedio un 44% el agua aplicada (Figura 2). Este sistema es una buena alternativa para implementar en las 1,5000,00 has de potencial en Zacatecas.

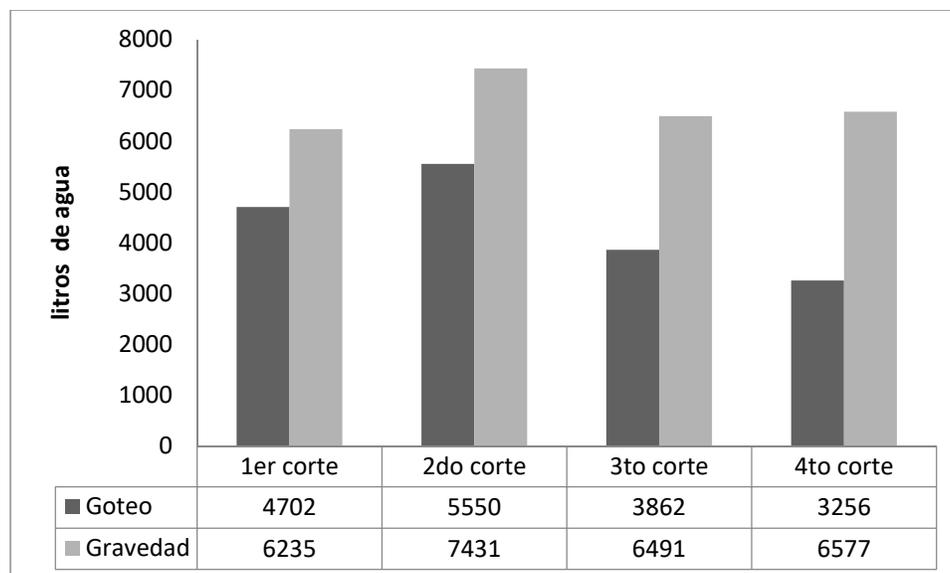


Figura 2. Gasto de agua en el sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) e inundación.

En el cuadro 1 se presenta la producción y los componentes de rendimiento en cinco cortes de las variedades de alfalfa bajo dos sistemas de riegos. Se observa que tanto en los sistemas de riego como en las variedades no se encontraron diferencias estadísticas ($P > 0.05$). En la producción de forraje verde los rendimientos anduvieron de 62.5 a 72.4 ton/ha. En la acumulación de materia seca los rangos fueron de 21.8 a 23.4%. En el forraje seco la producción osciló de 14.1 a 15.6 ton/ha. En los componentes de rendimiento, se observaron kilogramos de materia seca de tallos de 6.6 a 7.5 ton/ha. Mientras que para hoja fue de 7.5 a 8.1 ton/ha. No se observaron interacciones en corte*variedad ($P > 0.05$). Los resultados de forraje seco son mayores a los presentados en la región lagunera de México (Godoy et al 2003) donde evaluaron los mismos sistemas de riego y deficiencias hídricas en alfalfa. El uso de cualquiera de las variedades bajo el sistema de riego por goteo subsuperficial son una buena alternativa para eficientar el uso del agua. Sería importante continuar con más años de evaluación y determinar las propiedades químicas del forraje.

Cuadro 1. Producción de forraje y componentes de rendimiento de cinco cortes en cinco variedades de alfalfa bajo dos diferentes sistemas de riego en Zacatecas.

	Fv (ton/ha)	MS (%)	Fs (ton/ha)	TII (ton/ha)	Hj (ton/ha)
RGS	72.4 ± 2.2	21.8 ± 0.6	15.6 ± 0.53	7.5 ± 0.37	8.1 ± 0.3
Inundación	65.2 ± 2.3	23.1 ± 0.6	14.1 ± 0.53	6.6 ± 0.37	7.5 ± 0.3
V1	62.9 ± 2.7	23.4 ± 0.7	14.4 ± 0.63	6.8 ± 0.38	7.6 ± 0.34
V2	67.6 ± 2.7	23.2 ± 0.7	15.4 ± 0.63	7.3 ± 0.38	8 ± 0.34
V3	65.8 ± 2.7	22.3 ± 0.7	14.4 ± 0.63	7 ± 0.38	7.4 ± 0.34
V4	65.9 ± 2.7	22.9 ± 0.7	15 ± 0.63	7.1 ± 0.38	7.9 ± 0.34
V5	69.3 ± 2.7	22.1 ± 0.7	14.9 ± 0.63	7 ± 0.38	7.9 ± 0.34

Cort*var

Fv= Forraje verde; Ms= Materia seca; Fs= Forraje seco; TII= Tallo; Hj=Hoja; V1: Silverado; V2=Júpiter; V3=58n57; V4=Excelente; V5=Gigante



Conclusiones

Con el riego por goteo subsuperficial se disminuyó un 44% del agua aplicada sin lograr tener un efecto en la producción y los componentes de rendimiento de alfalfa. Mientras que las variedades tuvieron el mismo comportamiento productivo.

Literatura Citada

Alam M, Troocin TP, Dumler TJ, Rogers DH. Using subsurface drip irrigation for alfalfa. *J of Am W Res Ass* 2002;38(6):1715-1721.

Godoy AC, Pérez GA, Torres EC, Hermosillo LJ, Reyes JI. Uso de agua producción de forraje y relaciones hídricas en alfalfa por riego por goteo subsuperficial. *Agrocien* 2003;37(2):107-115.

Howell TA. Enhancing Water Use Efficiency in Irrigate Agriculture. *Agr J* 2001;93(2): 281-289

Ismail SM, Alarshadi MH. Maximizing productivity and water use efficiency of alfalfa under precise subsurface drip irrigation in arid regions. *Irrig and Drain* 2013(62):57-66

Medina GG, Ruiz CA. Estadísticas climatológicas básicas del estado de Zacatecas (Periodo 1961-2003). 1ª ed. México: INIFAP; 2004.

Moreno DL, García AD, Faz CR. Producción y utilización de la alfalfa en zona norte de México. *Campo Experimental La Laguna*. CIRNOC. INIFAP. Libro técnico No. 2. 2000

SAS. User Guide. Statistical Analysis System. Inc. Cary, NC. versión 9.1 2006

Servicio de Información Agroalimentario y Pesquera (SIAP). Anuario estadístico de la producción agrícola. 2014.



LA MATERIA ORGÁNICA MEJORA EL SUELO AGRÍCOLA ORGANIC MATTER IMPROVES AGRICULTURAL LAND

Murray Núñez Rafael Martín^{2*}, Maria. Guadalupe Orozco Benitez¹ y Oyolsi Najera Gonzalez. ²

¹UAN Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Carretera Chapalilla. ²Profesores-Investigador de la Universidad Autónoma de Nayarit UAN. * ramurray_13@hotmail.com.

Resumen

Se planteo analizar el comportamiento del contenido de materia orgánica de un suelo y los cambios ocurridos en algunas propiedades físicas. Este trabajo se llevó a cabo dentro de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), en el cual se valoraron propiedades del suelo, como son: la materia orgánica (MO) y sobre todo propiedades físicas, como humedad (W), densidad aparente (Da), porosidad total (Pt) y la capacidad de campo (CC). En el (2012-2016), se realizo la toma de muestras se describió en campo y laboratorio, presentando una textura franco arcilloso arenoso (arena 48.4%, limo 25.2% y arcilla 26.3%), pH 6.4, MO 1.46%, Da 1.42 g cm⁻³ y CC 22.3%. El suelo se clasifico como Antrosoles, se tomaron muestras a una profundidad de 0-20 cm, considerando que es el horizonte más influenciado a corto plazo por la hojarasca. Se analizaron cuatro muestras por cada punto en total fueron ocho sitios, y los resultado indican que presenta bloques de grandes a medianos característicos de un horizonte B, con un horizonte A poco definido, ese suelo fue alojado hace mas de 21 años, con uso agrícola prolongado y posterior con uso agroforestal que presenta un contenido de Carbono (C) 0.84% que se considera bajo en carbono, estos son suelos se han conservados con una cobertura de pastizales y ahora en el 2016 con huertos orgánicos, concluyendo que el contenido de carbono no aumento en cuatro años lo que significa que no contribuyen con el secuestro de carbono para poder participar al cambio climático.

Palabras clave: Suelos, carbono, materia orgánica.

Abstract

analyze It wont the behavior of organic matter content of soil transported and changes in some physical properties. This work was carried out within the Autonomous University of Nayarit (UAN), in which soil properties were valued, as are the organic matter (OM) and especially physical properties such as moisture (W), bulk density (Bd), total porosity (Tp) and field capacity (Fc). In the (2012-2016), sampling was conducted described in field and laboratory, presenting a (48.40% sand, silt and clay 25.28% 26.32%), medium pH (6.4), sandy clay loam OM 1.46% Bd 1.42 g cm⁻³ and Fc 22.3%. The soil was classified as Anthrosols samples at a depth of 0-20 cm were taken, considering that the horizon is short term influenced by litter. Four samples were analyzed for each point in total there were eight sites, and the results indicate that presents large blocks of a typical middle of a B horizon, and presents a horizon indistinct, the soil was hosted more than 21 years, agricultural use and later with prolonged use agroforestry has a content of carbon (C) 0.84% is considered low carbon, these are soils have been preserved with coverage grassland and now in 2016 with organic gardens, concluding that the carbon content did not



SOMMAP

increase in three years, which means it does not contribute to carbon sequestration in order to participate to climate change

Keywords. Soil carbon, organic matter.

Introducción

El suelo es un subsistema fundamental del ecosistema forestal con características físicas, químicas y biológicas decisivas en su fertilidad, y que a su vez determinan sus propiedades, y los cambios que ocurren a través, de la influencia por efecto del cambio de uso de la tierra. El uso intensivo de los suelos provoca cambios en sus propiedades llegando a afectar la capacidad productiva a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura (Hernández et al., 2004, 2006).

Las principales características físicas que influyen sobre la estructura del suelo son la profundidad del espacio enraizable, el régimen de humedad (capacidad de agua útil, drenaje) y del aire (macroporosidad); Estas últimas propiedades, en iguales condiciones climáticas, son las principales causantes del cambio en la composición de la vegetación agroforestal (Murray et al., 2011).

El papel de la agroforestería es mejorar el suelo, mantener la productividad mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el ambiente (Shibu, 2009). En este contexto, conocer la influencia de las especies arbóreas sobre la estructura de los suelos resulta importante para su utilización en proyectos de recuperación de áreas degradadas o en el manejo de sistemas que tiendan a la sostenibilidad (Montagnini et al., 1995), a su vez que la relación materia orgánica con la densidad aparente se ve reflejada en su Estructura, está a su vez se ve favorecida en la medida que los sistemas con cobertura tienen aportes anuales de hojarasca suficiente como para modificar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mediante un incremento de la materia orgánica en la superficie y en el subsuelo (Murray et al., 2011).

Considerando que el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas son de interés en la detección de cambios en la estructura y composición de los suelos transportados y transformados a un sistema agroforestal y ahora con un sistema agrícola, este trabajo tiene por objetivo analizar el comportamiento de la materia orgánica (MO) de un suelo bajo un sistema agrícola y los cambios ocurridos en algunas propiedades físicas y contenido de MO.

Materiales y Métodos

El sitio seleccionado para este trabajo, se presenta en un ambiente morfológico denudativo caracterizado por laderas del volcán San Juan, agrupando complejos asociados a los volcanes y relieves del pre-San Juan además de lomeríos cubiertos por piroclastos, brecha volcánica y toba ácida asociados a las estructuras volcánicas anteriores. El ambiente deposicional caracterizado por dos paisajes: piedemonte y planicies, el primero se asocia a las estructuras volcánicas del San Juan y a procesos mixtos coluvio-aluviales; en el segundo dominan los procesos de acumulación. Donde está ubicado geomorfológicamente el sitio de estudio se ubica dentro de la institución Universidad Autónoma de Nayarit.



SOMMAP

Para la evaluación de la materia orgánica (Mo); textura del suelo por método de Bouyoucos y pH (medido en agua). para Estas técnicas mencionadas se basaron en la norma oficial mexicana NOM 021 RECNAT 2000; densidad aparente (Da), por el método del cilindro; densidad real (Dr), por picnómetro; porosidad total (Pt), mediante la fórmula $Pt=(1-(Da/Dr)\times 100)$ y la capacidad de campo (CC), porosidad aireación (Pa), por cálculo a partir de la porosidad total (Pt), menos la capacidad de campo (CC). para la clasificación del suelo se utilizó el IUSS Workin Group WRB, (2008).

El análisis de los datos fue por punto Se hicieron 4 muestreos por cada punto y en total fueron ocho para cada año (2012-2015), Se hizo la Da a una profundidad de 0-20 cm por coincidir con el espesor del horizonte A del suelo, teniendo en cuenta que es el horizonte más influenciado a corto plazo por la hojarasca que se deposita sobre él suelo (Murray et al., 2011, 2014).

para el diseño experimental completamente aleatorio; los datos fueron analizados mediante procedimiento estándar ANOVA para un diseño estadístico con dos repeticiones, siendo las variables MO y Da se hizo una correlación y la comparación de medias $p<0.05$. En el análisis de varianza se utilizó el paquete SAS para detectar diferencias estadísticas entre tratamientos; se realizó la prueba de medias por Tukey.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1, presenta los resultados al inicio del experimento 2012; Composición mecánica (CM) y de la textura del sitio agrícola, presenta una textura arcillosa (arena 48.4%, limo 25.2% y arcilla 26.3%) y en el 2016 presenta los mismos resultados de CM lo que concuerda con (Murray et al., 2014) que la textura no cambia en pocos años, pH (6,4). El suelo está clasificado como Antrosoles, según IUSS Workin Group WRB, (2008).

Cuadro 1. Composición mecánica y clase textural del perfil estudiado 2012-2016.

Horizonte.	Prof. cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase textural
A _{1p}	0 – 3	48.4	25.2	26.3	Franco arcillo arenoso
B _{1p}	3 – 20	48.4	25.2	26.3	Franco arcillo arenoso

Cuadro 2 Los resultados obtenidos de la densidad real del suelo no se observó variación en ninguno de los puntos estudiados, se obtuvo un valor promedio de $2.60 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. El suelo presenta MO 1.4% y valores de 0.84 CO que se consideran como bajos, Da 1.4 g cm^{-3} y CC 22.3%.

Cuadro 2. Resultados 2012-2015 de la determinación física del suelo estudiado en los primeros 20cm.

Año	MO %	Da $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	Pt %	CC %	Pa%	Infiltración mm/h
2012-2015	1.46	1.42	45.3	22.3	20.8	12.0

MO=materia orgánica; Da ó Dv=densidad aparente; Pt= porosidad total; CC ó LSHP= límite superior de humedad productiva ó capacidad de campo; Pa= porosidad de airiación.

El contenido de las diferentes fracciones de la MO obtenidos del suelo influye muy poco sobre la densidad aparente, incluyendo el espacio ocupado por el aire, por lo que sus mediciones están relacionadas con la porosidad y por la estructura de bloques subangulares de medianos a grandes del suelo. Lo que concuerda también con (Tejada y González, 2008, Cooper et al., 2005 y Murray et al., 2010). los cuales encontraron una relación entre el contenido de MO edáfica y la Da. Se



SOMMAP

determino la humedad equivalente a la CC, arrojando valores de 22.3% y 12.0 de velocidad de infiltración la cual se considera como buena pero a su vez indican valores relativamente bajos de microporosidad. Esto demuestra cómo el régimen hídrico ha cambiado en los suelos de diferentes ecosistemas tropicales lo cual concuerda también con trabajos realizados por (Ascanio et al., 2007).

El sistema agrícola presenta bloques de grandes a medianos característicos de un horizonte B, y presenta un horizonte A poco definido, ese suelo fue alojado hace más de 21 años, con uso agrícola prolongado y ahora con un sistema agroforestal, el cual presenta un contenido de Carbono Orgánico (CO) 0.84% que se considera bajo en carbono, estos son suelos que se conservaron con una cobertura de pastizales tienen 21 años de haber sido alojados.

Conclusiones

Con los valores obtenidos, se demuestra que las prácticas tradicionales de labranza y el exceso de laboreo deterioran rápidamente la estructura del suelo, y más si son suelos transportados como relleno y alojados (Antrosolos), los cuales son de diferentes horizontes donde se pierde el orgánico, ocasionando que no se desarrolle un horizonte A, mediano plazo, y el aporte de la materia orgánica es muy poca para modificar las propiedades físicas de los suelos, la degradación física del suelo, ocurre especialmente en suelos ricos en arcilla, con mucha arena y limo y poco carbono orgánico, con un horizonte B de bloques angulares, el contenido de carbono no aumentó en seis años lo que significa que no contribuyen estos suelos con el secuestro de carbono para poder participar con el cambio climático.

Literatura Citada

- Ascanio, M.O.; A. Hernández; G.Cid; I. Gómez. 2007. Sector de Referencia de 65 ha en el Ejido Ojo de Agua, para las medidas de riego y drenaje en caña de azúcar. Ingenio Motzorongo, Veracruz, México, Asociación de Técnicos Azucareros de México., Veracruz, México.
- Cooper, MP.; P. Vidal-Torrado; V. Chaplot. 2005. Origin of micro aggregates in soils with ferrallic horizons. *Science Agriculture (Piracicaba, Braz.)*; 62: 256-263.
- Hernández, A.; M.O. Ascanio; A. Cabrera; M. Morales; N. Medina. 2004. Problemas Actuales de Clasificación de Suelos: énfasis en Cuba. Editorial Universidad de Veracruz, México. pp 221.
- Hernández, A.; M.O. Ascanio; M. Morales; J.I. Bojórquez; N.E. García; D. García. 2006. Fundamentos de la formación del suelo, cambios globales y su manejo. Editorial Universidad Autónoma de Nayarit, México. pp 15-25.
- IUSS, Working Group WRB. 2008. Base Referencial mundial del recurso suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos. FAO, ISRIC, ISBN 978-92-5-305511-1. pp 117.
- Montagnini, F.; A. Fanzeres; V.S. Guimaraes. 1995. Estudios de restauración en la Región del Bosque Atlántico de Bahía, Brasil.: 65-12.
- Murray-Núñez, R. M.; S. J. Bojórquez; J. A. Hernández; M. G. Orozco; J. D. García; H. Ontiveros. 2010. Influencia de especies agroforestales sobre las propiedades físicas de un suelo Fluvisol Haplíco de la llanura costera norte de Nayarit. pp 22-23. 233.



- Murray-Núñez, R. M.; S. J. Bojórquez; J. A. Hernández; M. G. Orozco; J. D. García; G. H. Ontiveros; O. J. Aguirre. 2011. Efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo en un sistema agroforestal de la llanura costera norte de Nayarit, México. *Revista Bio Ciencias* Vol. 1 No. 3 Año 2, 27- 35. Issn 2007-3380
- Murray, R. M.; M. G. Orozco; A. Hernández; C. Lemus; O. Nájera. 2014. El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo 1 *Avances en Investigación Agropecuaria*. 8(1): 23-31. Issn 0188789-0
- Murray Núñez Rafael Martin, Maria. Guadalupe Orozco Benitez, Gilberto González Rodríguez² y Oyolsi Najera Gonzalez. 2015. La materia orgánica mejora las propiedades físicas del suelos agrícola pp 250-253 ISBN:9 786075 031835
- NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación. Estudios de suelos, muestreo y análisis. México, Distrito Federal.
- Shibu, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry systems*, 76: 1-10.
- Tejada, M., Y.; J.L. Gonzalez. 2008. Influence of two organic amendments on the soil physical properties, soil losses, sediments and runoff water quality. *Geoderma*, 145: 325-334.



SIMPOSIO DE HIDROLOGÍA



RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA EN PASTIZALES

Catarina Loredo¹, Sergio Beltrán², Luis Antonio Gómez¹, José Luis Lara¹

¹ Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. San Luis Potosí, S. L. P., México

² Campo Experimental San Luis-INIFAP

Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron caracterizar los recursos, evaluar el riesgo a la erosión hídrica y proyectar acciones de manejo y conservación en las áreas de pastizal en la microcuenca San José de Gómez, Zaragoza, S.L.P., México, donde el principal uso del suelo es la ganadería en pastoreo. Se generó una base de datos vía digitalización de mapas temáticos sobre edafología, uso actual y uso potencial. Con el apoyo de un SIG y el modelo de predicción de pérdidas de suelo USLE se estimó el riesgo a la erosión, considerando cinco categorías: sin riesgo de erosión aparente, riesgo de erosión ligera, moderada, alta y muy alta. La microcuenca tiene una superficie de 4,675.55 ha, con una población de 1,866 habitantes. La temperatura media anual son 14.9 °C; precipitación media anual de 392.5 mm. La altitud va de 1930 a 2400 msnm. Los tipos de suelos son: phaeozem 43%, litosol asociado a rendzina 34%, litosol 12%, xerosol 10%. En uso actual del suelo, 69% corresponde a uso pecuario y 30.92% uso agrícola y forestal. En riesgo potencial a la erosión hídrica, 20% de la superficie presenta riesgo leve (2.2-10 ton ha⁻¹ año⁻¹), 40% moderado (10-50 ton); 38.6% alto (50-200 ton) y 1.4% riesgo muy alto (>200 ton). Con la participación de productores se obtuvo y aplicó un programa de manejo de pastizales y diseños tipo para prácticas mecánicas.

Palabras clave

Riesgo de erosión, pastizales, microcuenca.

Introducción

La capacidad productiva de los ecosistemas se está perdiendo en forma considerable debido a la sobreutilización de los recursos. En México, los agostaderos son los ecosistemas más deteriorados, ya que el sobrepastoreo ha dañado a más de 60 millones de ha. En segundo lugar de daño se encuentran las áreas forestales y en tercer lugar la agricultura de temporal, en la cual se han identificado 21 millones de ha con problemas de erosión hídrica y eólica (Ortiz *et al.*, 1994).

Para el control satisfactorio de la erosión es importante considerar los principios que regulan las cuencas hidrológicas (Brooks *et al.*, 1991). Una cuenca es toda área limitada por un parteaguas y drenada por una corriente o sistemas de corrientes, cuyas aguas concurren en un punto de salida (CPCH, 1977). En la cuenca existen factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos, culturales, etc. que se relacionan entre sí, dando a la cuenca su propia dinámica. La microcuenca es considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones (Loredo *et al.*, 2007).

Con relación al manejo, las prácticas para la conservación del suelo debe de incluir cuatro acciones básicas: 1) proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) incrementar la capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial; 3) mejorar la estabilidad de los agregados del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento y 4) aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Kirkby y Morgan, 1984). Uno de los factores importantes en este proceso, es la evaluación del riesgo a la erosión el



cual tiene como objeto identificar aquellas áreas, donde la productividad sostenible de un uso específico de la tierra es amenazada por una pérdida excesiva de suelo.

Para estimar el riesgo a la erosión y realizar planes de manejo y conservación del suelo que mantengan la productividad de la tierra, se ha utilizado la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) (Bravo *et al.*, 2007), la cual es un modelo empírico que predice la pérdida anual promedio de suelo originada por erosión laminar y en surcos sin considerar la erosión en cárcavas (Wischmeier y Smith, 1978). La aplicación de este modelo está limitada por la disponibilidad de bases de datos representativos de cada factor de la ecuación. En las últimas décadas este modelo se ha integrado con los Sistemas de Información geográfica (SIG) para estimar la erosión esperada a una escala regional o de cuenca (Mellerowics *et al.*, 1994) y en México existen varios estudios (Loredo *et al.*, 2007; Flores *et al.*, 2002).

La microcuenca San José de Gómez ha sufrido fuertes cambios en el uso del suelo desde el año 1592 cuando se descubrieron las minas del Potosí en Cerro de San Pedro, S. L. P. La ganadería extensiva fue entonces el principal uso del suelo para alimentar a las mulas que eran utilizadas para transportar el mineral. La deforestación y el sobrepastoreo originadas por el mal manejo de las actividades agropecuarias, trajo como consecuencia la degradación de los pastizales, tierras de cultivo, matorrales y sus bosques naturales. Los objetivos de este estudio fueron: a) caracterizar los recursos de la microcuenca San José de Gómez, b) estimar el riesgo a la erosión hídrica y c) generar con la participación de los productores un programa de manejo y restauración del suelo en las áreas de pastizal.

Materiales y Métodos

La microcuenca San José de Gómez se localiza entre los 22° 6' y 22°10' LN, 100° 40' y 100° 46' LW, con altura media sobre el nivel del mar de 1930 a 2400 m. El clima es seco estepario templado, con una temperatura media anual de 14.9 °C y precipitación media anual: 392.5 mm. La superficie es de 4,675.55 ha. Las localidades que la integran pertenecen al municipio de Zaragoza, S. L. P. y son: Casas Blancas, Derramadero, El Castillo, El Garabatlillo, Independencia (Patol), La Estancia, Las Ánimas, Los Terreros, Ranchito de los Rivera y San José de Gómez.

El proceso consistió en delimitar la microcuenca y obtener mapas temáticos sobre fisiografía, edafología, uso actual y uso potencial del suelo tomando como base cartografía de INEGI y el modelo de elevación digital escala 1:50000 (INEGI, 1978; 2005), usando el software ARC/INFO™ estación de trabajo y ARCVIEW™; obteniendo las bases de datos de cada tema. Para la predicción de riesgo a la erosión, se realizaron superposiciones de las diferentes capas, obteniendo un mapa final de riesgo potencial a la erosión hídrica, con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y el modelo de predicción de pérdidas de suelo USLE (Wischmeier y Smith, 1978), de acuerdo a cinco categorías: sin riesgo de erosión aparente (pérdidas de suelo menores a 2.2 t ha⁻¹ año⁻¹), riesgo de erosión ligera (2.2-10 t ha⁻¹), moderada (10-50 t ha⁻¹), alta (50-200 t ha⁻¹) y, muy alta (>200 t ha⁻¹). La erosividad de la lluvia se obtuvo, mediante la ecuación propuesta por Cortés (Figuroa *et al.*, 1991). correspondiente a la Región IV: $Y=2.89594x+0.002983x^2$, donde "Y" corresponde al índice de erosividad y "x" representa la precipitación media anual.

Con recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la participación entusiasta de los productores se recuperaron 240 hectáreas de pastizal natural, en las cuales se levantaron bordos a nivel a una distancia entre bordos (Intervalo

horizontal) de 24 m; se realizó una exclusión de ganado de dos años para permitir la recuperación del pastizal.

Resultados y Discusión

Los suelos predominantes en la microcuenca San José de Gómez son del tipo litosol (solo o asociado a otras unidades) y en segundo se encuentran los feozem; los de menor presencia en la microcuenca son del tipo de xerosol (Cuadro 1).

Cuadro 1. Unidades de suelos presentes es la microcuenca San José de Gómez.

Tipo	Área (ha)	Porcentaje
Feozem lúvico HI/2 y HI/3	1919.48	41.05%
Feozem luvico + Litosol eútrico HI+Ie/3	112.45	2.41%
Litosol I/2	506.16	10.83%
Litosol + rendzina + feozem luvico I+E+HI/3	1602.64	34.28%
Litosol + feozem luvico I+HI/2	45.88	0.98%
Xerosol haplico Xh/2	488.93	10.46%

Con relación a vegetación y uso del suelo (Cuadro 2), en la parte alta de la microcuenca se practica la actividad forestal y existe bosque natural latifoliado (*Quercus sp.*); matorral crasirosulifolio espinoso y chaparral en la parte sur; matorral espinoso (*Prosopis sp.*; *Acacia sp.*), matorral inerme y subinerme (*Agave sp.*), nopaleras (*Opuntia sp.*) e izotal (*Yucca sp.*). La vegetación que cubre las áreas pecuarias está constituido por pastizal natural (*Bouteloua gracilis* y *B. curtipendula*), matorral espinoso, nopaleras y chaparral (Ramiro, 2005).

Cuadro 2. Vegetación y uso del suelo en la microcuenca San José de Gómez.

Vegetación o uso	Descripción	Superficie	
		(ha)	%
AtpA	Agricultura de temporal permanente para cultivos anuales	1,439.48	30.92
Ch	Chaparral	28.64	0.62
CH-FBL(Q)-CR	Chaparral-Bosque natural de latifoliadas (encino) crasi-rosulifolios espinosos	73.04	1.57
Me-No	Matorral espinoso-Nopalera	48.39	1.04
Me-No-Ca	Matorral espinoso-Nopalera-Cardonal	22.2	0.48
Me-No-CR	Matorral espinoso-Nopalera-) crasi-rosulifolios espinosos	729.32	15.67
Mi-No-Iz	Matorral inerme-Nopalera-Izotal	75.52	1.62
Ms-No	Matorral subinerme-Nopalera	19.14	0.41
No-Me-CR	Nopalera-Matorral espinoso- crasi-rosulifolios espinosos	67.23	1.44
No-Me-Pn	Nopalera-Matorral espinoso-Pastizal natural	295.46	6.35
Pn	Pastizal natural	1070.61	23.00
Pn-CR-No	Pastizal natural- crasi-rosulifolios espinosos-Nopalera	189.98	4.08
Pn-Ch-CR	Pastizal natural-Chaparral- crasi-rosulifolios espinosos	398.14	8.55
Pn-Ehm	Pastizal natural-Erosión hídrica	43.11	0.93
Pn-Me-No	Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera	97.27	2.09
FBL(Q)-Ch-CR	Bosque natural de latifoliadas (encino)-Chaparral- crasi-rosulifolios espinosos	57.67	1.24

Erosión potencial y actual

La erosión potencial es la que se produciría si se elimina completamente la cubierta vegetal sin afectar al resto de parámetros de la EUPS. En la microcuenca, la erosión potencial rebasa los límites permisibles de pérdida de suelo ($10 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) en 80% de la superficie. Sin embargo, al considerar el factor por cubierta vegetal se estimó que la mayor parte de la microcuenca presenta erosión



moderada. En figura 1 se observa la ubicación de las zonas con diferentes grados de erosión potencial y actual.

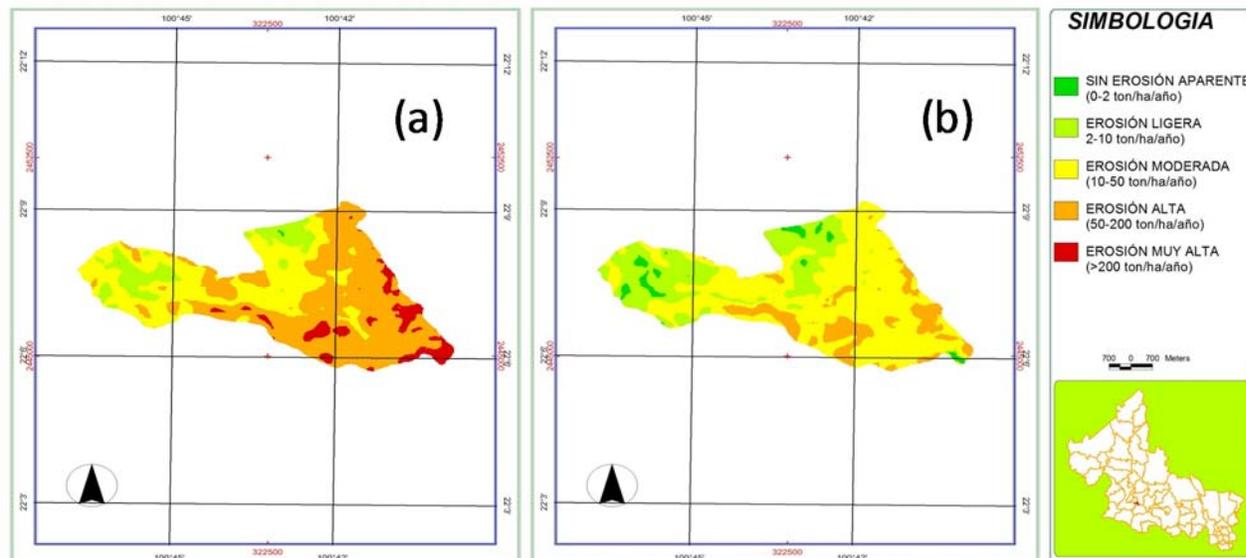


Figura 1. Erosión potencial (a) y erosión actual (b) en la microcuenca San José de Gómez.

Erosión con manejo de cobertura y prácticas mecánicas

El manejo de la cobertura vegetal (prácticas vegetativas) consideran el desarrollo de plantas en agostaderos, en sistemas agroforestales, áreas naturales y cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo (Loredo, 2005). Se considera la forma más eficiente para el control de la erosión.

Estos escenarios fueron presentados en diferentes foros, con lo cual los resultados de este estudio se integraron al Plan Rector. Con recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la participación de los productores, a partir del año 2003 se integró un comité para desarrollar un *Plan Rector de Producción y Conservación*, para establecer un ordenamiento en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y actividades de beneficio productivo para la comunidad. Se obtuvo y aplicó un programa de manejo de pastizales y diseños tipo para prácticas mecánicas.

Conclusiones

Con el uso de la EUPS se identificaron las superficies con riesgo potencial y actual a la erosión hídrica, así como la erosión esperada con manejo de cobertura y prácticas mecánicas en la microcuenca San José de los Gómez; con la participación activa de los productores fue posible definir acciones prioritarias para el manejo de los recursos agua, suelo y vegetación. Esta información se integró al Plan Rector de la microcuenca San José de Gómez, donde se han realizado prácticas mecánicas y manejo de la cobertura en los pastizales.



Agradecimientos

Al programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) por el financiamiento para este estudio en el marco del Convenio PROMEP/103.5/09/4244; folio: UASLP-PTC-258. Al Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento del proyecto 2002-6320: “Evaluación de tierras para el manejo integrado de 32 microcuencas hidrológicas en San Luis Potosí” desarrollado por el INIFAP donde se obtuvo la información cartográfica de riesgo a la erosión.

Literatura Citada

- Bravo, E.M., E. Mendoza, L.E. Medina. 2007. Escenarios de erosión bajo diferentes manejos agrícolas en la cuenca del Lago Zirahuén, Mich. México. *Investigaciones Geográficas* 68:11-21
- Brooks, K. N., P. Ffolliot, F., H. Gregersen M. and J.Thames L. 1991. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University Press/Ames. 392 p.
- Colegio de Postgraduados de Chapingo. 1977. *Manual de Conservación del Suelo y Agua*. Instructivo. SARH-SPP. Chapingo, México. 248 p.
- Figueroa, S. B., Amante O. A., Cortes T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*. SARH. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 159 pp.
- Flores, L., H. E., M. Martínez, J. L. Oropeza, E. Mejía y R. Carrillo. 2002. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. *Terra Latinoamericana* 21(2) 233-244.
- INEGI. 1978. Cartas F14-A84 y F14-A84, Modelo de elevación digital, Edafología, Uso actual y vegetación, Uso Potencial (escala 1:50,000).
- INEGI. 2005. *Censo de población y vivienda 2005*.
- Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1984. *Erosión del suelo*. John Wiley & Sons.
- Loredo O. C. Editora 2005. *Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas*. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p
- Loredo-Osti C., S. Beltrán López, F. Moreno Sánchez, M. Casiano Domínguez. 2007. *Riesgo a la Erosión Hídrica y Proyección de Acciones de Manejo y Conservación del Suelo en 32 Microcuencas de San Luis Potosí*. Libro Técnico No. 3. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 209 p.
- Mellerowics, K. T., H. W. Rees, T. L., I. Ghanem. 1994. Soil conservation planning at the watershed level using the universal Soil Loss Equation with GIS and microcomputer technologies: a case study. *J of Soil and Water Conservation* 49 (2) 194-200.
- Ortiz S., M. de la L.; Anaya G., M.; y Estrada B. W. J. 1994. *Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*. México. 49 p.
- Ramiro F. 2006. *Plan rector de microcuenca Garrochitas Panalillo II, Zaragoza, en el estado de San Luis Potosí, FIRCO*.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D.D. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning*, USDA Agric. Handbook 537.

INVESTIGACION SOBRE PROCESOS HIDROLOGICOS EN AREAS DE PASTIZALES EN ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS DE MEXICO

Dr. Miguel A. Velásquez Valle ¹

Introducción

En las regiones áridas y semiáridas del país, la escasa disponibilidad del agua limita el desarrollo y crecimiento de los cultivos. Bajo estas condiciones, el principal sistema de producción es la ganadería extensiva; por ello, la producción de biomasa (forraje o esquilmos) de los sistemas agropecuarios locales tiene como objetivo sostener la productividad y rentabilidad de la ganadería extensiva. Desafortunadamente, el balance hidrológico en estas regiones es negativo; es decir, las demandas evapotranspirativas de las plantas de los cultivos y de los pastizales nativos son demasiado altas, ya que la precipitación pluvial es insuficiente y errática (Jasso *et al.*, 1998). Por esta razón, la generación de conocimiento y la capacitación de los usuarios de los recursos naturales (agua-suelo-planta) en este tipo de regiones es indispensable para la adecuada toma de decisiones para el aprovechamiento de los escasos recursos hídricos. En las cuencas hidrológicas de las zonas áridas y semiáridas por su uso pecuario, los pastizales como ecosistema tienen un rol crítico en el balance hídrico. Como áreas de captación de agua de lluvia, el manejo de los mismos determina la cantidad de agua que escurre sobre la superficie del suelo; así como aquella que puede llegar a los mantos freáticos. Para evitar lo anterior, el entendimiento de los procesos físicos que gobiernan el movimiento del agua en los pastizales permite lograr un mejor aprovechamiento de este recurso. En este contexto, la cuantificación de los procesos hidrológicos en áreas de pastizales de las zonas áridas y semiáridas facilitará el diseño de las mejores prácticas de manejo para el uso y conservación de estos ecosistemas.

Importancia de los pastizales

Los pastizales comprenden los ecosistemas de mayor superficie en el mundo con aproximadamente 49% de la placa continental del globo terráqueo. En América del norte los pastizales son considerados uno de los ecosistemas más amenazados, a pesar de que se han llevado a cabo muchas iniciativas nacionales y binacionales para proteger las tierras de pastizal. En décadas pasadas, se consideró que en México el 40.1 de sus casi 198 millones de hectáreas se clasificaron como pastizales (Huss y Aguirre, 1978). Posteriormente, se clasificaron las 12.5 millones de hectáreas (+ 133.76 millones de hectáreas de selvas perennifolias y caducifolias, bosques mesófilos de montaña, bosques templados de coníferas y latifoliadas, y matorrales xerófilos) bajo pastoreo (INEGI, 2005).

Considerando la superficie del territorio nacional con uso pecuario ésta es alrededor de 110 millones de hectáreas; más de 60% de la superficie nacional (SAGARPA, 2001 y SEMARNAT, 2006). Recientemente, las coberturas digitales en 2002 indican que con uso pecuario existen 12.4 millones de hectáreas de pastizales cultivados, más otras 6.3 millones de hectáreas con pastizales inducidos (Sánchez-Colón *et al.*, 2008; SEMARNAT, 2008).

¹ Investigador del Campo Experimental Saltillo. CIRNE – INIFAP. Km. 342+119 Carretera Saltillo-Zacatecas. Hacienda de Buena vista. CP. 25315. Saltillo, Coah. MEXICO. velasquez.agustin@inifap.gob.mx

Degradación de los recursos naturales

La degradación de los suelos, es entendida como los procesos inducidos por el hombre que disminuyen la capacidad actual y/o futura del suelo para sostener la vida humana (Oldeman, 1989). La desertificación afecta un sexto de la población mundial, por otra parte el 73% de las tierras secas de América del norte están afectadas por el proceso de degradación de las tierras (UNEP, 1992). Este proceso disminuye la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes y servicios (UNCED, 1992). Los tipos de degradación de las tierras incluyen la erosión hídrica y eólica; la degradación física, la cual se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas del suelo (porosidad, permeabilidad, densidad aparente o de volumen y estabilidad estructural). El último tipo de degradación afecta las áreas de pastizal, donde la degradación física es consecuencia del sobrepastoreo (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980; Manzano *et al.*, 2000; IRD, 2008).

Causas de la degradación

El estado actual de uso y conservación de los pastizales, hace evidente un proceso continuo de degradación y fragmentación de estos ecosistemas y, consecuentemente, de pérdida del hábitat de muchas especies de flora y fauna.

El principal factor responsable de la degradación de los suelos de los pastizales resulta por la combinación de actividades agrícolas, ganaderas y forestales y el constante cambio de uso del suelo. Bajo estas circunstancias, los principales tipos de degradación de suelos más frecuentes son causados por los procesos de erosión eólica e hídrica (Espinosa-Ramírez *et al.*, 2011). Otros aspectos relacionados con las causas de la degradación de los recursos naturales son el pobre conocimiento de las mejores prácticas de manejo del ganado, los bajos ingresos familiares, la poca disponibilidad de recursos económicos para invertir y por último el escaso nivel de conciencia del medio ambiente por parte de los usuarios de los recursos naturales (Orona *et al.*, 2009; Guevara-Hernández *et al.*, 2011).

Antecedentes

Investigación institucional

La investigación del INIFAP en los recursos naturales de las áreas de pastizales ha sido desarrollada desde el inicio de actividades de los Institutos Nacionales de Investigaciones Forestales (1958), Agrícolas (1961) y Pecuarias (1962) y es imposible mencionar todos los estudios básicos que a la fecha se han realizando; sin embargo, se pueden señalar algunos inventarios florísticos, descripciones detalladas de los suelos, evaluación de especies vegetales, etc., (Pérez, 1961; Maldonado, 1976; González *et al.*, 1988; Castillo *et al.*, 1993; Royo y Melgoza, 2001). Los estudios de estos institutos de investigación sobre los procesos del ciclo hidrológico en áreas de pastizal iniciaron en las décadas de los 70's y 80's. Existen algunos reportes técnicos en los que se señala de manera genérica la importancia de manejar adecuadamente los recursos hídricos en los pastizales áridos del Norte de México (de la Cruz, 1980).

Recientemente el INIFAP ha participado en estudios sobre: impacto de la exclusión al pastoreo sobre las tasas de infiltración y la producción de sedimentos (Sánchez, 1984; Velásquez y Serna, 1988a; Velásquez y Serna, 1988b; Velásquez *et al.*, 2011); cálculo del balance hidrológico en

cuencas de pastizal (Serna y Velásquez, 1988); la obtención de parámetros hidrológicos del método de curva numérica para el cálculo de escurrimientos superficiales y la erosión con el modelo de la USLE (Jasso *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2003) y de erosión para parametrizar modelos como WEPP en terrenos de pastizal (Bravo-Espinosa *et al.*, 2006); de las necesidades hídricas de algunas especies de zacates para lograr el establecimiento praderas (Cruz *et al.*, 2016); modelación de la producción de sedimentos en cuenca de uso pecuario (Velásquez, 1991); impactos hidrológicos por cambio de uso de suelo (Velásquez *et al.*, 2014); uso de sistemas de información geográfica para delimitar espacialmente riesgos por erosión para diferentes usos de suelo (Loredo *et al.*, 2007).

Las técnicas y/o metodologías utilizadas por el INIFAP para la generación de información que permiten caracterizar el comportamiento o respuesta hidrológica de los pastizales incluyen el uso de diferentes tipos de infiltrometros y/o simuladores de lluvia (Sánchez *et al.*, 1999); así como el aforamiento de cauces naturales de pequeñas cuencas experimentales (de Alba *et al.*, 1990) (Figura 1).

SIMULACION DE LLUVIA



Blackburn



Asseline



Miller



Purdue

AFORO DE CAUCES EN CUENCAS



Aforador tipo
V de cresta angosta



Aforador tipo
Santa Rita



Aforador tipo
H

Figura 1. Equipo e infraestructura del INIFAP para la cuantificación de procesos hidrológicos y de erosión en áreas de pastizal.

El uso de la técnica de la lluvia artificial tiene el objetivo de evaluar tratamientos de manejo del pastizal cuando en condiciones naturales no se cuenta con el suficiente número y tipo de eventos de lluvia necesarios para determinar el impacto sobre procesos hidrológicos como la infiltración, el escurrimiento y las pérdidas de suelo. En el caso de cuencas hidrológicas, su uso está justificado



ampliamente ya que las cuencas hidrológicas son la unidad básica para el estudio y monitoreo de procesos físicos, químicos y biológicos con un enfoque de sistemas y en el cual se puede hacer un balance de los flujos de masa y energía bajo un efecto cascada dentro y hacia afuera de la cuenca. También, la cuenca es el escenario idóneo para la planeación del uso de los recursos naturales y la aplicación de los resultados generados en la etapa de investigación y/o experimentación.

Investigación de procesos hidrológicos en pastizales

Problema y/o oportunidad

La investigación de procesos hidrológicos a nivel institucional ha sido un área estratégica Nacional para el INIFAP; sin embargo, la continuidad de este tipo de estudios por su naturaleza tradicionalmente ha padecido de una falta de continuidad. Los principales argumentos para sustentar la falta de continuidad desde un punto de vista institucional son la falta de personal especializado en aspectos hidrológicos para las diferentes regiones ecológicas del país, el elevado costo de operación y mantenimiento del equipo e infraestructura; así como la falta de una estrategia para incorporar los resultados de la investigación en el proceso de toma de decisiones por parte de los manejadores de los recursos naturales. Quizá, una opción para resolver la problemática en el desarrollo de proyectos estratégicos en el área de hidrología es una sinergia de fortalezas en un contexto multidisciplinario e interinstitucional.

Pese a lo anterior, el monitoreo de procesos hidrológicos en los sitios de pastizales es en la actualidad una enorme oportunidad para cuantificar el grado de deterioro y de su control en los recursos naturales. Se ha mencionado que es tarde para reconocer el daño ambiental causado por los sistemas de producción en las zonas con pastizales del país ; sin embargo, la información hidrológica recabada desde hace décadas y aquella que con los nuevos métodos de investigación se genera actualmente es la única base de datos de este tipo con que el INIFAP puede disponer para entender y aprender sobre el manejo de los recursos naturales, calibrar y validar modelos matemáticos y capacitar a técnicos y productores.

Efecto de escala

Un factor relevante de los estudios hidrológicos desde los puntos de vista técnico; como de aplicabilidad de los resultados es la escala de medición. El INIFAP ha desarrollado investigaciones a diferentes escalas espaciales y temporales. La variabilidad de condiciones ambientales y de manejo de los pastizales en México ha dado motivo para que las mediciones de los procesos hidrológicos varíen dependiendo del objetivo de cada proyecto. Como se señaló anteriormente, los resultados de estudios hidrológicos en parcelas pequeñas (menos de 3 m²), en praderas (de varias hectáreas), en pequeñas cuencas (de menos de 100 hectáreas) y grandes cuencas (más de 100 hectáreas); así como en regiones hidrológicas (varios a cientos de km²) tienen limitaciones para su implementación. En la Figura 2, se presenta un esquema para la implementación de los resultados dependiendo de la escala de estudio. En función del objetivo en la aplicabilidad de los resultados deberá seleccionarse la escala de trabajo; así, para la investigación de procesos bajo condiciones controladas la escala adecuada es pequeñas parcelas o praderas ó lotes estándar para estudios hidrológicos. En el caso opuesto, cuando se tiene una proyección a gran escala en la implementación de programas de desarrollo, la escala apropiada debe contemplar la región hidrológica.

Necesidades de investigación hidrológica en pastizales

En cuanto a las necesidades de investigación hidrológica en áreas de pastizales son varias para el progreso de esta actividad a mediano y largo plazo. Algunas de ellas están relacionadas con la conceptualización y operación de este tipo de actividad por parte del personal directivo/administrativo de las instituciones financiadoras y operadoras de proyectos de investigación. En este concepto, la principal demanda es considerar este tipo de proyectos de investigación como estratégicos para el país, por la importancia económica y relevancia ambiental y social anteriormente expuesta.

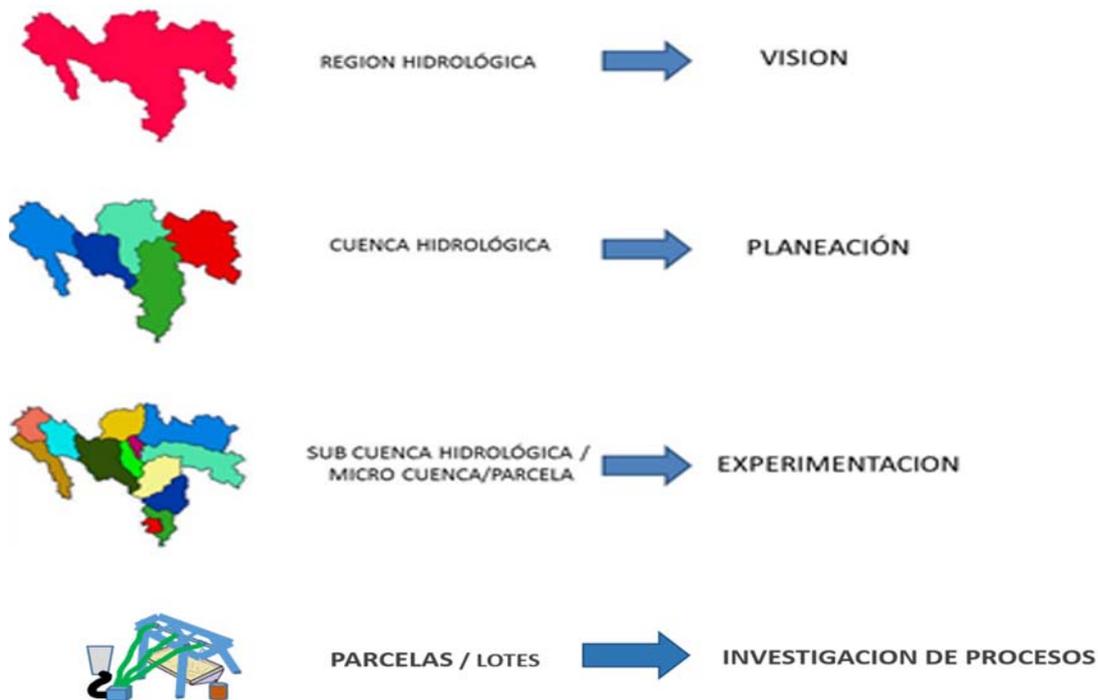


Figura 2. Jerarquización de escala y tipo acciones para estudios de cuencas hidrológicas.

Aunado a lo anterior, el personal directivo/administrativo de las instituciones señaladas debe estar conscientes de que estos proyectos no son de tan solo dos o tres años de investigación, son a largo plazo. En el contexto general, una de las principales necesidades de los resultados de la investigación es lograr una vinculación total entre ellos y la aplicación/adopción por parte de los usuarios de las innovaciones tecnológicas generadas.

En particular, las necesidades tecnológicas para el desarrollo de investigación hidrológica en los pastizales de zonas áridas y semiáridas del país se pueden señalar de la siguiente manera:

Actualizar los inventarios de los recursos climatológicos, edafológicos y de vegetación para generar información y diagnósticos dinámicos sobre el grado de deterioro de los pastizales.

Generar tecnologías para el manejo apropiado de los recursos hídricos para cuencas y/o sistemas tecnificados pastoriles, silvopastoriles y agrosilvopastoriles (Uso múltiple).

Utilizar métodos disponibles para la toma de decisiones en el diseño de la investigación para mejorar el grado de uso de los resultados por parte de los usuarios y beneficiarios.

Promover el uso de la investigación de procesos para atender las demandas de solución a problemas específicos en lugar de evaluaciones “con y sin”. En esta tesitura se deben atender los siguientes cuestionamientos:

¿Cuál es la dinámica de la respuesta de los pastizales nativos a el calentamiento global y su relación directa con el comportamiento hidrológico de los mismos?

¿Cuál es el estado del arte de la hidrología como ciencia aplicada a los pastizales?

¿Cuál es la dirección de la investigación sobre procesos hidrológicos en los pastizales que deben marcar las Instituciones públicas y privadas?

Consideraciones finales

En los pastizales de las zonas áridas y semiáridas del país, la hidrología debe ser considerada como una ciencia de apoyo en la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales ante los impactos de los eminentes cambios en las tendencias de las variables del ciclo hidrológico, debidos al calentamiento global. Para evitar ser mal utilizada, esta área del conocimiento debe actualizarse en cuanto a sus objetivos como ciencia, en la base de datos, en las metodologías de generación y análisis de información y sobretodo en la formación continua de recursos humanos.

Literatura citada

de Alba, A. A., C. Sánchez B., A. Serna P. y M. A. Velásquez V. 1990. Manejo integrado para uso múltiple de la Cuenca hidrológica “El Plateado”. In: González-Vicente, C. E., J.W. Russell, A.B. Villa-Salas and R.H. Hamre (Tech. Coord.). International Symposium: Integrated management of watersheds for multiple use. March 26 – 30, Morelia, México. Gen.Tech. Rep. RM – 198. Fort Collins, CO: USDA Forest Service. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 190 p.

Bravo-Espinoza, M., L.E. Frago-Tirado and L.E. Medina-Orozco, 2006, Parámetros de erosionabilidad del modelo WEEP para andosoles con uso pecuario en la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Téc. Pec. Méx.* 44: 129–41.

Castillo, Q., D., J. M. Aguilera Ch. y J. A. Villarreal Q. 1993. Inventario florístico del Campo Experimental “La Saucedá”, Municipio de Ramos Arizpe, Coahuila. Folleto Técnico N° 7. Campo Experimental “La Saucedá”. CIRNE – INIFAP. 20 p.

de la Cruz, C. J. A. 1980. Utilización adecuada de algunos microclimas en las zonas áridas y semiáridas del país. pp. 251 – 257. *In: Memorias de la Primera reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto.* Monterrey, N. L. México.



- Cruz, M. A., Martínez, A. Pedroza S., R. Trejo C., I. Sánchez C., J. A. Samaniego G. y R. Hernández S. 2016. Captación de agua de lluvia y retención de humedad edáfica en el establecimiento de buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 7(2): 159 – 172.
- Espinosa-Ramírez, M., E. Andrade-Limas, P. Rivera-Ortiz y A. Romero-Díaz. 2011. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. *Papeles de Geografía.* 53-54: 77 – 88.
- FAO-PNUMA-UNESCO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Via delle Terme di Caracalla., 00100 Roma Italia. pp 86.
- González, O., R. I., J. G. Ochoa G. y R. Javalera M. 1988. Cambios de la vegetación en una área excluida al pastoreo durante nueve años en el norte de Durango. *Agric. Tec. En Mex.* 14(2): 187 – 201.
- Guevara-Hernández, F., R. Pinto, L.A. Rodríguez, H. Gómez, R. Ortiz, M. Ibrahim and G. Curz. 2011. Local perceptions of degradation in rangelands from a livestock farming community in Chiapas, Mexico. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 45: 311 – 319.
- community in Chiapas, Mexico
- Huss, D. y E. L. Aguirre V. 1978. Fundamentos de manejo de pastizales. ITESM. Monterrey, NL, México.
- INEGI-CONABIO-INE. 2005. Conjunto de datos vectoriales de uso de suelo y vegetación, Escala 1:250,000, Serie III (Conjunto Nacional). Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), Aguascalientes, México.
- IRD. (Institut de Recherche Pour le Développement). 2008. (January 8). Overgrazing Accelerating Soil Erosion in Northern Mexico. *ScienceDaily*. Retrieved October 19, 2016 from www.sciencedaily.com/releases/2008/01/080107110358.htm.
- Jasso, I., R., I. Sánchez C., J. J. Stone, J. Estrada A., L. Descroix y J. Y. Loyer. 1998. Escurrimiento superficial y pérdidas de suelo en pastizales semiáridos. pp. 1-47 – 1-50. *In: Memorias del VIII Congreso Nacional de Irrigación.* ANEI. Septiembre de 1998. Región Lagunera. Mexico.
- Jasso, I., R., I. Sánchez C., J. J. Stone, A. Melgoza C., J. R. Simanton y J. G. Martínez R. 1999. Estimación de parámetros para la modelación del escurrimiento superficial y erosión hídrica. Capítulo VI. pp. 75 – 97. *In: Uso de lluvia artificial para parametrizar modelos de procesos hidrológicos.* Sanchez, C. I., J. J. Stone y R. Jasso I. (eds.). Libro Científico N° 1. CENID-RASPA. INIFAP.SAGAR. ARS-USDA. IWWI. IRD. 114 p.
- Loredo, O., C., S. Beltrán L., F. Moreno S. y M. Casiano D. 2007. Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí. Folleto técnico N° 3. Campo Experimental San Luis. CIRNE – INIFAP. San Luis Potosí, México. 209 p.
- Maldonado, A., L. J. 1976. Campo Experimental Forestal de zonas áridas “La Saucedá”, Ramos Arizpe, Coahuila. *Ciencia Forestal en México.* 1: 12 – 25.



- Manzano, M. G., J. Navar, M. Pando-Moreno and A. Martínez. 2000. Overgrazing and Desertification in Northern Mexico: Highlights on Northeastern Region. *Annals of Arid Zone* 39(3): 285-304.
- Oldeman, L.R. (Ed.) (1988): Guidelines for General Assessment of the Status of Human- Induced Soil Degradation. ISRIC Working Paper and Preprint 88/4.
- Orona, C. I., J. Estrada A., G. Rangel R., J. de J. Espinoza A., C. Vázquez V. y E. Salazar S. 2009. Ganadería ejidal y emigración en el Municipio de San Luis del Cordero, Durango, Norte de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. XIII: 46 – 57.
- Pérez, R., S. 1961. Los suelos y la vegetación del Campo Experimental Forestal “La Saucedá”, Coahuila. México. *Boletín Técnico* N° 16. SAG – INIF.
- Royo M., M. H. y A. Melgoza C. 2001. Listado florístico del Campo Experimental La Campana y usos de su flora. *Tec. Pecu. en Mex.* 39 (2): 105 – 125.
- SAGARPA. 2001. Programa sectorial, 2001-2006. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México.
- Sánchez, B., C. 1984. Effects of livestock grazing and exclusion on infiltration and sediments yields for different range sites on El Plateado Watershed. Zacatecas, México. Ph. D. Dissertation. New Mexico State University. Las Cruces, NM. U.S.A.
- Sánchez, C., I., J. J. stone y R. Jasso. (eds.) 1999. Uso de lluvia artificial para parametrizar modelos de procesos hidrológicos. Libro Científico N° 1, CENID-RASPA-INIFAP-ARS-IRD. Gómez Palacio, Dgo. 114 p.
- Sánchez, C. I., Velásquez V., M., R. Jasso I. y J.L. González B. 2003. Caracterización de la retención potencial máxima de humedad en el suelo del método SCS-CN. Aplicación a una cuenca de México. *Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XVIII: 111 – 117.
- Sánchez-Colón, S., M. Arturo, I. Cruz-Leyva y A. Velázquez. 2008. Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En R. Dirzo, R. Gonzalez y I. March (eds.), *Capital natural de México, Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
- SEMARNAT. 2006. La gestión ambiental en México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
- SEMARNAT. 2008. Sistema Nacional de Indicadores Ambientales. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Serna, P., A. and M. A. Velásquez V. 1988. Balance hídrico en una pequeña cuenca experimental de uso pecuario. Pag. 39 – 48. *In: Memorias de la V Semana de Zonas Áridas*. 26 – 28 Septiembre de 1988. URUZA – UACH. Bermejillo, Dgo. México.
- UNCED (1992). Earth summit agenda 21: Programme of action for sustainable development. New York. United Nations Department of public information.
- United Nations Environment Programme (UNEP), 1992. World Atlas of Desertification. Edward Arnold. London, England.



- Velásquez V., M.A. y A. Serna P. 1988a. Factores de Suelo y Planta que Influyen sobre el Escorrimento Superficial en Áreas de Pastoreo del Cañón del Juchipila, Zacatecas. *Terra*. 4 (1): 68-72.
- Velásquez V., M.A. y A. Serna P. 1988b. Factores que influyen en la Producción de Sedimentos en Áreas Pastoreadas del Cañón del Juchipila, Zacatecas. *TERRA* 5 (2): 140-148.
- Velásquez, V. M. A. 1991. El plateado, un modelo hidrológico de simulación para cuencas de pastizales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Edo. de México. 72 p.
- Velásquez-Valle, M. A., R. Gutiérrez L. y J. A. Muñoz-Villalobos. 2011. Manejo de la vegetación y su impacto en la respuesta hidrológica del suelo en un pastizal semiárido. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*. 3: 17 – 23.
- Velásquez, V., M., I. Sánchez C., R. Gutiérrez L., J. A. Muñoz V., H. Macías R. 2014. Impacto hidrológico del cambio de uso del suelo de un pastizal nativo a praderas de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.). *Revista Chapingo. Serie Zonas Áridas*. Vol. XIII N° 2: 47 – 58.

MODELOS HIDROLÓGICOS APLICADOS A ZONAS DE PASTIZALES DE LA MIXTECA OAXAQUEÑA

Dr. Mario R. Martínez Menez¹
Dr. Demetrio S. Fernández Reynoso¹

Los recursos naturales en México demandan de esquemas de manejo y son las cuencas hidrológicas las unidades más eficientes para su administración ya que consideran gran variedad de condiciones climáticas, pendientes y tipos y usos de suelos que generan diferentes respuestas hidrológicas. La cuencas como unidades de manejo territorial consideran las condiciones socio culturales, económicas, demográficas y naturales que le dan un enfoque ecosistémico de provisión, regulación, culturales y de sustento de los servicios ambientales (Balvanera y Cotler, 2007).

Los modelos hidrológicos apoyan a estimar la cantidad, calidad y distribución del agua. Los usos del suelo asociados a modelos hidrológicos ayudan a predecir la provisión de alimentos para la población y la ganadería, la formación o degradación de los suelos, los procesos recuperación de ecosistemas y la eficiencia y eficacia de los sistemas de producción. La orientación que brindan los modelos ayuda a manejar, mantener y mejorar la producción primaria para garantizar el arraigo familiar y el mejoramiento de las condiciones de vida de los dueños y poseedores de los recursos naturales.

La evaluación de los servicios ecosistémicos se basa en la identificación de áreas prioritarias para la provisión de servicios ambientales hidrológicos, el impacto de los cambios de uso del suelo y las prácticas de manejo asociadas con esquemas de pagos de servicios ambientales, la eficiencia de las prácticas de manejo de los sistemas de producción agrícola, pecuarios y forestales, la rentabilidad de las acciones para mejorar, mantener y atenuar el impacto del cambio climático en los servicios ambientales hidrológicos para la regulación hídrica, control de avenidas, control de la producción de sedimentos y aprovechamientos del recurso agua para la producción de alimentos.

Para evaluación de los servicios ambientales se han utilizados modelos matemáticos hidrológicos que son representaciones simplificadas de los sistemas hidrológicos reales que estudian la causa efecto de los procesos que se llevan a cabo en la cuenca a partir de datos de entradas y salidas. Los modelos matemáticos hidrológicos pueden basarse en relaciones empíricas, o en funciones matemáticas que permiten producir respuestas del sistema o salidas a las entradas temporales y espaciales en que se basan estos procesos.

El grado de complejidad de los modelos es bajo cuando se utilizan funciones matemáticas para estimar variables hidrológicas anuales basadas en coeficientes como es el caso del método racional también conocidos como modelo de carga negra y son modelos complejos cuando se trata de predecir los escurrimientos diarios o la concentración de solutos, estos son conocidos como

² Colegio de Postgraduados. Postgrado de Hidrociencias



modelos basados en procesos de tipo determinístico.

La importancia de los modelos hidrológicos se basa en que: proporcionan respuestas cuantitativas de los fenómenos físicos; sirven para obtener relaciones de causa-efecto, sin realizar cambios en los sistemas reales; ayudan a interpolar, simular escenarios y predecir fenómenos físicos a corto, mediano y largo plazo; dan idea del comportamiento del fenómeno cuando no se cuenta con información; prevén la influencia de las variables que participan en el modelo y sirven para entrenar y entender metodologías.

Para la modelación hidrológica en las cuencas es importante seleccionar el tipo modelo, la formulación del modelo, su construcción, los parámetros que utilizan, la calibración y aplicación del modelo (Ponce, 1989). El modelo a seleccionar para una cuenca debe ser: comprensivo; considerar los procesos del ciclo hidrológico; utilizarse en un amplio rango de condiciones climáticas y de suelos; que la información que se obtenga sea confiable; que las variables sean fáciles de obtener; que utilicen un mínimo de variables y parámetros; que las variables que se utilicen tengan relación con el principio que se está estudiando y que se permita introducir cambios en el uso y manejo de suelos para que los resultados sean dinámicos y consideren la causa efecto de los procesos hidrológicos. De acuerdo con la conceptualización del modelo y los parámetros a utilizar se tendrá un grado de precisión en las salidas de las variables hidrológicas que estará en función de las técnicas de calibración y validación del modelo a seleccionar (Singh y Woolhiser, 2002 y Borah y Bera, 2003).

Los modelos hidrológicos se utilizan en una gran variedad de ambientes para tratar de resolver problemas de los recursos hídricos y se basan en el uso de sensores remotos para obtener los parámetros morfométricos, los modelos digitales del terreno y la información de: usos del suelo, sistemas de manejo del suelo y vegetación, la variabilidad espacial de los suelos y sus propiedades hidrológicas, por lo que la calibración y el procesamiento de datos debe ser considerada para tener una validación que permita con mínimo riesgo utilizar dichos modelos (Singh y Woolhiser, 2002).

Los modelos hidrológicos se iniciaron con el modelo STANFORD a partir de este, existen una gran cantidad de modelos desde los más simplificados basados en formulas empíricas hasta los modelos basados en parámetros físicos con gran cantidad de parámetros a utilizar. Para selección de los modelos es necesario considerar su capacidad y el tipo de variable hidrológica a predecir, la escala temporal (eventos o continuos), representación territorial de la cuenca, balances de agua y escurrimientos en ladera, canales, subsuperficial y subterráneo (Borah D.K y M. Bera, 2003).

Se revisaron algunos modelos hidrológicos utilizados para la estimación de los servicios ambientales hidrológicos y sus impactos en los sistemas de producción agrícola y ganaderos y se encontró que son los modelos SWAT y APEX los que consideran estos aspectos como a continuación se presentan algunos resultados obtenidos de su aplicación.

Tripathi et al. (2003) utilizaron el modelo SWAT en la subcuenca Nagwan, ubicada en el Distrito Hazaribaghde del estado hindú de Bihar, para priorizar áreas críticas y elaborar un plan de manejo



en función la situación actual de las mismas. Los autores, caracterizaron las subcuencas mediante la pérdida de suelo en las categorías ligera, moderada y alta que sirvieron de base para los programas de manejo.

Sathian y Syamala (2010), mencionan que los principales estudios para la planeación de una cuenca son, la conservación del suelo y agua y el desarrollo social y económico. Señalan que estos estudios deben realizarse a nivel microcuenca ya que es la unidad básica donde los procesos hidrológicos tienen efecto sobre los recursos agua y suelo. Estos autores aplicaron el modelo SWAT en el estado hindú de Kerala para priorizar microcuencas. La subcuenca se dividió en 25 microcuencas y usaron como parámetros de priorización la tasa de erosión y la producción de sedimentos. Encontrando que la subcuenca 22, debido a las condiciones de uso del suelo, tuvo la mayor prioridad con una producción de sedimentos de 19.49 t/ha.

El modelo APEX se utilizó para el manejo de pequeñas cuencas y para la evaluación de BMP (Buenas Prácticas de Manejo), y producción de sedimentos de un área. Tripathi y Gosain (2013) aplicaron los modelos SWAT y APEX en la India para evaluar planes de manejo. Observaron buenas correlaciones entre los aforos observados y simulados con ambos modelos. Sin embargo, a nivel de microcuenca APEX simuló de mejor forma los escurrimientos que SWAT.

Kumar et al. (2011) calibraron y validaron el modelo APEX para simular los escurrimientos y la producción de sedimentos, en cuencas con manejo de densidad de pastoreo, y comparar los efectos de las fajas de amortiguamiento (buffers) en la reducción de sedimentos. El tratamiento consistió de dos cuencas con buffers agroforestales y dos cuencas de control. Las áreas de pastos incluían trébol rojo (*Trifolium pretense* L.) y lespedeza (*Kummerowia stipulacea* Maxim.) con festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.), mientras que el búfer agroforestal incluyó álamos Orientales (*Populus deltoides* Bortr. ex Marsh.) con festuca. Los valores de r (Coeficiente de Correlación) y NSE (Nash-Sutcliffe Efficiency) para los periodos de calibración y validación para el escurrimiento variaron de 0.52 a 0.78 y de 0.50 a 0.74, respectivamente. El escurrimiento y los sedimentos fueron 57% y 95%, respectivamente, más altos para las cuencas de control en comparación con las cuencas con agroforestería. Para un escenario de 10 años y doble de ancho del búfer el escurrimiento simulado disminuyó un 24%. El escurrimiento simulado de las cuencas de control fue 11% más alto, con el doble de densidad de carga animal (relativo a la densidad de los aforos), comparado con las cuencas agroforestales, también con el doble de carga animal. Con la mitad de densidad animal (relativo a la densidad de los aforos), las cuencas con agroforestería tuvieron 18% menos escurrimiento comparado con las cuencas de control. Los resultados de este estudio indican que los buffers agroforestales y la disminución de la carga animal en los pastizales reducen los escurrimientos y sedimentos.

Ambos modelos pueden ser aplicados en el manejo de cuencas, sin embargo el modelo APEX tiene la ventaja de modelar el balance hídrico a una mayor resolución espacial (nivel parcelario); lo que lo hace una herramienta más apropiada para usarse a nivel de microcuencas.

Con el concepto de modelos matemáticos aplicados a predicciones hidrológicas y con los resultados de su aplicación para entender las relaciones entre los sistemas de producción agropecuaria y las variables hidrológicas, se realizó una investigación sobre los servicios ambientales y las estrategias de manejo de los sistemas de producción en la región Mixteca de Oaxaca³. En la zona de estudio los suelos son delgados con poca capacidad de almacenamiento de agua, extremadamente susceptibles a la erosión hídrica ya que las actividades de labranza en zonas de ladera y el sobrepastoreo en las zonas de matorrales, pastizales y selvas medias y bajas caducifolias los vuelven vulnerables a la erosión, en el peor de los casos, a la formación de cárcavas.

Las causas de la degradación de los recursos naturales de la región son múltiples y complejas, las principales son: actividades agropecuarias en terrenos de laderas sin prácticas adecuadas de conservación de suelo; el pastoreo con ganado menor más allá de la capacidad óptima de recuperación de los pastos; sobre pastoreo principalmente en los años de temporal desfavorable, donde las demandas de alimento superan la producción de forraje y la extracción de leña de los agostaderos más cercanos a las comunidades rurales.

El presente trabajo se realizó utilizando el Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado por el Proyecto Mixteca⁴, con información ambiental procesada a través de modelos cartográficos para ser utilizados para la simulación hidrológica y productiva. Para proceder a esta investigación se analizó toda la información disponible, la existencia de estaciones hidrométricas, la extensión del área de estudio y la demanda de resultados como el balance hidrológico, la degradación de los suelos y la producción de materia seca (grano, forraje, madera, leña) de los usos de suelo y coberturas vegetales presentes en la cuenca. Especial interés del trabajo fue abordar el efecto de la degradación del suelo en el potencial productivo de las áreas agrícolas y pecuarias para identificar localidades con problemas de degradación y atención prioritaria.

Para realizar el balance de hidrológico de la cuenca, subcuencas y unidades de respuesta hidrológicas se utilizó el modelo SWAT (Soil and Water Assessment Tools) que fue calibrado para estimar los servicios ambientales hidrológicos y para el manejo de los sistemas de producción del cultivo de maíz y la producción de forrajes se utilizó el modelo APEX (Agricultural Policy Environmental Extender) para explicar el porqué de los rendimientos de maíz y la producción de forraje en agostaderos en función del manejo actual y compararlos como estadísticas publicadas por las dependencias oficiales, así como algunas estimaciones de campo para su calibración⁵. Finalmente se evaluó, con el APEX, el costo ecológico del cultivo de maíz y pastoreo extensivo; a fin de identificar polígonos con problemas de degradación y que requieren de atención prioritaria⁶.

³ Trabajo auspiciado por la WWF (World Wildlife Fund) a quien se le agradece su patrocinio

⁴ Proyecto Mixteca de la WWF.

⁵ WWF. 2015. Análisis hidrológico y productivo de la Cuenca del Río Sordo-Yolatepec Mixteca. Informe técnico. Proyecto Mixteca. World Wildlife Fund. México.

⁶ En este trabajo solo se presentan los resultados de las zonas de agostadero



En el presente trabajo se realizó en la cuenca del río Sordo Yolatepec enclavada en la Mixteca Oaxaqueña que tiene una superficie de 776,110.92 ha, y está conformada por 107 municipios Oaxaqueños y 2 del estado de Guerrero. El relieve es montañoso dominado en un 85% por lomeríos y laderas de fuertes pendientes, los climas predominantes en la región son los templados subhúmedos, semicálidos (20-25°C) subhúmedos y templados semisecos, con una temperatura media anual entre los 12 y 18 °C y la precipitación se presenta en el verano y varía de 500 a 4,000 mm anuales, los tipos de rocas dominantes son las calizas, esquistos, gnesis, granitos, areniscas y tobas que influyen en la presencia de los suelos del tipo Acrisoles, Rendzinas, Cambisoles, Feozem, Litosoles, Fluvisoles y Gleysoles de acuerdo con INEGI (2006). Los usos del suelo que dominan son la agricultura de temporal, bosques de pino, encino y mesófilo, pastizales naturales e inducidos, vegetación secundaria y zonas urbanas. Se utilizaron los datos hidrométricos de la estación de Ixtayutla (Clave CONAGUA 20021) en el río Sordo-Yolatepec, Oaxaca y los datos meteorológicos (precipitación, temperatura a nivel diario) de las estaciones meteorológicas que se encuentra en la cuenca y en las zonas aledañas a ellas.

Con la información disponible se calibró el modelo SWAT para la estimación de escurrimientos y sedimentos; se evaluaron los servicios de soporte a través la estimación del balance hidrológico y producción de materia seca (biomasa aérea); de los diferentes ecosistemas presentes en la cuenca. Adicionalmente, se valoraron los servicios de regulación sobre la calidad del agua y la erosión (hídrica y en cárcavas), a través de la generación sedimentos. Así mismo, se estimaron los servicios de provisión de agua y producción de forraje de las áreas de agostadero de la cuenca.

Calibración y validación de caudales y sedimentos

Una vez calibradas las curvas de crecimiento vegetal se procedió a calibrar los escurrimientos a través de los caudales medios mensuales. En la calibración mensual de los caudales se utilizó un periodo de 6 años (1975 a 1980). El primer año se tomó para contabilizar de mejor forma el contenido de humedad del suelo al inicio del periodo de calibración. Para la validación se utilizaron los parámetros seleccionados en la calibración para el periodo de observación de 1982 a 1985.

Los caudales mensuales medidos y los simulados por SWAT se muestran en la Figura 1. El modelo sobreestimó los caudales durante el periodo de lluvias; entre los meses de julio y octubre lo cual se explica por la gran cantidad de parámetros utilizados y a pesar de haber realizado previamente la calibración de la biomasa de los diferentes usos del suelo⁷. La producción de sedimentos mensuales estimados y simulados muestra una sobreestimación mayor en el mes de julio y en menor escala en el resto de los meses situación que puede explicarse por la información disponible de uso del suelo y cobertura vegetal (Figura 1).

⁷ La producción de biomasa es importante y algunas veces se carece de información, en este caso y como ejemplo para pastizales inducidos se consideró una producción de biomasa (t MS ha año) de 3, 4 y 5 como mínimo, medio y máximo y el estimado por el SWAT fue de 3.7.

En el periodo de calibración los caudales mensuales estimados muestran un muy buen ajuste con un coeficiente de $r^{28}=0.84$ y $NSE^9 = 0.83$. El modelo sobreestimó la producción de sedimentos mensuales de la cuenca alcanzándose un ajuste bueno; con $r^2=0.59$ y $NSE = 0.51$. En la validación del modelo se encontró que el caudal mensual tuvo una sobrestimación en algunos meses del año con coeficientes de $r^2=0.70$ y $NSE = 0.81$ y la producción de sedimentos mensuales estimada muestra una sobrestimación al inicio del periodo de lluvias, principalmente en los meses de mayo, junio y julio, alcanzándose un $r^2 = 0.58$ y un $NSE = 0.45$ (ajuste bueno).

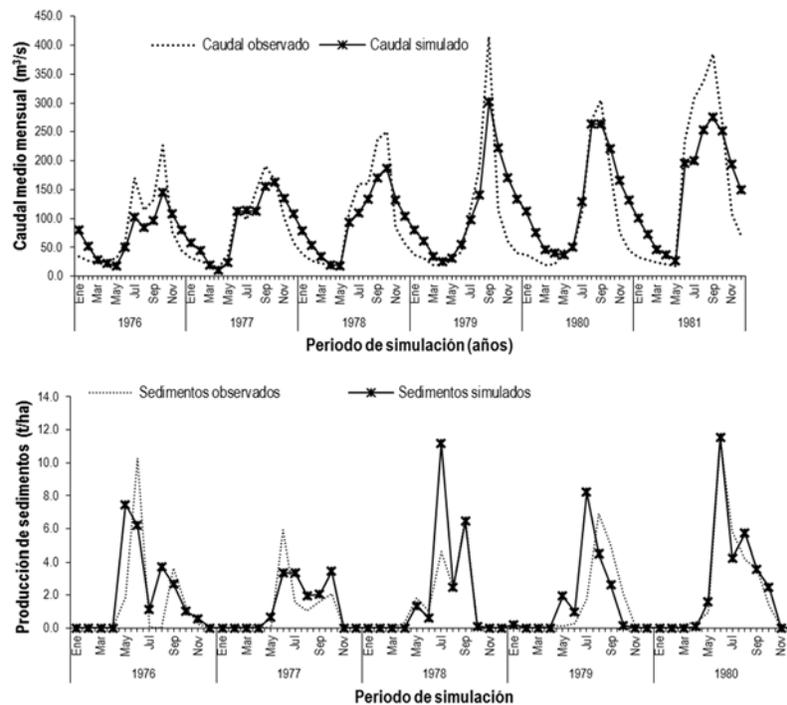


Figura 1. Caudales y producción de sedimentos mensuales observado y estimados

En términos generales, el modelo SWAT presentó mayor capacidad predictiva para estimar la producción de agua sobre la producción sedimentos, lo cual es congruente, considerando la arquitectura del modelo, ya que en la producción de sedimentos, además de los parámetros del escurrimiento superficial, se adicionan variables que controlan el cálculo de los sedimentos en suspensión e incrementan el error acumulado. El SWAT en el proceso de calibración tuvo una mayor capacidad predictiva en relación con el proceso de validación, lo cual se explica por los parámetros utilizados.

⁸ Coeficiente de determinación (r^2)

⁹ Coeficiente de eficiencia de Nash-Sutcliffe (NSE)

Producción de forraje en los agostaderos.

Una vez calibradas en SWAT las curvas de crecimiento vegetal y los parámetros que intervienen en el balance hidrológico, de cada URH, se procedió a utilizar estos mismos parámetros para alimentar APEX. Principalmente en las áreas de ladera de agostadero para el pastoreo, donde se tiene mayores problemas de degradación y en consecuencia mayores necesidades de alternativas de manejo.

Para comparar los resultados simulados de producción de biomasa estimada con los modelos SWAT y APEX, se procedió a analizar la información de requerimientos de forraje a nivel municipal. Estos requerimientos de forraje se estimaron con base en el último censo agrícola y ganadero de INEGI (2007).

De los 83 municipios de la cuenca, con superficie de agostadero, se seleccionaron para análisis de rendimientos de forraje 50 municipios. La selección de los municipios se realizó con base en la relación entre consumo de forraje, correspondiente al hato ganadero de cada municipio (INEGI, 2007), convertido en UA, y las superficies de agostadero correspondientes.

Para los 50 municipios seleccionados, la superficie de agostadero estimada a nivel municipal y las Unidades Animal que reporta INEGI (2007) se correlacionaron, el análisis de regresión mostró un coeficiente de determinación de $r^2=0.75$, una Capacidad de Carga de 0.2615 UA/ha, es decir, un Índice de Agostadero de 3.8241 UA/ha.

Una vez conocidas las necesidades totales de forraje e identificada el área de agostadero de cada municipio, se calculó el rendimiento unitario medio, en t/ha, de los agostaderos de cada municipio. Fue este rendimiento, por unidad de superficie, que se comparó con los rendimientos medios, también a nivel municipal, que fueron simulados con los modelos (Cuadro 1)¹⁰.

A nivel de cuenca se observa un rendimiento promedio estimado de forraje, en base al censo, de 2.31 t/ha (± 1.23), simulado con SWAT de 2.29 t/ha (± 0.83) y simulado con APEX de 2.85 t/ha (± 0.74). A nivel de municipio existe una mayor variación, que algunas veces esta subestimada y sobreestimada lo cual depende de las condiciones de los suelos, clima y topografía.

Los rendimientos de forraje por debajo de 2.0 t/ha (sin considerar la eficiencia de pastoreo), se localizan básicamente en Litosoles y Rendzinas, los cuales tienen baja capacidad retención de humedad; debido a lo delgado de su perfil (<15 cm) y la alta pedregosidad que los caracteriza. Los suelos tipo Regosol y Feozem presentaron los mejores rendimientos. Estos últimos pueden alcanzar, por textura fina y profundidad del perfil, producto de procesos de arrastre/depósito, un rendimiento de biomasa (sin considerar la eficiencia de pastoreo) superior a 4.0 t/ha (Figura 2).

¹⁰ En el Cuadro 1 solo muestra la información generada para 10 municipios y los promedios de producción de forraje del censo y los estimados con SWAT y APEX.

El modelo APEX, a diferencia de SWAT, es una herramienta versátil para analizar diferentes alternativas tecnológicas para los agostaderos y potreros con praderas, reforestaciones comerciales, y establecimiento de franjas de amortiguamiento en las riberas de los cauces; aplicaciones importantes para evaluar escenarios a nivel de zonas de trabajo en la toma de decisiones.

Cuadro 1. Producción de forraje, a nivel municipal, estimada según censo ganadero del INEGI (2007) y simulado con SWAT y APEX

Nombre del Municipio	Censo 2007	Superficie Municipal en cuenca	UA en el agostadero	Superficie Agostadero	Índice de agostadero (Censo)	Producción forraje (Censo)	Producción forraje (SWAT)	Producción forraje (APEX)
	UA	%	UA	ha	ha/UA	t/ha	t/ha	t/ha
Asunción Nochixtlán	2856.7	36.6	1047	2708.4	2.6	2.6	2.1	2.3
Heroica Ciudad de Tlaxiaco	5794.9	1.9	111.9	508.3	4.5	1.5	3.1	3.6
La Reforma	1132.2	70.2	794.4	1766.6	2.2	3	0.2	3.9
Magdalena Jaltepec	2309	95.9	2214.8	9530.5	4.3	1.5	2.3	2.8
Magdalena Peñasco	1223.1	88.4	1080.7	5500.3	5.1	1.3	3.1	3.6
Magdalena Yodocono	478.2	74.2	354.6	666.9	1.9	3.5	2.7	2.8
Magdalena Zahuatlán	108	98.9	106.8	1372.3	12.8	0.5	2.3	2.6
San Agustín Tlacotepec	643.8	100	643.8	1993.3	3.1	2.1	3	3.6
San Andrés Nuxiño	446.2	85.2	380	2648.5	7	1	2.1	2.8
San Antonino el Alto	569.3	93.8	533.7	950.5	1.8	3.7	2.6	2.8
40 municipios mas								
Promedio						2.3	2.3	2.9

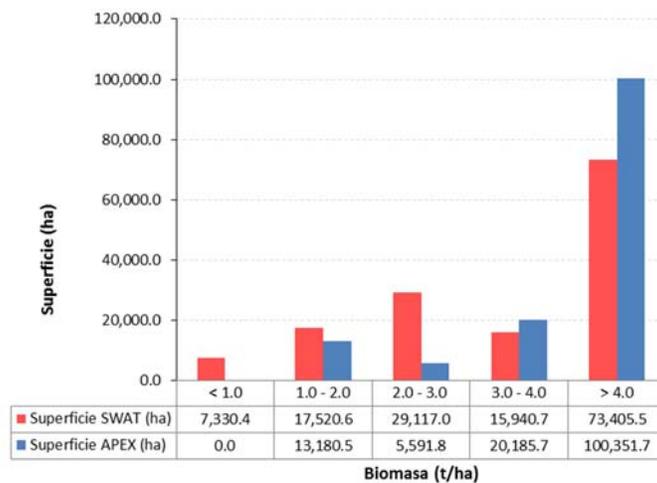


Figura 2. Distribución de la producción de biomasa en agostaderos simulada por SWAT y APEX, cuenca del río Sordo, Yolatepec, Oax.

La capacidad de carga de los agostaderos.

La capacidad de carga de los agostaderos (UA/ha/año) fue estimada a partir de los valores de biomasa simulados por APEX y SWAT, a través de polígonos delimitados por subáreas o Unidades de Respuesta Hidrológicas (HRU por sus siglas en inglés) respectivamente. Adicionalmente tomó en cuenta el consumo de materia seca por UA y la eficiencia de su aprovechamiento.

Para definir el consumo de forraje Materia Seca (MS) por UA, se estimó un consumo diario de MS del 3% del peso corporal. Es decir, para una unidad animal, de 425 kg de peso vivo, el consumo diario de MS equivale a 12.75 kg y el anual de 4.65 ton.

Con fines de cálculo se asumió una eficiencia, para el aprovechamiento de la biomasa simulada, del 70%. Este valor considera que el hato ganadero está compuesto principalmente por ganado menor el cual hace un buen aprovechamiento del forraje producido.

El modelo SWAT permitió estimar las superficies con rango de Capacidad de Carga (CC) que varió de 0.25 a más de 1 UA/ha/año, encontrando que de las 135,000 ha de agostadero en los 123 municipios, el 91% de la superficie reportaba una CC entre 0.25 y 1 UA/ha/año, en contraste con el modelo APEX reporto superficies mayores de 10,000 ha para cada rango de CC estimado (Figura 3).

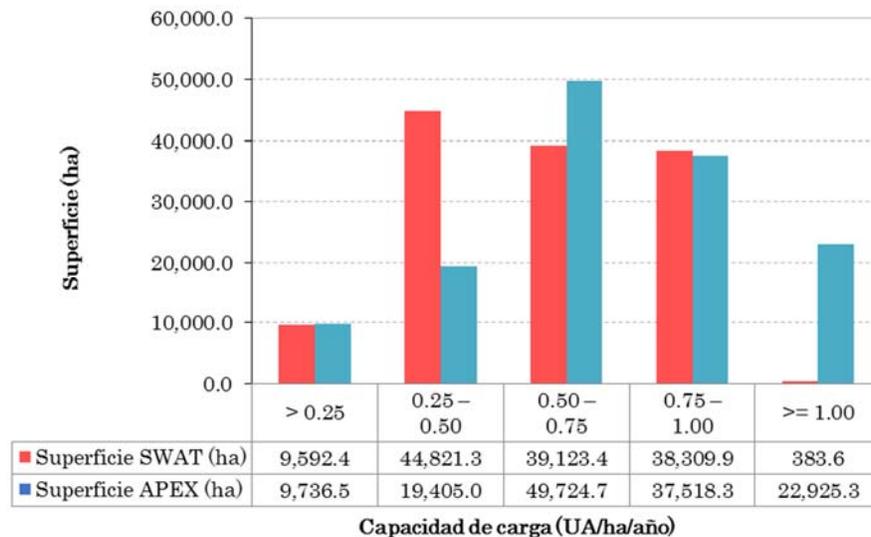


Figura 3. Distribución de la capacidad de carga animal en agostaderos simulada por SWAT y APEX, cuenca del río Sordo, Yolatepec, Oax.

A nivel de cuenca, APEX estimó un rendimiento de forraje (MS) medio de 2.85 t/ha, con un aprovechamiento de MS de: 2.0 t/ha (70% de eficiencia). Por otro lado, para un consumo anual de MS/UA de 4.65 toneladas se tendría una capacidad de carga de 0.43 UA/ha/año (MS aprovechada/consumo anual UA). Así, para una capacidad de carga de 0.43 UA/ha/año y una superficie del agostadero en la cuenca de 143,755.72 ha se podrían sostener teóricamente 61,676 UA (Cuadro 2).

Por otro lado, SWAT estimó un rendimiento de forraje (MS) medio de la cuenca de 2.29 t/ha, con un aprovechamiento de MS de: 1.6 t/ha (70% de eficiencia). Para un consumo anual de MS/UA de 4.65 ton se tendría una capacidad de carga de 0.34 UA/ha/año (MS aprovechada/consumo anual

UA). Así, para una capacidad de carga de 0.34 UA/ha/año y una área del agostadero en la cuenca de 143,755.72 ha se podrían sostener teóricamente 49,773.5 UA (Cuadro 2).

Cuadro 2. Carga animal en base a la producción de forraje y la superficie de agostadero ejidal.

No.	Municipio	Superficie de pastizal (ha)	Capacidad de carga (UA/ha/año)			Carga animal (UA)
			APEX	SWAT	Promedio	
1	Santiago Tilantongo	8,179.96	0.87	0.64	0.75	6,171.14
2	Magdalena Jaltepec	8,662.74	0.51	0.62	0.56	4,889.46
3	Santa Cruz Itundujia	8,149.65	0.79	0.29	0.54	4,382.31
4	Santiago Ixtayutla	5,917.96	1	0.38	0.69	4,100.96
5	Santa Inés de Zaragoza	6,562.68	0.52	0.67	0.59	3,888.99
6	Santo Domingo Nuxaá	5,222.35	0.79	0.68	0.74	3,845.98
7	Magdalena Peñasco	4,441.72	0.89	0.79	0.84	3,722.55
8	Zimatlán de Álvarez	3,081.20	0.7	0.82	0.76	2,339.99
9	San Francisco Jaltepetongo	3,699.56	0.59	0.55	0.57	2,115.92
10	San Antonio Huitepec	2,694.02	0.65	0.78	0.71	1,922.39
Ejemplo de 10 municipios de los 123 municipios considerado en el estudio						

La capacidad de carga media, a nivel de cuenca, es de 0.26 UA/ha y se podrían sostener teóricamente 49,773.5 UA en las 143,775.72 ha de pastizal inducido; con un índice de agostadero medio de 2.69 ha/UA/año.

En la cuenca el sobrepastoreo ha actuado reduciendo la densidad de plantas deseables, proliferando plantas no apetecidas por el ganado, reduciendo la productividad del agostadero, favoreciendo la invasión de plantas no deseables, incrementando el escurrimiento superficial, aumentado las pérdidas de suelo y finalmente acrecentando la rusticidad del agostadero con especies espinosas. Esta pérdida de la cubierta vegetal ha provocado que el agua de lluvia en los agostaderos no infiltre, sino que escurra superficialmente, propiciando la degradación de los suelos; al transportar la capa de suelo más fértil y formando cárcavas principalmente en suelos de origen sedimentario.

En la región el pastoreo se concentra alrededor de los núcleos de población. La agricultura de ladera se cultiva con maíz, básicamente para la producción de forraje que eventualmente, en los años de mejores lluvias, la producen de grano. De este modo los productores de maíz en ladera basan sus actividades en torno a la alimentación del hato ganadero, ya que es la principalmente fuente de ingresos económicos por lo que sería interesante analizar densidades de siembra de maíz forrajero para ensilado o sorgo por su mayor resistencia al estrés hídrico.

Estas valoraciones de los servicios ambientales y los sistemas de producción, permitieron identificar áreas críticas para analizar estrategias de mitigación de la degradación de los suelos, de mejora de la calidad del agua y de los procesos de producción pecuaria. Finalmente el trabajo buscó

establecer la línea base sobre la cual cuantificar los servicios ecosistémicos, por comparación, de los beneficios que logren por futuras acciones de manejo dentro de la cuenca.

La cuenca se encuentra en equilibrio dinámico, entre el avance de la rusticidad del agostadero y el número de animales que puede sostener. Al ganado menor se le culpa de ser el principal causante de la degradación de los agostaderos de la Mixteca; sin embargo esto obedece más al sistema de manejo practicado y la falta de una cultura orientada a la mejora del agostadero, la estabulación del ganado y la producción de forraje para ensilado.

La información cartográfica de la producción de biomasa y la carga animal estimada con los modelos SWAT y APEX son una excelente herramienta para la planeación de las acciones de apoyo de los programas de apoyo a la producción agropecuaria. Esta información fue presentada y entregada al personal técnico y directivo de las instituciones encargadas a fin de lograr la modernización y actualización en la toma de decisiones de los apoyos a los productores.

Literatura Citada

- Arnold, J.G., Neitsch, S.L., y Williams, J.R. 1991. Soil and Water Assessment Tool User's Manual. Version 99.2. Blackland Research Center, Texas Agricultural Experimental Station. Temple, TX.
- Balvanera P, y H, Cotler (2007). Los servicios ecosistémicos y la toma de decisiones. Retos y Perspectivas. Gaceta Ecológica número especial 84-84. Instituto Nacional de Ecología. 117-123.
- Borah, D.K y M. Bera (2003). Watershed-Scale Hydrologic and Nonpoint-Source pollution models: Review of Mathematical Bases. Transactions of the ASAE. Vol. 46(6): 1553-1566.
- INEGI. 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. www.inegi.org.mx.
- Kumar, S; Udawatta, R.P.; Anderson, S.H. 2011. APEX model simulation of runoff and sediment losses for grazed pasture watersheds with agroforestry buffers. Agroforestry Systems 83(1): 51-62.
- Ponce, M., V. 1989. Engineering Hydrology. Prentice Hall College D.
- Sathian, K. K. and P. Syamala. 2010. Prioritisation of Subwatersheds for Land and Water Management. International Journal of Earth Sciences and Engineering, Vol. 03, No. 02. 243 – 257.
- Singh, V.P. 1995. Computer models of watershed Hydrology. Water Resources Publications. 1150 pp.
- Singh V.P, y D. A. Woolhiser. 2002. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology. Journal of Hydrologic Engineering. July/August. 270-292.
- Tripathi, M. P., R. K. Panda and N. S. Raghuvanshi. 2003. Identification and Prioritization of Critical Sub-watersheds for Soil Conservation Management Using the SWAT Model. Biosystems Engineering, 85(3): 365 – 379.
- Tripathi, C.N.; Gosain, A.K. 2013. Comparative study on the performance of SWAT and APEX model for simulating water yield in Dudhi micro watershed in Madhya Pradesh, India. International Journal of Recent Scientific Research 4(4): 371-375.
- Williams, J. R.; Izaurralde, R. C.; Steglich, E. M. 2012. Agricultural Policy/Environmental eXtender Model. Theoretical Documentation. Available at: <http://epicapex.tamu.edu/apex/>
- WWF. 2015. Análisis hidrológico y productivo de la Cuenca del Río Sordo-Yolatepec Mixteca. Informe técnico. Proyecto Mixteca. World Wildlife Fund. México.