

XI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES



Memorias

Zacatecas, noviembre 2022

ISSN:1870-8196



SOMOS
ARTE, CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



CONSEJO ZACATECANO DE
CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
ESTADO DE ZACATECAS



XI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

Memorias

Compiladores

M en C. Ricardo Sánchez Gutiérrez

M en C. José Israel Casas Flores

Dr. Francisco Carrete Carreón

Zacatecas, noviembre 2022

COMITÉ ORGANIZADOR SOMMAP 2022
XI CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO PASTIZALES

Zacatecas, Zac., 16, 17 y 18 de Noviembre
Sede del evento: Teatro Fernando Calderón

Dr. Daniel Rodríguez Tenorio
Presidente del Comité Organizador

Ph. D. Ramón Gutiérrez Luna
Vicepresidente del Comité Organizador

TESORERIA

MVZ. Esp. Miriam Damián Sandoval
Dra. Fabiola Lydie Rochín Berumen

**COORDINADOR DE COMITÉ
CIENTÍFICO Y EDITORIAL**

M en C. Ricardo Sánchez Gutiérrez
M en C. José Israel Casas Flores
Dr. Francisco Carrete Carreón

COLABORADORES

Dr. Héctor Gutiérrez Bañuelos
Dr. Carlos Fernando Aréchiga Flores
Dr. Juan José de Jesús Chávez
Dr. Carlos Morales Nieto
Dr. Alán Álvarez Holguín
Dr. Raúl Corrales Lerma
Dr. Carlos Meza López
Dr. Rómulo Bañuelos Valenzuela
Dr. Alberto Muro Reyes
Dr. Fabiola Lydie Rochín Berumen

COORDINADOR DE DIFUSIÓN

Dr. Obed Gutiérrez Gutiérrez
Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo
Dr. Carlos Morales Nieto
Dr. Francisco Carrete Carreón
Dr. Carlos Enrique Aguirre Calderón
Dr. Ramón Gutiérrez Luna
Dr. Daniel Rodríguez Tenorio

**COORDINADOR DE PONENCIAS
MAGISTRALES**

Dr. Carlos Enrique Aguirre Calderón
Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo
Dra. Adriana Perea Lugo.

COORDINADOR DE TALLERES
Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo

**COORDINADOR DE
INAUGURACIÓN Y CLAUSURA**
Dra. Adriana Perea Lugo
Dr. Nat. Luis Manuel Escareño Sánchez.

**COORDINADOR DE PONENCIAS
CORTAS:**

M en C. Luis Humberto Díaz García
Dr. Alejandro Espinoza Canales
MVZ Yoana Tovar Maldonado
Dr Alberto Muro Reyes

**COORDINADOR DE TRANSMISIONES
VIRTUALES**

M en C. José Israel Casas Flores
Ing. Manuel Cuevas Solís

**COORDINADOR COMITÉ DE
CARTELES**

Dr. Eduardo de Jesús Ruíz Fernández
M en C. Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas
M en C. Daniel García Cervantes
M en C. Octavio Martínez Guerrero
M en C. Gustavo Campos Ramírez

**COORDINADOR DE CONCURSO DE
IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS**

Dr. Humberto Vega Mares
Biol. Emmeth Rodríguez Pérez

**COORDINADOR DE CONCURSO DE
FOTOGRAFÍA**

Dr. Adrián Raymundo Quero Carrillo
MVZ Raúl Santillán Medina

**COORDINADOR DE
PATROCINADORES Y STANDS
COMERCIALES**

Dr. Daniel Rodríguez Tenorio

**COORDINADOR DE ACTIVIDADES
CULTURALES Y SOCIALES**

**M. en C. Lilia Patricia López Huitrado
Dr. Nat. Luis Manuel Escareño Sánchez
MVZ Raúl Santillan Medina
Dra. Adriana Lucia Perea Lugo
M en C. Ricardo Fernández Mier
Dr. Alejandro Rivera Villegas.**

**LOGÍSTICA DEL CONGRESO,
HOTELES Y ACOMPAÑANTES
Dra. Fabiola Lydie Rochín Berumen
MVZ. Esp. Miriam Damián Sandoval**

**M en C. Paola Correa Aguado
Dra. Marisol Blancas Mosqueda
MVZ Rosa Blanca Martínez Flores.**

**COORDINADOR DE REGISTRO Y
CONSTANCIAS:**

**Dr. Francisco Javier Gutiérrez Piña
Dra. Lourdes Alonso Herrera
Lic. Bertha Idania Avalos Rivera
Lic. Blanca Alicia Espinoza Cabral
Ing. Manuel Cuevas.
CP. Mario Noriega Alvarado**

**COORDINADOR DE COMISIONES DE
ALUMNOS**

**M en C. Ricardo Fernández Mier
Dr. Alejandro Rivera Villegas**

PRESENTACIÓN

La Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas” y la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia en el marco del 60 aniversario de su fundación, se viste de gala y se enorgullece con la celebración de eventos académico-científicos de talla internacional como lo es el XI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, ya que constituye un evento donde se presentan las experiencias en el terreno de la investigación científica, donde los productos de ésta deben de cumplir su función de resolver problemas en el manejo de los pastizales en México, en la fase de presentar resultados y que puedan tener la difusión necesaria para que lleguen a los productores pecuarios bajo condiciones extensivas y les proporcionen herramientas para hacerle frente a los problemas en su sistema de producción animal.

La Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales A.C., este año designó a la muy noble y leal ciudad de Zacatecas, para la celebración de este evento tan importante a nivel nacional como en otros países, siendo esta entidad el lugar propicio para reunir a docentes, investigadores, estudiante de pre y posgrado, así como a productores pecuarios en condiciones de agostaderos, ya que Zacatecas es tierra de pastizales, dada su vasta extensión territorial con superficie de un 75 % ocupada por pastizales, que tienen una vocación eminentemente ganadera, esto la ubica como el escenario ideal para intercambiar puntos de vista, experiencias así como avances de resultados de investigación, en beneficio de Zacatecas y de México.

La ganadería en Zacatecas como en la zona norte del país, tiene un carácter preponderantemente extensivo, orientada a la venta de animales en pie, producción de leche, sus derivados y carne. La rama pecuaria presenta bajos niveles de capitalización, tecnológicos y de productividad, con una alimentación basada en el pastoreo en agostaderos que presentan escasa cubierta vegetal, con especies de valor forrajero cuya frecuencia y dominancia tiende a decrecer como resultado del sobrepastoreo, el exceso de carga animal y la falta de rotación de potreros, propiciando la erosión del suelo.

En consecuencia, la sobreexplotación de los recursos naturales, sumada al pastoreo y a la adversidad del medio físico, ha reducido rápidamente la cobertura vegetal, con el consiguiente deterioro del ecosistema, disminuyendo en buena medida su potencial, ocasionando desempleo en el medio rural, pobreza, y emigración a los Estados Unidos de Norteamérica y a las zonas urbanas.

Ante la grave situación que se vive en los agostaderos de México, se pensó en dedicar este año el congreso a un tema que, en gran medida es un problema que aqueja a todos como lo es el tema de la Sequía, por lo que las conferencias magistrales están orientadas a abordar más a profundidad así como sus posibles estrategias para contener sus efectos, ya que este fenómeno se transforma en un problema de alcance mundial.

Tenemos conferencistas de talla internacional, de países y universidades de Estados Unidos como la Universidad de Texas A&M, Texas Tech, con Universidades de Brasil como la de Rio Grande del Sur en Porto Alegre, Brasil, de Argentina, con universidades como la de la Pampa, de países como Colombia y sobretodo de especialistas en el tema de la sequía de los principales Institutos de Investigación de México, como el INIFAP, CENID-Raspa entre otras.

En base a lo anterior, realmente esperamos que la aportación que se busca con este tipo de eventos cumpla con su cometido, y que en mucho rebase las expectativas trazadas con la celebración de este evento.

Deseamos a todos ustedes se sientan como en su casa, y realmente esperamos que su estancia en esta ciudad sea lo más placentera posible y se aproveche en todos los sentidos.

¡Bienvenidos!

Dr. Daniel Rodríguez Tenorio
Presidente del Comité Organizador del XI Congreso Internacional de Manejo de
Pastizales

INDICE DE CAPITULOS

1. BOVINOS PRODUCTORES DE CARNE.....	1
2. COMPOSISICÓN BOTANICA.....	17
3. CONDICION DEL PASTIZAL.....	43
4. CULTIVOS FORRAJEROS.....	149
5. MEJORAMIENTO DEL PASTIZAL.....	178
6. NUTRICIÓN EN AGOSTADERO.....	290
7. PRODUCCIÓN DE SEMILLA.....	359
8. RECURSOS GENETICOS FORRAJEROS.....	399
9. UTILIZACION DEL PASTIZAL.....	445

INDICE

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE EXTRACTO DE <i>Azadirachta indica</i> COMO GARRAPATICIDA ORGÁNICO	1
EFFECTO DE LA PROSTAGLANDINA PGF2A Y GNRH SOBRE LA FERTILIDAD DE VACAS BRANGUS X BRAHMAN	6
PLAN DE MANEJO INTEGRAL EN EL EJIDO JUAN B. CEBALLOS, DURANGO, MÉXICO (GANADERÍA DE CARNE).....	11
BIOMASA AÉREA, CONTENIDO DE CARBONO Y COBERTURA DE GRAMÍNEAS NATIVAS Y NO NATIVAS EN AGOSTADEROS DEL NORESTE DE MÉXICO	17
MONITOREO DE COLMENAS DE <i>Apis Mellifera</i> EN PASTIZALES ABIERTOS DE LA ZONA DE MALPASO, ZACATECAS: UN ENFOQUE UTILIZANDO ARDUINO.....	23
DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN UN ÁREA DE EXCLUSIÓN EN EL EJIDO SANTO DOMINGO, DURANGO.....	30
MICRONÚCLEOS Y PROLONGACIONES NUCLEARES ERITROCITARIAS EN CERCETAS ALAS VERDES (<i>Anas crecca</i>) EN UN HUMEDAL DEL MUNICIPIO DE DURANGO.....	34
INVENTARIO DE POACEAS Y DESCRIPCIÓN FORRAJERA EN DOS POLIGONOS EJIDALES AL SURESTE DE DURANGO	40
MÉTODOS PARA ESTIMAR BIOMASA EN PASTIZALES DEL ESTADO DE CHIHUAHUA	47
MONITOREO DE LA DINÁMICA FORESTAL Y DE PASTIZAL EN EL NORTE DE MEXICO MEDIANTE DATOS ANUALES DEL SENSOR LANDSAT	53
CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR APLICADO AL MONITOREO DE SEQUÍAS EN PASTIZALES ABIERTOS EN LA ZONA DE MALPASO, ZACATECAS....	59
DENSIDAD INVERNAL DE <i>Centronyx bairdii</i> Y CARACTERIZACION DE LA VEGETACIÓN EN UN SITIO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL.....	66
DINÁMICA DEL VERDOR DE LA VEGETACIÓN DE UN PASTIZAL DOMINADO POR <i>Bouteloua gracilis</i> EN LA ÉPOCA DE LLUVIA EN EL CENTRO NORTE DEL ESTADO DE DURANGO.....	71
INDICES ESPECTRALES PARA DETECCIÓN DE CONDICIONES DE SEQUIA EN EL SUR DE SATEVÓ, CHIHUAHUA.....	76
ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI) COMO ESTIMADOR DEL RENDIMIENTO DE 4 VARIEDADES DE ZACATE DEL GENERO BOUTELOUA	82
ECOLOGÍA DE COMUNIDADES ARBUSTIVAS DE SOTOL (<i>Dasyilirion spp.</i>) EN EL NORTE DE MÉXICO.....	87
GRADOS DE AFECTACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CUCHILLAS DE LA ZARCA MEDIANTE DATOS DEL MONITOR DE SEQUÍA DE MÉXICO	93
DIVERSIDAD DE AVES MIGRATORIAS EN PASTIZALES CON INVASIÓN DE ZACATE ROSADO (<i>Melinis repens</i>) EN CHIHUAHUA.....	99

ESTRÉS HÍDRICO EN PASTOS NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS.....	105
METODOLOGÍA APLICADA EN LA DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE TASA DE CAPTURA DE CARBONO EN AGOSTADEROS DE LAS APFF MADERAS DEL CARMEN Y OCAMPO, COAHUILA, MEXICO	110
ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL AGUA EN EL SECTOR AGRICOLA DE CHIHUAHUA. .	116
COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN TRES SITIOS DE PASTIZAL EN ZACATECAS	122
COBERTURA DEL SUELO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN ÁREAS DE EXCLUSIÓN AL PASTOREO	130
ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS BIOFÍSICOS DE PASTIZAL MEDIANTE IMÁGENES SENTINEL 2A EN DURANGO, DGO. MÉXICO.	135
DESCRIPCIÓN Y USO DEL HABITAT POR EL BISONTE AMERICANO (<i>Bison bison</i>) EN LA SIERRA MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA, MÉXICO.....	140
GEORREFERENCIACIÓN DE HOJASEN (<i>Flourensia cernua</i>) EN EL ALTIPLANO POTOSINO-ZACATECANO, MÉXICO.	146
ESTIMACION DE LA COBERTURA DEL SUELO EN IMAGEN CLASIFICADA, MEDIANTE CUADRANTE VIRTUAL DE UN PASTIZAL EN PANUCO, ZACATECAS.....	152
ÁREAS VULNERABLES A INVASIÓN DE GRAMÍNEAS EXÓTICAS EN MÉXICO	157
RENDIMIENTO DE FORRAJE EN CULTIVARES DE SORGO EN EL CENTRO DE TAMAULIPAS, MÉXICO	162
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE <i>Panicum virgatum</i> , <i>Tripsacum dactyloides</i> y <i>Sporobolus airoides</i>	168
PROMOVEDORES PREGERMINATIVOS PARA MAÍZ (<i>Zea Mays L.</i>) EN SUELOS ÁCIDOS	174
COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE GRANO Y BIOMASA DE TRES VARIEDADES DE TRITICALE (<i>x Triticosecale Wittmack</i>) EN CONDICIONES DE RIEGO EN CHIHUAHUA....	181
SISTEMA DE ALERTA DE GUSANO COGOLLERO (<i>Spodoptera frugiperda</i>) CON AGRO-PRON	187
EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE <i>Morus alba</i> y <i>Morus nigra</i> EN CONDICIONES DE RIEGO EN LA LOCALIDAD DE TZUCACAB, YUCATÁN, MÉXICO	192
EFFECTO DE QUEMA, HERBICIDA Y CORTE EN LA ESTRUCTURA DE UN ZACATAL DE <i>Amelichloa clandestina</i> (HACK.) ARRIAGA & BARKWORTH EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO	196
MALEZAS COMPUESTAS DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO DEL PASTO PANGOLA (<i>Digitaria Eriantha</i>) DEDICADO A LA PASTURA DE CORTE	202
MÉTODO PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR EN CINCO CULTIVARES DE <i>Cenchrus purpureus</i> (<i>Schumach.</i>) Morrone.....	208
COLECTA Y EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Panicum lepidulum hitchc. & chase</i> EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE ZACATECAS.....	213

PLAN DE MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA MICROCUENCA PUERTO ESPINO, VILLA DE ARRIAGA, S. L. P.	219
CONTROL DE UNA ARBUSTIVA EN UN PASTIZAL DE <i>Bouteloua gracilis</i> AL NORTE DE DURANGO.....	224
RESPUESTA DE GRAMÍNEAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE A UN AMBIENTE DEL TRÓPICO SECO	230
EFFECTO DE LA PREPARACIÓN DEL SUELO EN EL ESTABLECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE ZACATE BUFFEL (<i>CENCHRUS CILIARIS L.</i>).....	236
EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr.</i>) EN DURANGO, MÉXICO	241
EFFECTO DEL RODILLO REHABILITADOR DE PASTIZALES MODIFICADO SOBRE LA DIVERSIDAD EN UN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO A 20 AÑOS DE SU APLICACIÓN.....	246
MORFOLOGÍA, EMERGENCIA Y DESARROLLO EN PASTO BANDERITA.....	251
DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE BANDERITA A DIFERENTE PROFUNDIDAD	257
RELACION ENTRE CAPACIDAD DE ESTABLECIMIENTO Y GERMINACIÓN BAJO ESTRÉS OSMÓTICO EN PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>)	246
ÍNDICE DE VEGETACIÓN AJUSTADO AL SUELO OPTIMIZADO (OSAVI) ASOCIADO A MEDICIONES DE CAMPO DE VARIEDADES DE PASTO EN ZACATECAS	252
SIEMBRA MECANIZADA DE PRADERAS DE TEMPORAL ÁRIDO. INNOVACIÓN	259
VALORACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE FITORREMEDIACIÓN CON PASTOS NATIVOS EN ZONAS ÁRIDAS	266
EVALUACION DE ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE PASTO <i>Melinis repens (WILLD.) ZIZKA</i>	272
EFFECTOS POST QUEMA EN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO Y ROSETÓFILO EN LA SIERRA MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA.	279
POTENCIAL DE ESPECIES DE PASTOS PARA LA REHABILITACIÓN DE AGOSTADEROS DEGRADADOS EN BOSQUES TEMPLADOS.....	286
FORRAJE DE <i>Gliricidia sepium (Jacq.) Kunt ex Walp.</i> COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN DIETA ENERGÉTICA DE BOVINOS EN PASTOREO.....	292
VALIDACIÓN DE COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS DE BAJO COSTO A BASE DE RASTROJO ENRIQUECIDO PARA CAPRINOS DE ZONAS ÁRIDAS.....	298
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UNA ASOCIACIÓN MOMBAZA-KUDZÚ Y SU EFFECTO EN LA GANANCIA DE PESO DE VAQUILLAS EN PASTOREO.....	304
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE VAINAS DE <i>Prosopis sp</i> DE LAS REGIONES NORTE, CENTRO Y SUR DEL ESTADO DE ZACATECAS	311
ASTRAGALUS MOLLISSIMUS COMO ESTRATEGIA PARA MITIGAR LA PRODUCCIÓN DE METANO EN RUMIANTES.....	317

ESTIMACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ZACATE (<i>Cynodon dactylon</i>) BERMUDA A PARTIR DE ANÁLISIS CONVENCIONALES UTILIZANDO EL SISTEMA DE WEENDE Y VAN SOEST, Y ALTERNATIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO.....	323
APORTE NUTRICIONAL DE LA DIETA DEL GANADO CAPRINO PASTOREANDO EN UN MATORRAL INERME PARVIFOLIO	329
COMPOSICION BOTANICA DE LA DIETA DEL GANADO CAPRINO PASTOREANDO EN UN MATORRAL INERME PARVIFOLIO.....	334
DIGESTIBILIDAD IN VITRO EN CINCO CULTIVARES DE (<i>Cenchrus purpureus</i>) ESTABLECIDOS EN TRÓPICO SECO DE NAYARIT, MÉXICO	340
EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE LA MARIOLA (<i>Parthenium incanum</i>) EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE ZACATECAS	345
CALIDAD NUTRITIVA DE LA DIETA DE BOVINOS EN PASTOREO COLECTADA CON BECERROS FISTULADOS DEL ESOFAGO Y DEL RUMEN.....	349
PRODUCCIÓN IN VITRO DE GAS METANO POR GRAMINEAS FORRAJERAS DE CLIMA TEMPLADO	355
COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD RUMINAL IN VITRO DE VAINAS DE <i>Prosopis Spp</i> DE LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE ZACATECAS	361
VIGOR Y GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE AVENA DE DIFERENTE TAMAÑO Y CON TRATAMIENTOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO	366
TAMAÑO DE SEMILLA Y TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO MODIFICAN EL VIGOR Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CEBADA	372
PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y SEMILLA DE PASTO BÚFALO <i>Bouteloua dactyloides</i> (Nutt.) <i>Columbus</i> EN TRES SITIOS CONTRASTANTES EN MORELOS, ZACATECAS	378
GERMINACIÓN DEL PASTO LOBERO (<i>Muhlenbergia phleoides</i>) CON DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD	384
MANEJO DE COSECHA EN SEMILLA DE <i>Bouteloua curtipendula</i> NdeM-303	390
PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN ECOTIPO SELECTO DE <i>Tripsacum dactylodes</i>	396
DENSIDAD DE PLANTAS Y CORTES EN RENDIMIENTO DE SEMILLA DE PASTO OVILLO, AL AÑO DE SIEMBRA.....	403
CALIDAD DE SEMILLA DE GRAMÍNEAS DE MÉXICO Y UNA NATURALIZADA	409
INDICADORES DE MADUREZ Y CALIDAD DE ESPIGUILLA EN PASTO PUNTA BLANCA <i>Digitaria californica</i> (BENTH.) HENR.....	416
LIGNINA Y PROTEÍNA CRUDA EN ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BUFFEL [<i>Pennisetum ciliare</i> (L.) Link] DE DIFERENTES PAISES	422
FACTORES CLIMÁTICOS RELACIONADO CON NIVEL DE PLOIDÍA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>)	427

EVALUACIÓN DE LA EMERGENCIA Y SUPERVIVENCIA DE DOS ESPECIES (<i>Atriplex canescens</i> y <i>Sporobolus airoides</i>) EN SUELO CONTAMINADO POR LOS JALES DE LA MINA DE NAICA.....	433
PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>) EN ZACATECAS.....	439
EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA DEL PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>) Y SU RELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS	444
EVALUACION DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DEL KIRI (<i>Paulownia tomentosa</i>) EN LOS LLANOS DE OJUELOS COMO RECURSO FORESTAL ALTERNATIVO.....	450
RECURSOS GENÉTICOS DE <i>Setaria macrostachya</i> BAJO SEQUÍA	455
DIVERSIDAD DE BANDERITA BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HIDRICO.....	462
DIVERSIDAD GENÉTICA Y SU RELACIÓN CON FACTORES AMBIENTALES EN PASTO BANDERITA (<i>Bouteloua curtipendula</i>) EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA	468
PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE ECOTIPOS DE PASTO BUFFEL EN HUANUSCO, ZACATECAS	475
IMPACTO DEL PASTOREO DE GANADO BOVINO SOBRE VARIABLES ECOLÓGICAS DEL SUELO EN UN BOSQUE ENCINO-PINO	481
ANÁLISIS DEL EFECTO AL PASTOREO EN CUATRO UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL ALTIPLANO POTOSINO.....	487
COMPOSICIÓN MORFOLOGÍCA EN PASTO MAVUNO (<i>Urochloa</i> HÍBRIDO) A DIFERENTES EDADES DE REBROTE E INTENSIDADES DE CORTE	492
CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA VEGETAL CON BASE EN EL PASTOREO DE TRES RAZAS DE GANADO	497
ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE CLITORIA TERNATEA EN CONDICIONES DE TRÓPICO	502

EVALUACIÓN DE CONCENTRACIONES DE EXTRACTO DE *Azadirachta indica* COMO GARRAPATICIDA ORGÁNICO

EVALUATION OF CONCENTRATIONS OF *Azadirachta indica* EXTRACT AS ORGANIC TICK KILLER

Luis Lauro de León González¹, Miguel Mellado Bosque², Juan Ricardo Reynaga Valdés¹, Luis Pérez Romero¹ y Erika Ávila Torres¹

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables y ²Departamento de Nutrición Animal – Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923. Buenavista, Saltillo, Coah., México. CP.25315
ldeleong@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto del extracto de neem (*Azadirachta indica*), como garrapaticida orgánico, en la comunidad de Tecajec, Municipio de Yecapixtla, Morelos, México. Hojas de neem se secaron, trituraron y se pusieron en alcohol etílico de 96° en frascos color ámbar durante 25 días para obtener la Tintura Madre. En cinco vasos de precipitado se depositaron 400 ml de la tintura y se dejaron evaporar para obtener las concentraciones de 50,60,70,80 y 90 por ciento, las que se aplicaron a ocho bovinos Cebú en 30 áreas (con 50 garrapatas como mínimo c/u), resultado de seis tratamientos; se efectuaron cinco repeticiones. Las concentraciones se compararon a un producto químico comercial. Se hicieron seis lecturas de garrapatas: desde los 20 minutos de aplicados los tratamientos, hasta el 5° día. En el análisis de los datos se usó el paquete estadístico NCSS versión 2010 para obtener medidas de tendencia central y dispersión. Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias significativas; con 98.89% de mortandad para la concentración al 60% y de 94% de mortandad en la concentración del 80%. Todas las concentraciones superaron el 60% de efectividad, valor que la FAO (1993) considera como eficaz. La concentración del 60% superó al testigo en 1.006 veces (98.89 vs 98.21%). El extracto de *Azadirachta indica* es efectivo en el control de garrapata pues registró eficacia mayor al testigo empleado.

Palabras clave: Garrapaticida, *Azadirachta indica*, extracto, concentraciones, bovinos.

ABSTRACT

The effect of neem extract (*Azadirachta indica*), as an organic tick killer, was evaluated in the Tecajec community, Municipality of Yecapixtla, Morelos, Mexico. Neem leaves were dried, crushed, and placed in 96° ethyl alcohol in amber bottles for 25 days to obtain the Mother Tincture. Four hundred mL of the tincture were placed in five beakers and allowed to evaporate to obtain 50, 60, 70, 80, and 90% concentrations, which were applied to eight Zebu cattle in 30 body areas (with at least 50 ticks each). This resulted in six treatments with five repetitions. Concentrations of the neem extract were compared to a commercial chemical tick killer. Six tick readings were made: from 20 minutes after applying the treatments, until the 5th-day post-treatment. For data analysis, the statistical package NCSS version 2010 was used to obtain measures of central tendency and dispersion. Results of the analysis of variance showed significant differences among treatments, with 98.89% mortality for the 60% concentration and 94% mortality for the 80%

concentration. All concentrations exceeded 60% effectiveness, a value that the FAO (1993) considers effective. The 60% concentration exceeded the control group by 1,006 times (98.89 vs. 98.21%). The *Azadirachta indica* extract was effective in tick control since it registered greater efficacy than the control group.

Keywords: Tick killer, *Azadirachta indica*, alcohol extract, tincture concentrations, cattle.

INTRODUCCIÓN

La ganadería doméstica y algunos animales silvestres sufren el ataque de las garrapatas, los que causan grandes pérdidas a la economía ya que estos ácaros, por su actividad chupadora de sangre, provocan daños directos e indirectos en los animales tales como: ganancia de peso reducida, acción tóxica e infecciosa, crecimiento retardado, disminución en la producción de carne y leche llegando a causar la muerte, dañan el cuero y transmiten dos tipos de protozoos del género *Babesia*: *bobis* y *bigemina*. Para el control de las garrapatas se utilizan productos químicos por medio de baños de inmersión y aspersiones mecánicas o manuales, tales como arsenicales, órganoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides sintéticos, amidinas e ivermectinas, sin embargo, estos parásitos han creado resistencia a los productos químicos por lo que es necesario buscar opciones nuevas para combatir este problema, como los garrapaticidas orgánicos a base de vegetales, para eliminarlos de manera eficaz, sin dañar el medio ambiente y cuidando el bienestar animal. Para ello, se ha usado a la gobernadora (*Larrea tridentata*) y al neem (*Azadirachta indica*) para el control de garrapatas, nemátodos, bacterias y hongos. El objetivo es evaluar concentraciones de extracto de *Azadirachta indica* como garrapaticida orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Rancho el Limoncito, comunidad de Tacajet, municipio de Yecapixtla, Morelos, México, con altitud de 1580 msnm. Hojas de neem (*Azadirachta indica*), de Cuautla, Morelos, se secaron al sol, se trituraron a mano y se metieron a estufa a temperatura de 65° C durante 72 horas. En frascos color ámbar se depositaron 750 g de hojas y 1.5 litros de alcohol de 96° para extraer las sustancias resinosas de la planta y obtener la Tintura Madre; la mezcla permaneció por 25 días, agitándola diariamente. En cinco vasos de precipitado de 500 ml, se añadieron 400 ml de tintura en cada uno y mediante la evaporación al medio ambiente se obtuvieron las concentraciones de 50,60,70,80 y 90%. La unidad de muestra consistió en áreas circulares, delimitadas con pintura de aceite sobre la piel de los bovinos, que contuvieran un mínimo de 50 garrapatas cada una. En total se delimitaron 30 áreas resultado de seis tratamientos con cinco repeticiones, en ocho animales. El testigo utilizado fue un garrapaticida químico, el que se aplicó de acuerdo a como lo recomienda el fabricante. Las garrapatas encontradas fueron de *Boophilus microplus*. Se efectuaron tres aspersiones de cada concentración de extracto de neem a cada unidad de muestra y la mortandad de garrapatas se determinó a través de la observación directa de cada parásito, realizando las lecturas a seis intervalos de tiempo: a los 20 minutos; a las 2,4 y 24 horas y; a los cuatro y cinco días después de la aplicación de los tratamientos. Para el análisis de los datos se usó el paquete estadístico NCSS 2010 para medidas de tendencia central: media, moda, mediana y, de dispersión: desviación estándar, rango máximo y mínimo, coeficiente de variación, coeficiente de dispersión y la normal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 1 expresa los porcentajes de mortandad de garrapatas a diferentes tiempos y áreas de cada bovino, en las diversas concentraciones de extracto de neem. Las concentraciones del 90,80,70,60 y 50% obtuvieron porcentajes promedio de mortandad de 62.78, 66.88, 75.93, 78.61 y 82.06, respectivamente y, el testigo de 84.38. Estos valores son inferiores a los de *León et al.* (2014), quienes reportaron 100% de mortandad promedio en sus cinco concentraciones de extracto de gobernadora (*Larrea tridentata*), mientras que *León et al.* (2019) también citan valores superiores, con 94.8, 81.2, 78.4, 80.4 y 79.2% de mortandad promedio en las diluciones 1,2,3,4 y 5 de gobernadora.

A las 24 horas obtuvimos mortandad promedio de 10.72, 10.11, 24.28, 39.97, 20.07 y 47.29% (testigo = 47.29%), para las concentraciones del 90,80,70,60 y 50%, respectivamente, porcentajes superiores a los alcanzados por *León et al.* (2019) de 8.8, 4.8, 5.6, 9.6 y 0 para sus diluciones 1 al 5 de gobernadora, respectivamente y, también mayores a *León et al.* (2009) quienes registraron 10.0, 11.11, 12.5 y 16.66% en las potencias 1,2,3 y 4 de diluciones centesimales Hahnemanianas de gobernadora, pero inferior a *León et al.* (2014), quienes registraron 49.03, 42.63, 45.07 y 63.03% en las concentraciones del 75,50,25 y 10% de gobernadora. A los cuatro días los porcentajes promedio de mortandad fueron de 25.39, 29.48, 46.19, 51.02 y 61.85%, cantidades inferiores a los de *León et al.* (2019) con 66.8, 47.6, 49.6, 51.2 y 33.2% para diluciones de la 1 a la 5, respectivamente y, también inferior a *León et al.* (2014) quienes lograron 100% de control en sus cuatro concentraciones.

Al quinto día obtuvimos valores promedio de 62.78, 66.88, 75.93, 78.61 y 82.06, porcentajes inferiores a los de *León et al.* (2019) que alcanzaron 94.8, 81.2, 78.4, 80.4 y 79.2.

En la comparación de las cinco concentraciones con el producto químico comercial (Tabla 1), a los 20 minutos, las concentraciones y el testigo tienen 0% de control; a los 40 minutos y a las 2 horas, las concentraciones son superiores al testigo; a las 24 horas y, a los días 4 y 5, el testigo superó a las concentraciones. A las 24 horas el testigo presenta 47.9% y la mejor concentración (60%) logra 39.97% de control. En el día 4, la mejor concentración (50%) alcanza 61.85% de mortandad y, el testigo 69.58%. Al quinto día, el testigo registra 84.38% y las concentraciones, del 90% al 50%, alcanzan mortandades de 62.78, 66.88, 75.93, 78.61 y 82.06%. Sin embargo, hay que destacar que en la concentración del 60%, en el área 17, se alcanzó 98.89% de mortandad, superando al testigo que logró su valor máximo de control de 98.21% en el área 30. Las cinco concentraciones de extracto de neem fueron muy superiores al 25% de mortandad que logró *Soberanes et al.* (2002) quienes compararon 10 productos químicos a base de Amitraz.

Tabla 1. Datos de mortandad obtenidos en campo aplicando las concentraciones y el testigo.

Bovino	Área	Tratamiento	Núm. Inicial de garrapatas	20 min	40 min	2 hr	4 hr	24 horas		4 días		5 días	
								núm	%	núm	%	núm	%
Becerro	1	90%	62	0	0	0	1	3	6.45	6	16.13	10	32.26
	2	90%	90	0	0	0	0	5	5.56	20	27.78	45	77.78
	3	90%	50	0	0	1	3	6	20.00	8	36.00	12	60.00
	4	90%	56	0	0	1	2	6	16.07	8	30.36	20	66.07
	5	90%	90	0	0	0	0	5	5.56	10	16.67	55	77.78
Becerra	6	80%	50	0	0	0	0	1	2.00	3	8.00	6	20.00
	7	80%	50	0	0	0	0	4	8.00	11	30.00	32	94.00
	8	80%	50	0	0	0	0	8	16.00	13	42.00	20	82
	9	80%	80	0	0	0	0	10	12.50	15	31.25	25	62.50
	10	80%	83	0	0	2	5	3	12.05	20	36.14	33	75.90
	11	70%	71	0	0	2	2	10	19.72	12	36.62	40	92.96
Semental	12	70%	50	0	0	1	2	4	14.00	13	40.00	20	80.00
	13	70%	60	0	0	5	3	11	31.67	10	48.33	11	66.67
	14	70%	50	0	1	3	6	8	36.00	12	60.00	10	80.00
Vaca 1	15	70%	50	0	0	0	3	7	20.00	13	46.00	7	60.00
	16	60%	55	0	0	0	1	30	56.36	12	78.18	2	81.82
	17	60%	90	0	2	1	2	10	16.67	0	16.67	74	98.89
Vaca 2	18	60%	91	0	1	3	5	35	48.35	6	54.95	29	86.81
	19	60%	59	0	0	0	1	4	8.47	6	18.64	8	32.20
Vaca 3	20	60%	60	0	0	4	3	35	70.00	10	86.67	4	93.33
	21	50%	90	0	1	2	5	4	13.33	29	45.56	33	82.22
	22	50%	53	0	0	0	0	25	47.17	15	75.47	8	90.57
Vaca 4	23	50%	73	0	0	0	3	4	9.59	51	79.45	0	79.45
	24	50%	80	0	0	3	2	5	12.50	40	58.75	24	92.50
Vaca 5	25	50%	90	0	0	0	6	10	17.78	29	50.00	14	65.56
	26	Testigo	100	0	0	0	8	30	38.00	5	43.00	9	52.00
	27	Testigo	53	0	0	0	7	21	52.83	11	73.58	10	92.45
	28	Testigo	50	0	0	0	5	19	48.00	10	68.00	8	84.00
	29	Testigo	63	0	0	0	5	25	47.62	20	79.37	10	95.24
	30	Testigo	56	0	0	0	7	21	50.00	19	83.93	8	98.21

CONCLUSIONES

Las concentraciones de extracto de *Azadirachta indica* (neem) son efectivas en el control de garrapatas en ganado Cebú y estadísticamente presentan mayor eficacia que el producto químico comercial. Las concentraciones del 60 y 50% obtuvieron la mayor efectividad en la muerte de garrapatas, con valores de 98.89 y 94.0%, respectivamente. En cuanto al tiempo, el porcentaje mayor de mortandad de garrapatas se registró al quinto día de la aplicación de las concentraciones

LITERATURA CITADA

- FAO (Food and Agriculture Organization). 1993. Norma Mexicana N 006-ZOO, requisitos de efectividad biológica para los ixodicidas de uso en bovinos y métodos de prueba. México. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. p. 39-42.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J.R. Reynaga V., L. Pérez R., A. Salinas Z. y J. Cabrera H. 2014. Evaluación de concentraciones de extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida. V Congreso Internacional de Manejo pastizales. SOMMAP-INIFAP. Nuevo Vallarta, Nayarit, México. p. 31-38.
- León G., L.L. de, M. Mellado B., J.R. Reynaga V., L. Pérez R., J. Dueñez A. y R. Gutiérrez S. 2019. Evaluaciones de diluciones de extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida orgánico. IX Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Chihuahua, Chih., México. p. 189.
- León G., L.L. de, M. Rodríguez A., J.R. Reynaga V., M.J. Ayala O. y L. Rodríguez G. 2009. Extracto de *Larrea tridentata* como garrapaticida contra un químico comercial (Amitraz). VI Simposio Internacional de Pastizales. ITESM-UANL. Monterrey, N.L., México. p.40-51.
- Soberanes C., N., M. Santamaría V., H. Fragoso S. y Z. García V. 2002. Primer caso de resistencia al amitraz en la garrapata del ganado *Boophilus microplus* en México. Técnica Pecuaria en México. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p. 40.

EFFECTO DE LA PROSTAGLANDINA PGF_{2A} Y GNRH SOBRE LA FERTILIDAD DE VACAS BRANGUS X BRAHMAN

EFFECT OF PROSTAGLANDIN AND GNRH ON THE FERTILITY OF BRANGUS X BRAHMAN COWS

María Fernanda Martínez Hernández¹, Joel Ventura Ríos^{2*}, Mario Alberto Santiago-Ortega³,
Alejandro García Salas²

¹Estudiante de Posgrado, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Adolfo López Mateos, C.P. 87149, Cd. Victoria, Tamaulipas, México. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315. ³Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin" km 4.5 carretera Tzucacab – Escondido Tzucacab, Yucatán, México. C. P. 97960.

joelventur@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente experimento fue evaluar 1, 2, 3 y 4, dosis de PGF_{2α} a intervalos de 14 días y una aplicación de GnRH en la sincronización del estro en vacas Brangus x Brahman. El estudio se realizó en el estado de Yucatán, México, durante los meses de marzo a junio del 2021. El estudio fue basado en cuatro tratamientos. T1= 14 vacas no lactantes con ≥ 160 d abiertos, recibieron una dosis de PGF_{2α}. T2= 12 vacas no lactantes con $>120 \leq 160$ d abiertos, recibieron dos dosis de PGF_{2α}. T3= 16 vacas en lactancia con $>70 \leq 120$ d abiertos, recibieron tres dosis de PGF_{2α}. T4= 9 vacas en lactancia con $>60 \leq 96$ d abiertos, recibieron cuatro dosis de PGF_{2α}. En todos los tratamientos las vacas recibieron 200 μ g de GnRH en el momento de la inseminación artificial. La tasa de concepción (100%) y preñez (83.3%) a 45 d fue mayor numéricamente en el T2 ($p > 0.05$). La aplicación de tres inyecciones de PGF_{2α} a intervalos de 14 d y 200 μ g de GnRH en vacas lactantes, mejora la tasa de concepción en vacas Brangus x Brahman en condiciones tropicales a un costo menor de 8 USD.

Palabras clave: Sincronización de estro, fertilidad, PGF_{2α}, GnRH, *Bos indicus*.

ABSTRACT

The objective of the present experiment was to evaluate 1, 2, 3 and 4 doses of PGF_{2α} at 14-day intervals and the application of GnRH in the synchronization of estrus in Brangus x Brahman cows. The study was carried out in the state of Yucatan, Mexico, during the months of March to June 2021. The study was based on four treatments. T1: 14 non-lactating cows with ≥ 160 d open, received 25 mg of PGF_{2α} i.m. T2: 12 non-lactating cows with $>120 \leq 160$ open days were used, they received two injections of 25 mg of PGF_{2α} i.m. at an interval of 14 d. T3: 16 lactating cows with $>70 \leq 120$ open days were used, they received three injections of 25 mg of PGF_{2α} i.m. at an interval of 14 d. T4: 9 lactating cows with $>60 \leq 96$ open days were used, they received four injections of 25 mg of PGF_{2α} i.m. at an interval of 14 d. In all treatments, cows received 200 μ g of GnRH at the time of artificial insemination. The conception rate (100%) and pregnancy (83.3%) at 45 d was higher in T2 ($p > 0.05$). The application of three or four injections of PGF_{2α} at intervals

of 14 d and 200 µg of GnRH in lactating cows, improves the conception rate in Brangus x Brahman cows under tropical conditions at a cost of less than 8 dollars.

Key words: Estrus synchronization, fertility, PGF_{2α}, GnRH, *Bos indicus*.

INTRODUCCIÓN

La producción de carne de bovinos debe aumentar de 60 a 130 millones de toneladas proyectándose hacia el 2050 con el objetivo de alimentar a una población mundial en crecimiento y se espera que el 70% de esta producción provenga de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Cooke *et al.*, 2020). La ganadería tropical de México, es considerada como una de las principales actividades para la producción de carne y leche, basado mediante un sistema de producción de doble propósito, donde la raza *Bos indicus* predomina por su gran capacidad de adaptación al clima tropical y su adaptación a altas temperaturas y humedad relativa superior al 60% (Sá Filho *et al.*, 2010b). El comportamiento reproductivo es muy importante para mejorar la eficiencia y rentabilidad de los hatos bovinos, sin embargo, en México, las tasas de pariciones anuales son inferiores al 50% (Centurión-Castro *et al.*, 2021). El anestro posparto en ganado *B. indicus*, es uno de los desafíos a los que hoy en día se enfrentan los productores, los principales factores que lo afectan son el amamantamiento y la nutrición, los cuales influyen en la reanudación de la actividad ovárica posparto, evitando alcanzar intervalos deseables de 12 meses entre partos (Báez y Grajales, 2009). El objetivo de esta investigación fue evaluar la aplicación de 1, 2, 3 y 4 dosis de prostaglandina (PGF_{2α}) a intervalos de 14 d más una aplicación de GnRH en la sincronización de estros y fertilidad de vacas Brangus x Brahman.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin” propiedad de Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA), ubicado en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México, durante los meses de marzo a junio del 2021. El estudio fue basado en cuatro tratamientos. T1: se utilizaron 14 vacas no lactantes con ≥ 160 d abiertos, recibieron una dosis de 25 mg de PGF_{2α} (i.m.). T2: se utilizaron 12 vacas no lactantes con $>120 \leq 160$ d abiertos, recibieron dos dosis de 25 mg de PGF_{2α} (i.m.) a intervalo de 14 d. T3: se utilizaron 16 vacas en lactancia con $>70 \leq 120$ d abiertos, recibieron tres dosis de 25 mg de PGF_{2α} (i.m.) a intervalo de 14 d. T4: se utilizaron 9 vacas en lactancia con $>60 \leq 96$ d abiertos, recibieron cuatro dosis de 25 mg de PGF_{2α} (i.m.) a intervalo de 14 d. Las vacas que mostraron estro en el T1 se inseminaron 12 h después de detectado el estro y recibieron 200 µg (i.m.) de GnRH. Las vacas que mostraron estro en la primera inyección del T2, primera y segunda inyección del T3, primera, segunda y tercera inyección de PGF_{2α} para el T4, no se inseminaron. Las vacas que mostraron estro a la última aplicación de PGF_{2α} se inseminaron 12 h después de detectado el estro y recibieron 200 µg (i.m.) de GnRH. Todas las vacas fueron palpadas vía transrectal 45 días después de la inseminación artificial para evaluar el diagnóstico de preñez con un ecógrafo (SONOVET 600®, Medison equipado con un transductor de 7.5 - Mhz, Aloka 210, Corometrics Medical Systems, Wallingford, CT). Las variables evaluadas fueron estro (h), tasa de servicios, tasa de concepción, y tasa de preñez. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva usando el paquete estadístico SAS (2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La respuesta al estro, horas después de aplicar PGF2a, no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$). El tratamiento 1 manifestó estro después de 54 h, mientras que el tratamiento 2 y 4 fueron similares, siendo superados por el tratamiento 3 que mostro estro 72 h después de la aplicación de PGF2a (Cuadro 1). La tasa de servicios está en función de los animales que respondieron a la aplicación de PGF2a y que fueron inseminados 12 h después de iniciado el estro, no se encontró diferencia estadística entre tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, las vacas del tratamiento 3 y 4 fueron servidas en un 100% (Cuadro 1). En estudios realizados en vacas Nelore (*B.indicus*) en lactancia y con presencia del becerro al pie, Sá Filho *et al.* (2010) reportaron tasas de servicios a los 30 y 60 días posparto de 54.6 y 64.8%, respectivamente. La tasa de concepción a 45 d después de la inseminación no mostro diferencia significativa entre tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, numéricamente el tratamiento 2 mostro (100%) seguido del tratamiento 1 (76.9%), mientras que el tratamiento 3 y 4 fueron similares con 56% y 55%, respectivamente (Cuadro 1). En vacas Sardo Negro (*B. indicus*) en lactancia, Fernández-Figueroa *et al.* (2018) reportaron una tasa de concepción del 41% y en vacas no lactantes 51% cuando las vacas fueron sincronizadas con progestágenos + benzoato de estradiol (BE) + PFG2a + gonadotropina coriónica equina (eCG). Por otro lado, Pitaluga *et al.* (2013) reportaron 50.4% de concepción con protocolos de sincronización de estros que incluyen: P4 + BE + PGF2a + eCG + cipionato de estradiol (CPE) + GnRH al momento de la inseminación artificial en vacas Nelore (*B. indicus*) con cría al pie. En general, la tasa de concepción en esta investigación supero el 50% (Cuadro 1) y los costos de cada protocolo fueron menores a 8 USD; los costos para el tratamiento 1, 2, 3 y 4 fueron 2.6, 4.3, 6.0 y 7.8 USD, respectivamente, lo cual permite poner al alcance de los productores en el trópico de México.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de PGF2a a intervalos de 14 días sobre la respuesta al estro (h), tasa de servicios y concepción en vacas Brangus x Brahman[†].

Variable	Tratamientos				Valor de P
	T1(n=14)	T2 (n=12)	T3 (n=16)	T4 (n=9)	
Estro (h)	54	60	72	59	($P>0.05$)
Tasa de servicios (%)	92.8	83.3	100	100	($P>0.05$)
	(13/14)	(10/12)	(16/16)	(9/9)	
Tasa de concepción (%)	76.9	100	56	55	($P>0.05$)
	(10/13)	(10/10)	(9/16)	(5/9)	
Tasa de preñez (%)	71.5	83.2	56	55	($P>0.05$)
	(10/14)	(10/12)	(9/16)	(5/9)	

*Tratamiento 1: vacas con una aplicación de PGF2 α ; Tratamiento 2: vacas con dos aplicaciones de PGF2 α ; Tratamiento 3: vacas con tres aplicaciones de PGF2 α ; Tratamiento 4: vacas con cuatro aplicaciones de PGF2 α . †Las aplicaciones de PGF2 α , se realizaron con intervalos cada 14 días. Todas las vacas recibieron una dosis de GnRH al momento de la inseminación.

La tasa de preñez a 45 días después de la inseminación artificial. No se encontró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P>0.05$), sin embargo, todos los tratamientos fueron superiores al 54% de tasa de preñez (Cuadro 1). En vacas Bramhan (*B. indicus*), Riveros-Pinilla *et al.* (2018) reportaron tasas de preñez del 40% con presencia del becerro sincronizadas con progestágenos + BE + PFG2 α + CPE + eCG y en otro grupo de vacas Bramhan en lactancia reportaron 53.3% de preñez cuando las vacas fueron sincronizadas con progestágenos + GnRH + PFG2 α y adicionalmente recibieron GnRH al momento de la inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). En otras investigaciones realizadas por Baruselli *et al.* (2002) reportaron tasa de preñez del 15, 42.7 y 52% en vacas Brangus sincronizadas con OvSynch, Crestar y CIDR, respectivamente.

En el Cuadro 2 se muestra la frecuencia de la condición corporal sobre la tasa de preñez, donde las vacas con condición corporal de cuatro puntos fueron superiores en la tasa de preñez (100%), seguido de vacas con condición corporal de siete (75%) y seis (73.6%), superando a vacas con condición de cinco (50%).

Cuadro 2. Análisis de frecuencia de la condición corporal sobre la tasa de preñez en vacas Brangus x Brahman con distintos días abiertos usando diferentes aplicaciones de PGF2 α .

Condición corporal	N	Tratamientos				Preñadas	
		1	2	3	4	Frecuencia	%
4	4	1	0	0	3	4	100
5	20	4	3	2	1	10	50
6	19	5	4	4	1	14	73.6
7	8	0	3	3	0	6	75
Total	51	10	10	9	5	34	74.65

*Tratamiento 1: vacas con una aplicación de PGF2 α ; Tratamiento 2: vacas con dos aplicaciones de PGF2 α ; Tratamiento 3: vacas con tres aplicaciones de PGF2 α ; Tratamiento 4: vacas con cuatro aplicaciones de PGF2 α . †Las aplicaciones de PGF2 α , se realizaron con intervalos cada 14 días. Todas las vacas recibieron una dosis de GnRH al momento de la inseminación.

En vacas Nelore (*B. indicus*) y Angus (*B. taurus*) Cooke *et al.* (2021) reportaron tasas de preñez del 51% en vacas con una condición corporal mayor que o igual a cinco puntos y el 43.8% en vacas con menor a cinco puntos. Por otro lado, Centurión-Castro *et al.* (2021) reportaron una tasa de preñez del 42, 57, y 55% con una condición corporal de cuatro, cinco y seis puntos, respectivamente, en vacas (*B. taurus x B. indicus*).

CONCLUSIÓN

En vacas no lactando, la aplicación de dos dosis de PGF2 α y para vacas en lactancia, la aplicación de tres dosis de PGF2 α a intervalos de 14 d y 200 μ g de GnRH, mejora la tasa de concepción (>50%) en vacas Brangus x Brahman en condiciones tropicales.

LITERATURA CITADA

- Báez, G. y Grajales, H. 2009. Anestro posparto en ganado bovino en el trópico. Rev. MVZ Córdoba 14 3:1867-1875.
- Baruselli, P.S., Marques, M.O., Carvalho, N.A.T., Madureira, E.H., y Campos Filho, E.P. 2002. Efeito de diferentes protocolos de inseminação artificial em tempo fixo na eficiência reprodutiva de vacas de corte lactantes. Revista Brasileira de Reprodução Animal 26 3:218-221.
- Centurión-Castro, F., Armenta-Carmona, J., Díaz-Aguilar, A., Delgado-León, R., Magaña-Monforte, J.G. y J. C. Segura-Correa. 2021. Tasa de concepción de vacas de carne *Bos taurus* x *Bos indicus* sometidas a un programa de inseminación artificial a tiempo fijo. Livestock Research for Rural Development 33 5.
- Cooke, R. F., Lamb, G. C., Vasconcelos, J. y Pohler, K. G. 2021. Effects of body condition score at initiation of the breeding season on reproductive performance and overall productivity of *Bos taurus* and *B. indicus* beef cows. Animal reproduction science 232:106820.
- Fernández-Figueroa, J. 2018. Porcentaje de concepción en vacas (*Bos indicus*) utilizando sincronización de estros e inseminación artificial a tiempo fijo (IATF). Agro Productividad 10 5:69-72.
- González-Padilla, E. 2018. Estado del Arte sobre Investigación e Innovación Tecnológica en la Ganadería Tropical. Libro Técnico 2ª. Edición. ISBN 978-607-37-1114-2.
- Pitaluga, F.S.C.P., Sá Filho, F.M., Sales, S.N.J., Baruselli, S.P. y L. Vicenti. 2013. Manipulation of the proestrous by exogenous gonadotropin and stradiol during a timed artificial insemination protocol in suckled *Bos indicus* beef cows. Livest. Sci 154:229-234.
- Riveros-Pinilla, D., Marin-Cosso, L., Parra-Aragón, J., Peña-Joya, M., Chacón-Jaramillo, L., y Gongora, O.A. 2018. Comparación de dos protocolos de inseminación artificial a tiempo fijo en vacas Bramhan. Revista MVZ Córdoba 23 S:7025-7034.
- Sá Filho, M. D., Crespilho, A. M., Santos, J. E. P., Perry, G. A., & Baruselli, P. S. 2010b. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. Animal Reproduction Science 120 1-4:23-30.
- Sá Filho, O. G., Dias, C.C., Lamb, G. C. y Vasconcelos, J. L. M. 2010. Progesterone-based estrous synchronization protocols in non-suckled and suckled primiparous *Bos indicus* beef cows. Animal Reproduction Scienc 119 1-2:9-16.

PLAN DE MANEJO INTEGRAL EN EL EJIDO JUAN B. CEBALLOS, DURANGO, MÉXICO (GANADERÍA DE CARNE)

INTEGRAL MANAGEMENT PLAN OF THE EJIDO JUAN B. CEBALLOS, DURANGO, MÉXICO (BEEF CATTLE)

David Alvarado Tinoco¹, Fernando Sánchez Arroyo³, Elia Esther Araiza Rosales², Francisco O. Carrete Carreón³, Omar Sánchez Ávila¹

¹Pasante de Ingeniería en Agronomía/Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México.

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

³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. México.

RESUMEN

La ganadería ejidal del norte de México se ha desarrollado gracias a la existencia de condiciones adecuadas de agua, temperatura y suelo prevalecientes en la región; sin embargo, en los últimos años se observa un deterioro de los recursos naturales que sustentan esta actividad y una tendencia a la emigración de la población. El presente estudio se realizó en el ejido Juan B Ceballos, municipio de Durango. Se realizó una caracterización del sistema de producción ganadero, basado en recorridos de reconocimiento, entrevistas a ganaderos y conversaciones con las autoridades ejidales. Se identificó la problemática principal que involucra el mal manejo del ganado y de los pastizales, la falta de acciones que permitan una producción sustentable que deriva en parámetro productivos muy bajos con el consecuente deterioro del pastizal. Se hace un planteamiento con acciones tendientes a mejorar la producción ganadera, conservar los recursos naturales y mejorar las condiciones generales de vida de los pobladores del Ejido.

Palabras clave: diagnóstico, problemática, recomendaciones técnicas.

ABSTRACT

Cattle ranching in ejidos in northern Mexico has developed thanks to the existence of adequate water, temperature and soil conditions prevailing in the region; however, in recent years there has been a deterioration of the natural resources that sustain this activity and a tendency towards emigration of the population. The present study was carried out in the ejido Juan B Ceballos, municipality of Durango. A characterization of the livestock production system was carried out, based on reconnaissance tours, interviews with ranchers and conversations with the ejido authorities. The main problem that involves the poor management of livestock and pastures, the lack of actions that allow a sustainable production that results in very low production parameters with the consequent deterioration of the pasture was identified. An approach is made with actions aimed at improving livestock production, conserving natural resources and improving the general living conditions of the inhabitants of the Ejido.

Keywords: diagnosis, problematic, technical recommendations.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son áreas de baja productividad debido a limitaciones físicas; por lo tanto, son inadecuadas para el cultivo, pero son capaces de mantener ganado y fauna silvestre (Holecheck *et al.*, 2011). Las tierras de pastoreo constituyen un recurso natural renovable y pueden ser manejadas en forma racional, de manera que pueden ser productivas y ambientalmente estables por tiempo indefinido. Sin embargo, se presenta un abuso creciente de las tierras de pastoreo en la región, y en el sector social. En consecuencia, el potencial productivo de estas tierras se va reduciendo de manera gradual e irreversible (INE, 1994). El problema es que la mayoría de los productores son pequeños y cuentan con predios de escasa superficie y productividad, que resultan generalmente insuficientes para soportar el número de ganado con el que cuentan. En relación a lo anterior, se ha demostrado que la rentabilidad de los ranchos está directamente influenciada por su potencial de producción de forraje (Ibarra *et al.*, 2005). En el sector social, la ganadería depende principalmente del forraje del agostadero. Esto deriva en porcentajes de pariciones entre 50 y 60 por ciento y becerros con un peso al destete entre 150 y 180 kg a los siete meses de edad, sobrepastoreo en aproximadamente 80 % de los ranchos y capacidad de carga alrededor de 18 ha por unidad animal/año (García, 2006). Una característica común en estos ambientes es la baja productividad de los animales, evaluada en términos de la cosecha neta de becerros, así como por los kilogramos de becerro destetado por vaca (García, 2006). De nada o poco servirá realizar una serie de prácticas de mejoramiento, si los productores siguen pensando en acumular el mayor número de animales y no el producto anual que generan, y el suelo y la vegetación que los sustentan (INE, 1994). En general, la ganadería del sector social presenta una problemática que es común en todos los ejidos. Cabe recordar a Rojas y Herrera (2013) quienes mencionan que “La economía social y solidaria, impulsa las organizaciones colectivas de trabajo basadas en la reciprocidad y contribuyen a resolver las necesidades materiales de sus integrantes al introducir en sus prácticas cambios que apunten a otra economía y a una sociedad mejor”. Los objetivos de este trabajo fueron: conocer la problemática general de la ganadería, proponer actividades técnicas que permitan subsanar la problemática y apoyar al ejido con acciones de capacitación para el mejoramiento de la ganadería y bienestar general de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en varias fases: El proyecto se presentó a las autoridades ejidales; se hicieron recorridos por el poblado, agostadero; se aplicó una cédula de entrevista a ganaderos. Los productores se eligieron al azar y se distribuyeron por estratos, se entrevistaron 18 productores propietarios de hasta 20 cabezas de ganado (estrato bajo), 11 con 21 a 50 cabezas (estrato medio) y 3 con un número mayor de 50 cabezas de ganado bovino (estrato alto). La entrevista consideró preguntas directas relacionadas con el componente familiar y acciones relacionadas con la ganadería. Se presentaron resultados y sugerencias generales a los productores y autoridades. La información se vació en Excel para su evaluación y se expresó en números relativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar la información generada en la encuesta, se observó que no existe diferencia en el manejo del ganado entre los productores de los diferentes estratos. Por ello, los resultados se presentan de manera general y se expresan en valores relativos. Así mismo, en la respuesta a preguntas importantes, sí se indica de qué estrato es el productor que la presenta; esto es con el objeto de identificar posible manejo diferente por estrato.

El grado académico de los productores pecuarios es importante, ya que esto influye en la posibilidad de acercarse a las tecnologías. Al respecto, el 59% de los productores solamente obtuvo el grado de educación primaria, el 22 % terminó la secundaria, el 3 % llegó a la preparatoria y el 16 % terminó una licenciatura.

La ganadería del Ejido se practica de manera tradicional, es baja la utilización de tecnologías, el ganado se maneja en un solo hato y esporádicamente, algún productor separa su ganado a un corral que construye en el mismo agostadero, especialmente para la época de secas.

El porcentaje de pariciones es de 64 y 100% de destete. La capacidad de carga de un agostadero es la superficie necesaria para sostener una UA en forma productiva y persistente por tiempo indefinido (Holechek et al., 2011). En este sentido, si se considera que el peso promedio de los animales del ejido es de 300 kg por cabeza y se transforma a Unidades animal, serían 548 U.A. las que se encuentran en el agostadero. Al respecto, considerando que el Ejido cuenta con 1934 ha de agostadero, entonces se tiene 3.5 ha por U.A. Este dato revela una sobrecarga animal exagerada, esto sin contar con los equinos que se encuentran en el Ejido.

Con relación a la suplementación, los productores ofrecen rastrojo de maíz y sorgo en la época de secas a todos los animales; el 6% ofrece pequeñas cantidades de alfalfa a pocos animales; el 13 % de los productores ofrece alfalfa y grano a algunos animales de su hato y solamente una persona del estrato alto, ofrece alfalfa a las vacas paridas. En relación a la suplementación de sal mineral, el 97 % de los productores la ofrece al ganado.

La Fundación Chile (2008) menciona que es común que, de cada 10 toros, solamente seis estén en condiciones de lograr tasas de concepción en las hembras activas. Al respecto, la encuesta reveló que solamente el 6% de los productores prepara al semental antes del empadre y estos productores son del estrato medio.

La relación toro/vacas en nuestros sistemas de producción, es un tema muy importante. Brogliatti (2013) reporta que en varios estudios en los que se compararon 1:25 vs 1:40, no se encontraron diferencias y se observaron los mismos porcentajes de servicios y de detección de celos. De acuerdo al manejo reproductivo que se realiza en el Ejido, en donde el empadre es en el agostadero, la encuesta reveló que con todos los vientres (442) del pueblo expuestos a los toros (33) que también se encuentran en el mismo agostadero, se tiene una relación semental: vacas de 1:13.4. Esta relación debería arrojar un buen porcentaje de pariciones, ya que son pocas hembras por semental. Es conveniente normar y acordar esta actividad, de tal manera que todos los productores se vean beneficiados. Esta situación contrasta con algunas explotaciones del estado de Chihuahua, en las cuales cuentan con una relación semental: vacas de 40:1 (Callejas *et al.*, 2014). Una de las

herramientas básicas en la mejora de la rentabilidad de las explotaciones es el diagnóstico de gestación. Con esta se persigue disminuir en lo posible las pérdidas económicas que ocasionan los animales no gestantes (Quintela *et al.*, 1999). Al respecto, en Ceballos solamente el 19 % de los productores la realizan.

En relación al manejo sanitario de los animales, el 100 % de los productores baña el ganado para evitar parásitos externos y usan desparasitantes comerciales para el control de parásitos internos. La vacunación del ganado la practican todos los ganaderos y utilizan el biológico conocido como 11 vías. Así mismo, el 94 % de los productores menciona que lleva registros, aunque estos sean solamente para llevar cierto control de gastos. El 78% de los productores menciona que acuden a un Médico Veterinario para recibir asistencia técnica y atención a sus animales.

Después de tener pláticas con las autoridades ejidales, de hacer un recorrido por la comunidad y el agostadero y de levantar la encuesta a los ganaderos, se percibe la siguiente problemática:

1. Alta carga animal en el agostadero
2. Alta población de equinos improductivos
3. Manejo inadecuado del empadre
4. Bajo porcentaje de pariciones
5. Manejo inadecuado de las vaquillas de reemplazo
6. Nula utilización de tecnologías reproductivas (Inseminación artificial, palpación, sincronización de celos, destete precoz)
7. Conservación inadecuada de pasturas
8. Manejo inadecuado de los sementales
9. Invasión de plantas indeseables como pasto rosado, gatuño y nopal.
10. Pérdida de agua por escurrimientos
11. Nula utilización de agua de la presa
12. Desaprovechamiento y abandono de instalaciones construidas para la cría de nutrias
13. Época de empadre muy abierta
14. Mínima suplementación del ganado en sus diferentes condiciones fisiológicas
15. Deficiente preparación de los sementales previo al empadre.
16. Mala organización para llevar un empadre controlado
17. Descuido de las vacas al parto
18. Mala nutrición durante la gestación
19. Mal manejo de las vaquillas de reemplazo
20. Destete tradicional
21. Registros incompletos
22. Pérdida de oportunidad de aprovechamiento del agua para riego
23. Falta de asistencia técnica permanente
24. Faltan fuentes de empleo
25. Falta un panteón para los animales

Cuando se les cuestiona a los productores en relación a las posibles soluciones a la problemática ejidal, el 59 % menciona que es necesario aplicar la reglamentación para el aprovechamiento del agostadero, el 49 % opina que sería benéfico eliminar los animales improductivos y el 72 % menciona la necesidad de contar con un empleo en el mismo ejido.

En relación a las recomendaciones que se hicieron, se sugiere a la población ocuparse en otras actividades productivas, deportivas, artesanales y culturales. Para ello, se pretende promover la constitución de una Misión Cultural que integre las acciones anteriormente señaladas.

Las recomendaciones generales para el mejoramiento de las condiciones de la población en el ejido Ceballos son las siguientes: Aplicar reglamento interno para ajuste de carga animal, Venta de animales improductivos, Creación de fuentes de empleo en el ejido, Siembra tecnificada de forrajes, e. Distribución de comederos y bebederos, División de cercos, Obras de conservación de suelo y agua (Keyline), Usar sementales probados, Ajustar el número de vacas por semental, Preparar adecuadamente a los sementales antes del empadre, Época de empadre restringida, Destete precoz, Uso de corraletas para suplementación de becerros, Organización de los productores para hacer las vueltas al agostadero a revisar animales y cercos, Organizar el empadre conjunto, Suplementar a los animales por etapa y condición fisiológica, Seguir en lo posible, el calendario de manejo anexo y contratación de un técnico

Las metas reproductivas potenciales para los productores del ejido Juan B. Ceballos pueden ser las siguientes: Intervalo entre partos de 12 meses (365 Días), Periodo de empadre restringido a 63 días (3 ciclos), Tasa de preñez al final del empadre de un 95 % o superior, Periodo de empadre controlado y tasa de reemplazo del 15 a 20% anual.

CONCLUSIONES

- El presente estudio detectó claramente la problemática que afecta al ejido Juan B. Ceballos y propone una serie de acciones que permitirán atacar esa problemática y mejorar la situación de la población ejidal.
- En el ejido hay una diversidad de problemáticas lo cual se logró platicar con productores para hacer recomendaciones, para el mejoramiento de agostaderos y de manejo del ganado.
- Para el desarrollo de este trabajo se dio un periodo de 5 meses hasta darlo por concluido. Se entiende que, de acatarse las sugerencias, se reflejará en beneficio para la población.
- El ejido Juan B. Ceballos cuenta con un gran potencial de desarrollo. Tiene agua, superficie de agostadero que se puede mejorar y área agrícola susceptible de explotarse de manera tecnificada.
- El Ejido se ubica muy cerca de la capital del estado, lo que lo favorece para encontrar fuentes de empleo, para comercializar sus productos y para que la población estudiantil, acuda a las escuelas.
- El Ejido cuenta con gente optimista, con ganas de trabajar y progresar.
- En términos generales, el ejido puede salir adelante si atienden las sugerencias aquí expuestas.

LITERATURA CITADA

- Brogliatti, M. G. 2013. Evaluación de la capacidad reproductiva del toro y su impacto de calidad seminal. Centro de Inseminación Artificial La Argentina Chica,
- Callejas, J. N., Aranda, G. H., Rebollar R. S., y De la Fuente M. M. L. 2014. Situación económica de la producción de bovinos de carne en el estado de Chihuahua, México. Agron. Mesoam. 25 (1):133
- Fundación Chile. 2008. Manual de Producción Bovina. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

- García E. R. 2006. Factores nutricionales y de manejo que afectan la eficiencia productiva de vacas Charolais y Hereford en agostadero. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. México. 113 p.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D. and Herbel, C. H. 2011. Range Management, Principles and Practices. 6th ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. USA. 444 p.
- Ibarra, F. F., Moreno, M. S., Martín, R. M., Denogean, B. F, y Gerlach, B. L. E. 2005. La siembra del zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. Téc. Pecu. Méx. 43(2):173-183.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 1994. Manejo y rehabilitación de agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México (Región Norte). http://repositorio.ine.gob.mx/ae3/ae_333.736153_c655.pdf (Consulta: noviembre 2021).
- Quintela, L.A., Díaz, C., Peña, A.I., Becerra, J. y Herradón, P.G. 1999. Diagnóstico precoz de gestación por ecografía transecto en la oveja. Departamento de Patología Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Santiago de Compostela. 27002 Lugo. España. Arch. Zootec. 48: 13-20.

BIOMASA AÉREA, CONTENIDO DE CARBONO Y COBERTURA DE GRAMÍNEAS NATIVAS Y NO NATIVAS EN AGOSTADEROS DEL NORESTE DE MÉXICO

ABOVE-GROUND BIOMASS, CARBON CONTENT, AND COVER OF NATIVE AND NON-NATIVE GRASSES IN RANGELANDS OF NORTHEASTERN MEXICO

Juan Emmanuel Segura-Carmona¹, José Israel Yerena Yamalle¹, Javier Jiménez Pérez¹, Eduardo Alanís Rodríguez¹, Gerardo Cuéllar Rodríguez¹, Hugo Bernal Barragán²

¹ Facultad de Ciencias Forestales Universidad Autónoma de Nuevo León

² Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la producción de biomasa aérea anual, contenido de carbono, cobertura aérea y cobertura basal de gramíneas nativas y no nativas en agostaderos en el noreste de México. El estudio se realizó en el municipio de Marín, Nuevo León, donde se distribuyeron aleatoriamente 31 parcelas de muestreo de 100 metros cuadrados, dentro de las cuales se delimitaron 5 subparcelas de muestreo de 1 metro cuadrado cada una. Los muestreos se realizaron en verano y otoño del 2021. Las gramíneas se identificaron a nivel especie, se les midió el diámetro aéreo y basal, se cortaron con tijeras de mano a nivel del suelo, se almacenaron y rotularon, posteriormente se colocaron en una estufa de secado hasta obtener peso seco constante, para estimar su biomasa aérea, contenido de carbono utilizando un factor de conversión de 0.37, la cobertura aérea y basal se calcularon asumiendo que tenían un área circular. Se realizó un ANOVA para cada una de las variables medidas. La cantidad de biomasa aérea, contenido de carbono, cobertura aérea y cobertura basal mostraron ser estadísticamente superiores para el grupo de especies no nativas que para el grupo de gramíneas nativas ($p < 0.05$). El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) es una opción viable para incrementar la cantidad de biomasa producida en el agostadero, además resulta tener una mayor cobertura vegetal, lo que ayuda a reducir los fenómenos de erosión y escorrentía que afectan los agostaderos.

Palabras clave: pastos nativos, pastos invasores, buffel, producción de agostadero, agostaderos.

ABSTRACT

The aim was to evaluate the annual aerial biomass production, carbon content, aerial and basal cover of native and non-native grasses in rangelands in northeastern Mexico. The study was carried out in Marín, Nuevo León, we distributed randomly 31 sampling plots of 100 square meters, within which 5 sampling subplots of 1 square meter each were delimited. The samplings were carried out in the summer and autumn of 2021. The grasses were identified at the species level, aerial and

basal diameter were measured, all grasses were cut with hand scissors at ground level, stored and labeled, then placed in a drying oven until constant dry weight was obtained, to estimate their aboveground biomass, carbon content using a conversion factor of 0.37, aerial and basal cover were calculated assuming circular area. An ANOVA was performed for each of the measured variables. The amount of aerial biomass, carbon content, aerial cover and basal cover showed to be statistically higher for the group of non-native species than for the group of native grasses ($p < 0.05$). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) is a viable option to increase the amount of biomass produced in the rangeland, it also results in a greater plant cover, which helps reduce the phenomena of erosion and runoff that affect the rangelands.

Keywords: native grass, invasive grasses, buffel, rangeland production, rangelands

INTRODUCCIÓN

Las especies exóticas invasoras son una amenaza para la biodiversidad y estabilidad del sistema, ya que alteran la productividad, el microclima, las interacciones entre las plantas y la disposición de los recursos, incrementan la frecuencia de incendios, y comprometen la estabilidad económica en las áreas de invasión, una vez establecidas tienen capacidad para colonizar y dispersarse fácilmente utilizando vectores como el transporte y las vías de comunicación (Arriaga et al., 2004; Díaz et al., 2012). Se sugiere también, que gran parte del daño a la biodiversidad es ocasionado por el disturbio generado en la preparación del terreno para el establecimiento de la nueva especie, antes que los efectos de la misma (Williams & Baruch 2000). El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) es una de las especies africanas invasoras más populares en el mundo, y que en algún momento fueron llamadas especies milagrosas, debido a sus características de alta tolerancia a la sequía, facilidad de establecimiento y la capacidad de producción en ambientes hostiles (Williams & Baruch 2000). En México la ganadería se abastece principalmente del forraje del agostadero debido a su relativo bajo costo comparado con los alimentos concentrados y/o cultivados (Polo 2021). Como consecuencia de la mala condición de los agostaderos en México, el pasto buffel fue introducido alrededor de 1950 con el fin de mejorar los índices productivos principalmente en la ganadería extensiva, buscando aumentar la producción de forraje para el ganado, restaurar áreas sobrepastoreadas y reducir la erosión del suelo (Flanders et al., 2006; Esqueda & Carrillo-Romo 2001; Ibarra et al., 2005).

El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial actual de producción de biomasa aérea anual, contenido de carbono, cobertura aérea y cobertura basal de gramíneas nativas y no nativas, en agostaderos donde el pasto buffel se ha establecido por dispersión y no por establecimiento. Nuestra hipótesis es que las especies no nativas que han colonizado el agostadero sin actividades de establecimiento tienen un mejor desempeño productivo que las especies nativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en agostaderos ubicados en el municipio de Marín, Nuevo León (25° 53'N: 100° 03'W). Esta zona se caracteriza por recibir precipitaciones entre los 400 a los 600 mm anuales. El tipo principal de vegetación es de Matorral Espinoso Tamaulipeco (MET) además de contar con áreas de pastizal inducido y agrícolas. El área de agostadero presenta una invasión natural de zacate buffel que se ha diseminado en las décadas recientes.

Se distribuyeron aleatoriamente en el agostadero 31 parcelas de muestreo de 10 metros por 10 metros, evitando que estas se ubicaran en caminos, áreas agrícolas, arroyos, praderas o zonas de disturbio evidente, se delimitaron 5 subparcelas de muestreo de un metro cuadrado cada una dentro de cada parcela. El muestreo se realizó durante el año 2021 y se llevó a cabo cuando las plantas alcanzaron su crecimiento máximo después de presentarse precipitaciones significativas (Polo 2021). El primer muestreo se realizó del 15 de junio al 15 de julio del 2021, el segundo muestreo del 15 de octubre al 15 de noviembre del 2022. En cada una de las subparcelas a cada planta gramínea se le identificó, se le midió el diámetro aéreo y diámetro basal (en ambos diámetros se midió el diámetro mayor y se tomó una segunda medida perpendicular al mismo). La cobertura aérea y basal se calculó, asumiendo que tenían un área circular, por lo que se promediaron los diámetros y se procedió a calcular el área. Posteriormente se cortó con tijeras de mano a nivel del suelo, se rotuló y se almacenó en bolsas de papel kraft para ser introducidas en una estufa de aire forzado a 60°C hasta llegar a peso constante, posteriormente se determinó su peso con base en materia seca.

Los datos de cada especie se agruparon en especies nativas y no nativas, para posteriormente calcular la biomasa aérea (kg MS ha^{-1}), contenido de carbono (kg C ha^{-1}), multiplicando la cantidad de biomasa aérea por el factor de conversión de 0.37, valor promedio obtenido de lo reportado por Yerena-Yamallel y colaboradores (2020), quienes evaluaron la concentración de carbono de la raíz y el vástago de 21 especies de pastos presentes en el matorral espinoso tamaulipeco, pastizal inducido, matorral submontano y bosque de encino en ubicaciones a menos de 125km del área de estudio, se recomienda utilizar valores específicos para especie o grupo de especies de la región para evitar sobreestimar el contenido de carbono (Yerena-Yamallel et al., 2020). Los datos de los muestreos se conjuntaron para obtener datos anuales, dividiendo las especies en dos grupos, nativas y no nativas, posteriormente se realizó un ANOVA de un factor para producción de biomasa, contenido de carbono, cobertura aérea y cobertura basal.

RESULTADOS

El grupo de gramíneas nativas se compuso de *Pappophorum bicolor*, *Aristida purpurea*, *Tridens muticus*, *Tridens texanus*, *Bouteloua simplex*, *Setaria leucopila*, *Hilaria swallenii* y *Bouteloua curtipendula*. El grupo de gramíneas no nativas se conformó solamente por *Cenchrus ciliaris*. Los resultados anuales de cantidad de biomasa aérea (Figura 1a), contenido de carbono (Figura 1b), cobertura aérea (Figura 1c) y cobertura basal (Figura 1d) mostraron ser estadísticamente superiores para el grupo de especies no nativas que para el grupo de gramíneas nativas ($p < 0.05$).

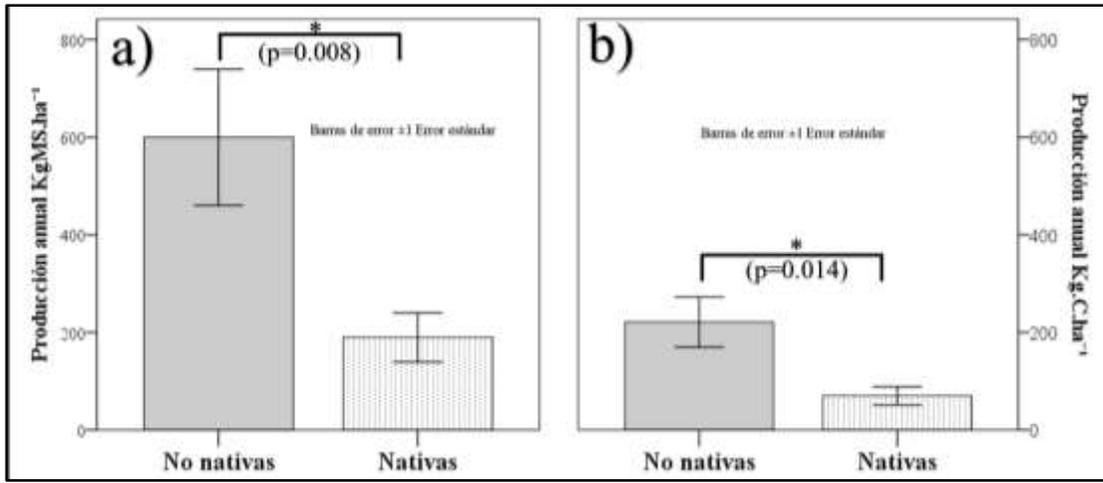


Figura 1 Biomasa aérea expresada en kg M.S ha.⁻¹ entre gramíneas nativas y no nativas (a). Contenido de carbono expresado en kg C ha.⁻¹ entre gramíneas nativas y no nativas (b).

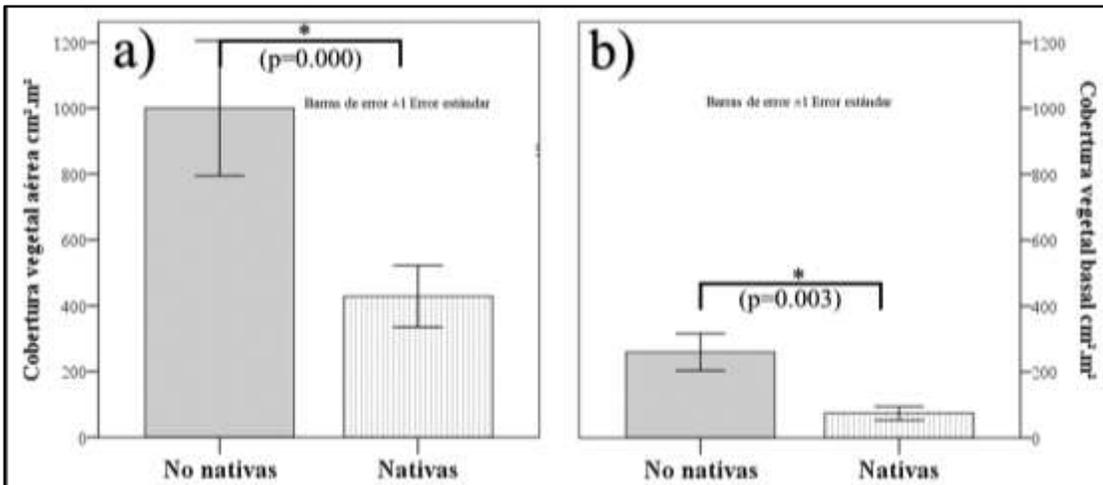


Figura 2. Cobertura aérea (a) y basal (b) (cm.² m.²) de los grupos de especies gramíneas nativas y no nativas.

DISCUSIÓN

Los resultados de biomasa, contenido de carbono y cobertura coinciden con los reportados por otros investigadores que han evaluado el comportamiento del pasto buffel al establecerse con especies nativas, generando competencia y reduciendo la disponibilidad de agua (Eilts & Huxman,

2013), además de disminuir el vigor y germinación de las semillas de los arbustos que coexisten en el agostadero (Edwards et al., 2019). Los lixiviados de las hojas y tallos de *C. ciliaris* producen un efecto alelopático sobre las especies nativas (Farrel & Gornish, 2019).

La mayor producción de biomasa del pasto buffel es similar a lo estimado por Esqueda & Carrillo-Romo (2001) quienes compararon dos especies gramíneas exóticas africanas con gramíneas nativas en pastizales del Estado de Chihuahua, obteniendo producciones superiores a 300% para las especies exóticas cuando se establecían en el pastizal. La mayor cantidad de carbono fue en el grupo de especies no nativas obedece a que el zacate buffel es capaz de adaptarse a entornos de competencia por recursos, obteniendo producciones superiores a las especies nativas (Farrel et al., 2022). Además, los pastos africanos suelen tener mayores contenidos de carbono, debido a que su raíz tiende a ser más profunda, haciendo más competitiva la planta contra las especies nativas (Williams & Baruch, 2000). Flanders y colaboradores (2006), mencionan que la cobertura en áreas donde se estableció el pasto buffel fue mayor que la cobertura vegetal que las áreas aledañas dominada por las especies nativas lo cual es similar a lo determinado en este estudio.

Existe la necesidad de los ganaderos por mejorar la producción de forraje para la ganadería, una solución documentada es el establecimiento de pasto buffel ya que permite aumentar la producción y tener explotaciones más rentables y sustentables. (Ibarra et al., 2005; Gutiérrez-Luna et al., 2022; Farrel & Gornish, 2019). Sin embargo, el uso de especies exóticas para la mejora del agostadero debe realizarse de manera cuidadosa y debe monitorearse para aplicar estrategias de manejo en caso de ser necesario (Arriaga et al., 2004). Además, las condiciones de los agostaderos en México son muy susceptibles a la invasión del pasto buffel y se espera que se extienda a gran escala durante este siglo (Siller-Clavel et al 2022). Actualmente en el estado de Sonora se ha reportado que el pasto buffel se ha extendido en más del 60% de las carreteras del estado. (Morales-Romero et al., 2019).

CONCLUSIONES

El pasto buffel es una opción viable para incrementar la cantidad de biomasa producida en el agostadero, además resulta tener una mayor cobertura vegetal, lo que ayuda a reducir los fenómenos de erosión y escorrentía que afectan los agostaderos. Pero dado lo anterior es necesario investigar el efecto ecológico a largo plazo que la invasión de esa especie pudiera traer al agostadero y de ser posible reemplazarla por una nativa capaz de competir por los recursos y que mantenga o incremente la producción de forraje en el agostadero.

LITERATURA CITADA

Arriaga, L., Castellanos, A. E., Moreno, E., & Alarcón, J. (2004). Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of Mexico. *Conservation biology*, 18(6), 1504-1514.

- Díaz Romo, A., Flores Ancira, E., De Luna Jiménez, A., Luna Ruiz, J. D. J., Frías Hernández, J. T., & Olalde Portugal, V. (2012). Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka, en Aguascalientes, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 3(1), 33-47.
- Edwards, K. M., Schlesinger, C., Ooi, M. K., French, K., & Gooden, B. (2019). Invasive grass affects seed viability of native perennial shrubs in arid woodlands. *Biological Invasions*, 21(5), 1763-1774.
- Eilts, J. A., & Huxman, T. E. (2013). Invasion by an exotic, perennial grass alters responses of a native woody species in an arid system. *Journal of Arid Environments*, 88, 206-212.
- Esqueda Coronado, M. H. & Carrillo Romo, R. L. (2001). Producción de forraje y carne en pastizales resemebrados con gramíneas introducidas. *Técnica Pecuaria en México*.
- Farrell, H. L., & Gornish, E. S. (2019). *Pennisetum ciliare*: a review of treatment efficacy, competitive traits, and restoration opportunities. *Invasive plant science and management*, 12(4), 203-213.
- Farrell, H. L., Funk, J., Law, D., & Gornish, E. S. (2022). Impacts of drought and native grass competition on buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). *Biological Invasions*, 24(3), 697-708.
- Flanders, A. A., Kuvlesky Jr, W. P., Ruthven III, D. C., Zaiglin, R. E., Bingham, R. L., Fulbright, T. E., ... & Brennan, L. A. (2006). Effects of invasive exotic grasses on south Texas rangeland breeding birds. *The Auk*, 123(1), 171-182.
- Gutiérrez-Luna, R., Castillo-Quiroz, D., Castillo-Reyes, F., Antonio-Bautista, A., Martínez-Trejo, G., & Sáenz-Reyes, J. T. (2022). Evaluación de prácticas de manejo de suelo para la siembra de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), bajo condiciones de temporal en el sureste de Coahuila. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 18(1), 39-47.
- Ibarra, F. I., Medina, S. M., Rivera, M. M., Ballesteros, F. D., & Barrera, L. E. G. (2005). La siembra de zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos de la sierra de Sonora. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 43(2), 173-183.
- Morales-Romero, D., Lopez-Garcia, H., Martinez-Rodriguez, J., & Molina-Freaner, F. (2019). Documenting a plant invasion: The influence of land use on buffelgrass invasion along roadsides in Sonora, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 164, 53-59.
- Polo Ledezma E.A., (2021) Rendimiento y valor nutritivo de la gramínea buffel (*Cenchrus ciliaris*) a diferentes épocas de corte. *Revista SABERES APUDEP* .ISSN L 2644-3805 Volumen 4 Número 2. pp 28-37.
- Siller-Clavel, P., Badano, E. I., Villarreal-Guerrero, F., Prieto-Amparán, J. A., Pinedo-Alvarez, A., Corrales-Lerma, R., ... & Hernández-Quiroz, N. S. (2022). Distribution Patterns of Invasive Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) in Mexico Estimated with Climate Niche Models under the Current and Future Climate. *Plants*, 11(9), 1160.
- Williams, D. G., & Baruch, Z. (2000). African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological invasions*, 2(2), 123-140.
- Yerena-Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., & Aguirre-Calderón, O. A. (2020). Concentración de carbono en vástagos y raíces de diferentes especies de pastos en Nuevo León, México. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(2), 189-195.

MONITOREO DE COLMENAS DE *Apis Mellifera* EN PASTIZALES ABIERTOS DE LA ZONA DE MALPASO, ZACATECAS: UN ENFOQUE UTILIZANDO ARDUINO

MONITORING OF *Apis Mellifera* HIVES IN OPEN GRASSLANDS IN THE MALPASO AREA, ZACATECAS: AN APPROACH USING ARDUINO

Wassim Saadaoui¹, Mario Cleva², Claudia Sifuentes Gallardo³, Selma Aguero Gutiérrez³, Oscar Cruz-Dominguez⁴, Omar Guirette Barbosa⁴, Daniel Rodriguez Tenorio³ y Héctor Durán Muñoz³

¹High Agronomic Institute of Chott Mariem, University of Sousse, Sousse 4042, Tunisia

²Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Facultad Regional Resistencia. Chaco Argentina.

³Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147, Centro, 98000, México

⁴Universidad Politécnica de Zacatecas. Parque Industrial, Fresnillo, México

RESUMEN

Las abejas contribuyen a la preservación del medio ambiente, pues son esenciales para el ciclo de polinización. Sin embargo, a nivel mundial existe una gran cantidad de abejas que desaparecen sin razón aparente, a este fenómeno se le conoce como “colapso de la colmena”. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es implementar, de manera sencilla, una estación básica de monitoreo para colmenas de “*Apis Mellifera*” en pastizales abiertos de la zona de Malpaso, Zacatecas. Lo anterior es con la finalidad de monitorear las colmenas e identificar posibles causas que generan dicho fenómeno. Además, el sistema de monitoreo es de bajo costo y se basa en Arduino. Los resultados preliminares muestran que no existen cambios bruscos de temperatura y humedad que provocan dicho fenómeno, por lo que se sugiere realizar estudios de mayor profundidad que involucren análisis de residuos de pesticidas en las colmenas.

Palabras clave: Arduino, pastizales abiertos y sistemas de monitoreo.

ABSTRACT

Bees contribute to the preservation of the environment, as they are essential for the pollination cycle. However, worldwide there is a large number of bees that disappear for no apparent reason, this phenomenon is known as "hive collapse". Therefore, the aim of this work is to implement, in a simple way, a basic monitoring station for "*Apis Mellifera*" hives in open grasslands in the Malpaso area, Zacatecas. This is in order to monitor the hives and identify the possible causes that generate this phenomenon. In addition, the monitoring system is low cost and based on Arduino. Preliminary results show that there are no sudden changes in temperature and humidity that cause this phenomenon, so it is suggested to carry out more in-depth studies that involve analysis of pesticide residues in hives.

Keywords: Arduino, open grasslands and monitoring systems.

INTRODUCCIÓN

Los insectos polinizadores son esenciales para los ecosistemas, pues contribuyen a la preservación de ciertos procesos ambientales, tales como la polinización, la cual es fundamental para la vida en nuestro planeta. En particular, los insectos polinizadores más especializados son las abejas, “*Apis mellifera*”, debido a su capacidad para transportar y almacenar polen eficientemente.

Además, cuentan con la capacidad de producir miel, la cual puede ser extraída de un apiario (Figura 1). Sin embargo, a nivel mundial existe una gran cantidad de abejas que están desapareciendo, a este fenómeno se le conoce como “colapso de la colmena”. Para identificar las razones de la



Figura 1. Extracción de miel de un apiario.

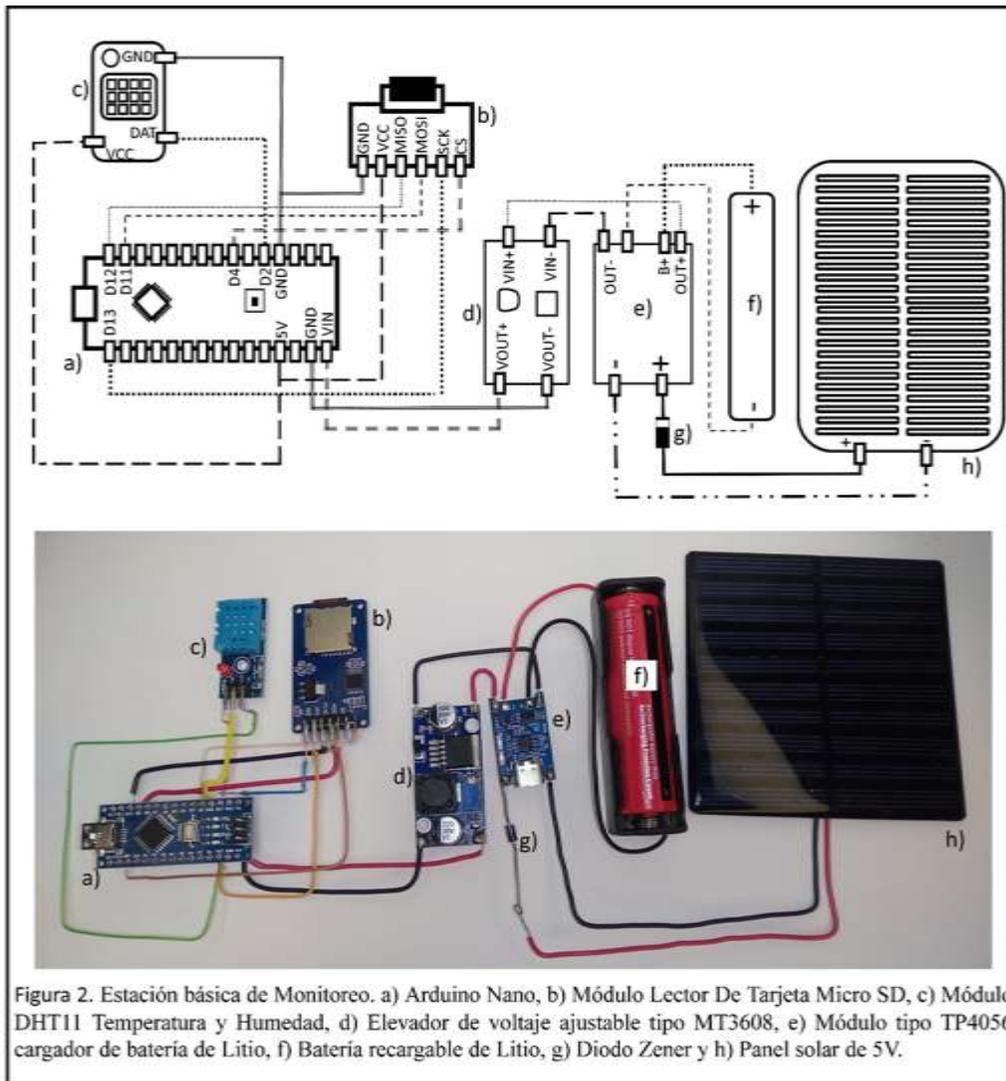
desaparición de colmenas se han implementado varias medidas. Una de ellas es empleando estaciones de monitoreo de colmenas. No obstante, una desventaja de las estaciones de monitoreo comerciales es que son costosas y su implementación es complicada, además requieren de personal que deba tener un nivel escolar especializado [1, 2]. Una alternativa novedosa a las estaciones de monitoreo comerciales es mediante la implementación de estaciones de monitoreo que utilizan la tarjeta Arduino. La tarjeta de adquisición de datos Arduino es ampliamente utilizada y es de bajo costo [3], y utiliza una plataforma electrónica de código abierto, la cual es sencilla de utilizar. Ayudando en gran medida al diseño e implementación de equipo de laboratorio de bajo costo [4]. Su

gran éxito se debe a la manera práctica y sencilla de resolver distintas problemáticas con las que se enfrenta el usuario. Por todo lo anterior mencionado, el objetivo de este trabajo es plantear una metodología sencilla para implementar una estación básica de monitoreo para colmenas de “*apis mellifera*”. Con la finalidad de conocer posibles causas que generan el fenómeno del colapso de la colmena, además de identificar algunos rasgos en el comportamiento y respuesta de las abejas, ante factores ambientales y posibles patógenos. Para implementar dicha metodología no es necesario contar con conocimientos profundos en electrónica y programación. Dicha estación es de bajo costo y de fácil armado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Arreglo electrónico

Para diseñar la estación básica de monitoreo se utilizan componentes electrónicos de bajo costo y que son fáciles de adquirir en tiendas comerciales. El arreglo electrónico de la estación se muestra en la Figura 2, en donde se presentan las conexiones entre cada componente, y así el usuario pueda ensamblar fácilmente la estación. El funcionamiento de la estación básica de monitoreo consiste en el sensado la temperatura y humedad por medio de un sensor de Temperatura-Humedad (Figura 2-c), entonces los valores de humedad y temperatura serán almacenados en el Módulo Lector De Tarjeta Micro Sd (Figura 2-b). La estación básica de monitoreo es alimentada por medio de una celda solar (Figura 2-h), que a su vez es conectada a una batería de litio (Figura 2-f). Con la finalidad de que el usuario logre reproducir la estación básica de monitoreo se agrega el diagrama electrónico en la Figura 2.



Código de programación

El código de programación que utiliza la estación básica de monitoreo se muestra en la Figura 3.

```

#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2 // Digital pin connected to the DHT
sensor
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
#include <SimpleTimer.h> #include <uTimerLib.h> #include
<SimpleTimer.h>
#include <SimpleTimer.h> #include <Time.h> #include
<uTimerLib.h>
#include <SimpleTimer.h> #include <Time.h> #include
<SimpleTimer.h>
#include <TimeLib.h> #include <uTimerLib.h>
#include <SPI.h>
#include <SD.h>
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
const int chipSelect = 10; // Pin 4 para SD
#include <SD.h>
File myFile;
void setup()
{
Serial.println(F("DHTxx test!")); dht.begin();
SD.begin(chipSelect); pinMode(chipSelect,
OUTPUT);
setTime(12,0,0,30,9,2020); //h,min,seg,dia,mes,año
Serial.print("Iniciando SD ...");
if (!SD.begin(4)) {
return;
}
}

void loop() {
float h = dht.readHumidity(); float t =
dht.readTemperature(); float f =
dht.readTemperature(true);
if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
return;
}
float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);//abrimos
el archivo
if (myFile) {
time_t t=now();
int sensor1 = analogRead(0); int sensor2 = analogRead(1); int
sensor3 = analogRead(2);
float millivolts = (sensor1 / 1023.0) * 5000;
float celsius = millivolts / 10;
//myFile.print(" Humidity: ");
myFile.print(" ");
myFile.print(h);
//myFile.print(" , Temperature ");
myFile.print(" ");
myFile.print(t);
//myFile.print(" , Heat Index ");
myFile.print(" ");
myFile.println(hic);
myFile.close(); //cerramos el archivo
} else {
}
delay(1000); }

```

Figura 3. Código de programación.

Implementación de la Estación básica de monitoreo

Una vez que se ensambló la estación básica de monitoreo, esta puede ser utilizada para una amplia gama de aplicaciones. Por ejemplo, como estación de monitoreo del clima, de un automóvil e incluso para el monitoreo de crecimiento de plantas. En este trabajo se implementará la estación básica de monitoreo para el monitoreo de colmenas de “Apis Mellifera”. La estación básica de monitoreo se coloca en la tapa superior de una colmena (Figura 4-f). Esto con la finalidad de monitorear la temperatura y humedad dentro de la colmena. Se propone que el sensor de temperatura-humedad quede colocado a la mitad del interior de la colmena (Figura 4-d). Cabe mencionar que las mediciones fueron realizadas en pastizales abiertos de la zona de Malpaso, Zacatecas durante el verano.

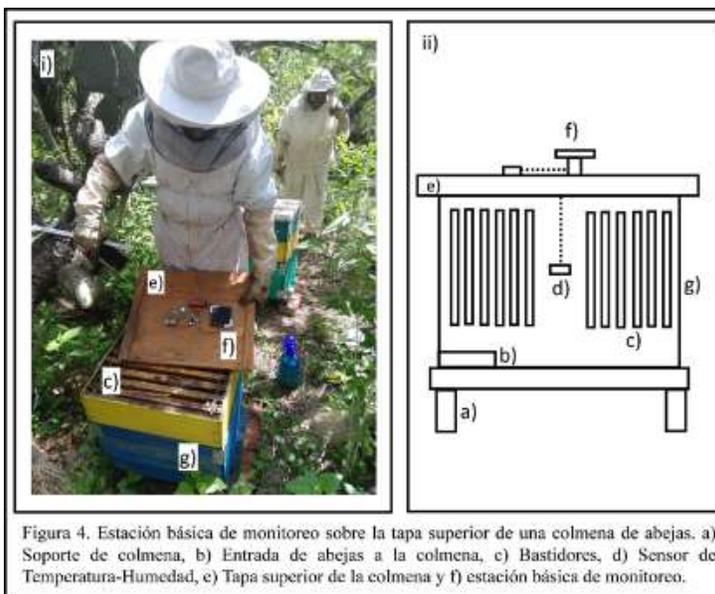


Figura 4. Estación básica de monitoreo sobre la tapa superior de una colmena de abejas. a) Soporte de colmena, b) Entrada de abejas a la colmena, c) Bastidores, d) Sensor de Temperatura-Humedad, e) Tapa superior de la colmena y f) estación básica de monitoreo.

Costo de la estación básica de monitoreo

El costo total y de cada componente de la estación se muestra en la Tabla 1. El costo de la estación que se propone en este trabajo es cuatro veces menor que el costo de estaciones de monitoreo comerciales.

Tabla 1. Costo total de la estación básica de monitoreo

Componente Electrónica	Costo	Componente Electrónica	Costo
Arduino Nano	149.00	Módulo tipo TP4056 cargador de batería	79.00
Módulo Lector De Tarjeta Micro Sd	100.00	Batería recargable de Litio	64.00
Módulo DHT11	68.00	Elevador de voltaje ajustable tipo MT3608	45.00
Diodo Zener	5.00	Panel solar de 5V	90.00
		Costo total	600.00

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Entre las ventajas de implementar la estación básica de monitoreo se encuentra su bajo costo y su sencilla manera de implementar. Los resultados preliminares de temperatura y humedad fueron obtenidos durante el verano 2022. La Tabla 2 presenta dichos resultados, los cuales no se consideran valores ambientales extremos para que una colmena sea abandonada por las abejas.

Tabla 2. Resultados preliminares de Temperatura-Humedad de una colmena

	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Censado dentro de la colmena	34 ± 2	13 ± 3
Censado fuera de la colmena	30 ± 3	9 ± 2

CONCLUSIONES

Armaz la estación básica de monitoreo resulta ser sencillo, debido a que no se requieren conocimientos profundos en electrónica y programación. Además, tiene un bajo costo en comparación con estaciones de monitoreo comerciales. Respecto a los resultados preliminares obtenidos por la estación de monitoreo, no muestran ser valores ambientales extremos que ocasionan que las abejas abandonen las colmenas. Sin embargo, durante el proceso de registro de los valores de temperatura y humedad, los agricultores próximos a las zonas de monitoreo comentaron el uso de pesticidas. Por lo tanto, nuestro grupo de investigación considera que en una segunda etapa de este proyecto deben implementarse en la estación básica de monitoreo sensores de pesticidas.

AGRADECIMIENTOS

El grupo de investigación expresa su más profundo agradecimiento a la comunidad de apicultores de la región de Malpaso Zacatecas por todo el apoyo y facilidades otorgados para realizar este trabajo.

LITERATURA CITADA

- [1] Guzmán-Fernández, M., Zambrano de la Torre, M., Ortega-Sigala, J. 2021. Arduino: a Novel Solution to the Problem of High-Cost Experimental Equipment in Higher Education. *Exp Tech* 45, 613–625. <https://doi.org/10.1007/s40799-021-00449-1>
- [2] Hernández-Ortiz, M, Sifuentes-Gallardo, Durán-Muñoz, H. 2022. Synthesis of ZnO:Li films using an Arduino-based Hydrothermal reactor: An application to solar cells. *Revista Internacional de Investigación e Innovación. Tecnológica*. Vol. 10, No. 57. https://riiit.com.mx/apps/site/files_v2450/reactor_hidroter_1_riiit_jul-ago_2022.pdf

- [3] Alfonso Hernández-Carlosa, Ignacio Castellanos. 2021. Efecto del tamaño interno de la colmena en la producción de cría, miel y polen en colonias de *Apis mellifera* en el altiplano central de México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. 11,3 <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5019>
- [4] Dora Rodríguez-Martínez, José Ibarra-Casiano. 2017. SISTEMA PARA EL MONITOREO REMOTO DE COLONIAS DE ABEJAS MELÍFERAS. Pistas Educativas. 39, 127. <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/1080>

DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN UN ÁREA DE EXCLUSIÓN EN EL EJIDO SANTO DOMINGO, DURANGO.

FLORISTIC DIVERSITY IN AN EXCLUSION AREA IN EJIDO SANTO DOMINGO, DURANGO.

Luis Gerardo Yáñez-Chávez^{1*}, Gonzalo Hernández-Ibarra¹, Mayela Rodríguez-González¹

¹Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40. Carretera Gómez Palacio-Chihuahua. C.P. 35230. Bermejillo, Durango, México.

*LYANEZ@chapingo.mx

RESUMEN

Entre los efectos más comunes que produce el pastoreo sobre la estructura de pastizales naturales, están los cambios en la diversidad florística y diversidad estructural de las comunidades ecológicas. El objetivo del estudio fue evaluar la diversidad florística de un predio excluido del pastoreo durante diez años en un ejido al norte del estado de Durango. Se realizó un muestreo de especies durante las estaciones de verano y otoño de 2020 y 2021, mediante recorridos de campo y utilizando el método de Línea Canfield, en los que se establecieron 12 puntos al azar. Los datos se sistematizaron usando el software Excel. El estudio arrojó un total de 360 individuos, divididos en 20 especies diferentes, siendo la familia Poaceae la predominante en cuanto a número de especies, mientras la familia Fabaceae resaltó por contar con mayor número de individuos. Se concluye que la exclusión de áreas de pastoreo favorece al mantenimiento de la diversidad de especies vegetales en los pastizales de zonas áridas.

Palabras clave: Fabaceae, Poaceae, diversidad, zonas áridas.

ABSTRACT

Among the most common effects that grazing produces on the structure of natural grasslands are changes in floristic diversity and structural diversity of ecological communities. The objective of the study was to evaluate the floristic diversity of a property excluded from grazing for ten years in an ejido in the north of the state of Durango. A sampling of species was carried out during the summer and autumn seasons of 2020 and 2021, through field trips and using the Canfield Line method, in which 12 random points were established. The data was systematized using Excel software. The study yielded a total of 360 individuals, divided into 20 different species, with the Poaceae family being the predominant in terms of number of species, while the Fabaceae family stands out for having a greater number of individuals. It is concluded that the exclusion of grazing areas favors the maintenance of the diversity of plant species in the grasslands of arid land.

Keywords: Fabaceae, Poaceae, diversity, arid land.

INTRODUCCIÓN

La diversidad florística es una característica importante de los ecosistemas, tanto por sus implicaciones para la conservación de especies como por su rol en el funcionamiento de los ecosistemas (González *et al.*, 2007). Característicamente, la vegetación de zonas áridas presenta

grandes variaciones. Predomina las formas de vida arbustiva, con plantas bajas, leñosas y ramificadas desde la base; su composición florística varía de acuerdo con las características climáticas, topográficas y condiciones edáficas de las diversas regiones (Cervantes, 2005). Conjuntamente, se ve afectada por factores antropogénicos, relacionados directamente con el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas y pecuarias. Siendo el pastoreo de ganado una de las principales actividades que modifican extensamente las praderas naturales alrededor del mundo. Causando cambios notables en la diversidad de especies nativas y exóticas junto con el reemplazo de pastizales por matorrales (Domínguez, 2005).

Aproximadamente, un 85% de las zonas áridas de México han presentado un incremento de procesos de desertificación, como consecuencia del proceso de erosión originado por el sobrepastoreo en la producción de ganadería extensiva (Yáñez, 2019). Aunado a esto, acciones de restauración ecológica son esenciales para revertir la pérdida de biodiversidad y con ello recuperar los servicios ecosistémicos, en áreas donde se presenta degradación y destrucción de ecosistemas por actividades humanas (López-Barrera *et al.*, 2017). Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad florística asociadas a condiciones de exclusión de pastoreo en un ejido al norte del estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde a un agostadero del Ejido Santo Domingo, ubicado en entre los municipios de San Pedro del Gallo e Hidalgo, Durango (Figura 1). En las coordenadas geográficas $25^{\circ} 85' 33.8''$ N y $104^{\circ} 48' 33.7''$ O, con una temperatura media anual de 17°C , a una altura de 1745 msnm. Entre la flora abundan los matorrales, dentro de los cuales se agrupan arbustos de hojas pequeñas. Los suelos predominantes son Xerosol calcico y Rendzina (INEGI, 2022).

El muestreo se llevó a cabo durante las estaciones de verano y otoño de 2020 y 2021, en un área de excluida del ganado durante diez años. Se realizaron recorridos de campo, en los que se establecieron 12 puntos de muestreo al azar, con una distancia mínima de 100 m lineales. El conteo de especies se realizó mediante el método de Línea Canfield, registrando los individuos que se encontraban en un área de 50 m. Para la identificación de especies se utilizó la guía de plantas de la Reserva de Biosfera Mapimí (Grajales, 2015) y la plataforma online Naturalista. Posteriormente, se llevó a cabo el procesamiento y análisis comparativo de datos en el software Excel, 2010.



Figura 1. Área de estudio al norte del esto de Durango.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio conjuntó un total de 360 individuos, divididos en 20 especies diferentes; particularmente la familia Poaceae fue la predominante con una diversidad florística de 11 especies, mientras la familia Fabaceae resaltó por contar con mayor número de individuos (262) (Figura 2). Los resultados permiten inferir que un periodo de diez años sin pastoreo permite incrementar la riqueza de especies nativas, especialmente en áreas de pastizal. Los cambios observados en sitios excluidos del pastoreo son una respuesta a la tasa excesiva de pastoreo utilizada en la mayoría de las regiones, lo cual es desfavorable para la conservación de la diversidad de especies vegetales (Domínguez, 2005).

El alto número de especies en el área de estudio coincide con los resultados obtenidos en otras regiones donde se observó un aumento conforme disminuía el pastoreo. Para pastizales productivos de regiones subhúmedas, los modelos de diversidad predicen mayor abundancia de especies en áreas con menor intensidad de pastoreo (Loydi & Distel 2010). Así mismo, los factores de orografía, suelo y clima pueden contribuir a explicar la presencia de las especies registradas en este estudio. Algunos estudios refieren las familias Poaceae y Fabaceae como las dominantes en suelos en proceso de recuperación (Díaz *et al.*, 2005; Marroquín-Castillo *et al.*, 2016). La presencia de la familia Fabaceae en el área de estudio podría asociarse a su capacidad de establecimiento en condiciones ambientales adversas, es decir, baja humedad edáfica y menor disponibilidad de nitrógeno.

Es evidente que a mayor intensidad de pastoreo el pisoteo de los animales a través de la compactación del suelo y el daño mecánico reduce la probabilidad de almacenar humedad en el suelo y se reduce la disponibilidad de los nutrientes del suelo para las plantas (Harper, 1977). Asimismo, la familia Poaceae comprende el 27% de las especies registradas en el área de estudio. Aunque no se registró el mayor número de individuos, esta familia destaca por su impacto positivo como fuente de alimento, forraje, energéticos y materiales para la construcción (Sánchez, 2019).

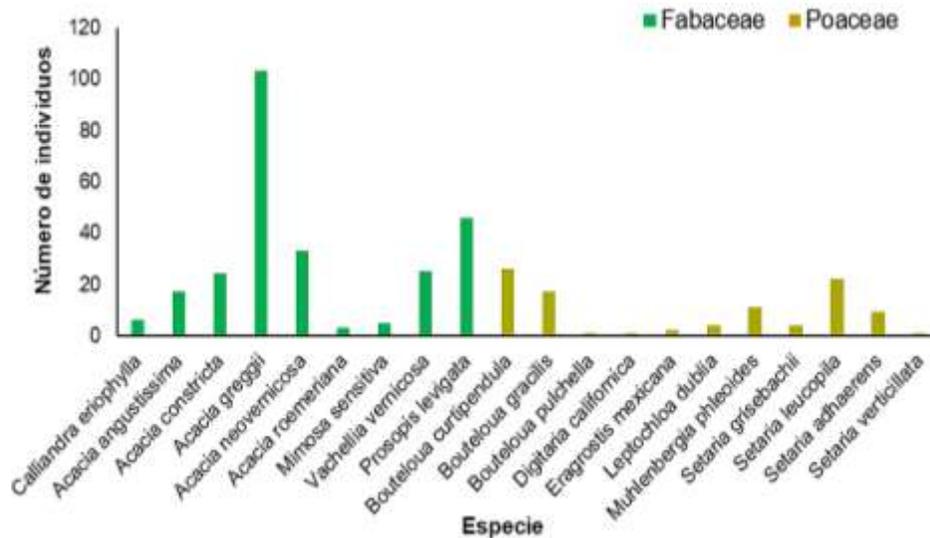


Figura 2. Diversidad florística de Fabaceae y Poaceae de un área de exclusión de pastoreo.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente trabajo sugieren que las áreas de exclusión favorecen al mantenimiento de la diversidad de especies vegetales en los pastizales de zonas áridas. La exclusión del pastoreo desencadena fuertes cambios estructurales y florístico en las comunidades vegetales. Mientras los aumentos de la carga animal en áreas de pastoreo disminuyen la abundancia de especies de hierbas anuales, pastos anuales y perennes.

LITERATURA CITADA

- Cervantes R., M. C. 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. *Anais do X Encontro de Geógrafos de América Latina, Universidad de São Paulo*, 3388-3407.
- Domínguez D., E. P. 2005. Efecto de la exclusión del pastoreo en la diversidad de plantas nativas en la estepa patagónica. Tesis de grado. Escuela de Graduados, Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- González H., Ma. P., Romero-Franco, R., Rigueiro-Rodríguez A. y Mosquera-Losada Ma. R. 2007. Estudio de la diversidad florística en dos sistemas de pastoreo: rotacional y continuo. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (22), 51-56.
- Grajales, K. M. 2015. Plantas de la Reserva de la Biosfera de Mapimí (Issue 6).
- INEGI. 2022. Cartografía digital de la República Mexicana, en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Loydi, A., & Distel, R. A. 2010. Diversidad florística bajo diferentes intensidades de pastoreo por grandes herbívoros en pastizales serranos del Sistema de Ventania, Buenos Aires. *Ecología austral*, 20(3), 281-291.
- López-Barrera, F., Martínez, C., & Ceccon, E. 2017. Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 97-112. DOI: 10.1016/j.rmb.2017.10.001
- Marroquín-Castillo, J. J., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, O. A., Mata-Balderas, J. M., & Collantes Chávez-Costa, A. 2016. Composición florística y diversidad de un área restaurada post-minería en el matorral espinoso tamaulipeco. *Polibotánica*, (42), 1-17.
- Sánchez, J. G. 2019. Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. *Acta botánica mexicana*, (126).
- Yáñez C., L. G. 2019. Zonificación y caracterización de áreas de pastizal y prácticas de recuperación en áreas degradadas de zonas áridas. Tesis de Grado. Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México.

**MICRONÚCLEOS Y PROLONGACIONES NUCLEARES
ERITROCITARIAS EN CERCETAS ALAS VERDES (*Anas crecca*) EN UN
HUMEDAL DEL MUNICIPIO DE DURANGO**

**MICRONUCLEUS AND ERYTHROCYTE NUCLEAR PROLONGATIONS IN GREEN-
WINGED TEAL (*Anas crecca*) IN A WETLAND IN THE MUNICIPALITY OF
DURANGO**

Andrea Vargas Duarte¹, Martín Emilio Pereda Solís¹, Genaro Olmos Oropeza², Manuel Armando Salazar Borunda¹, Daniel Sierra Franco¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, ² Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí

RESUMEN

Las cercetas de alas verdes (*Anas crecca*) son aves acuáticas migratorias que, durante su ruta migratoria, tienen exposición a compuestos tóxicos diversos como consecuencia de actividades antropogénicas. Por ello, la identificación y cuantificación de estos individuos es importante como bioindicadores de la salud del ecosistema invernal. El objetivo del presente trabajo fue determinar la frecuencia de biomarcadores en la sangre de cercetas alas verdes en el municipio de Durango. Las muestras se recolectaron de 19 machos y 11 hembras de cercetas alas verdes, las cuales fueron capturadas, con ayuda de un grupo de cazadores, en la una UMA "Los Álamos" municipio de Durango. Se recolectó sangre de cada ave para realizar un frotis sanguíneo, el cual fue teñido con anaranjado de acridina y posteriormente se determinó en un microscopio de fluorescencia la frecuencia de biomarcadores: eritrocitos policromáticos (EPC), eritrocitos policromáticos con micronúcleos (EPCMN), eritrocitos policromáticos con prolongaciones nucleares (EPCPN), eritrocitos con micronúcleos (EMN) y eritrocitos con prolongaciones nucleares (EPN). No se observaron EPCMN. Las frecuencias observadas fueron similares tanto en hembras y machos, así como las observadas en estudios con otras especies de aves aparentemente sanas. Este es el primer estudio que reporta los biomarcadores eritrocitarios en la cerceta de alas verdes en México.

Palabras Clave: biomarcadores, aves acuáticas, biomonitores, eritrocitos policromáticos, genotóxicos, biomonitores, ecotoxicología.

ABSTRACT

Green-winged teals (*Anas crecca*) are migratory waterfowl that, during their migration route, are exposed to various toxic compounds as a result of anthropogenic activities. Therefore, the identification and quantification of these individuals is important as bioindicators of the health of the winter ecosystem. The objective of this study was to determine the frequency of biomarkers in the blood of green-winged teal in the municipality of Durango. The samples were collected from 19 male and 11 female green-winged teal, which were captured, with the help of a group of hunters, in the UMA "Los Álamos" municipality of Durango. Blood was collected from each bird to make a blood smear, which was stained with acridine orange and subsequently the frequency of biomarkers was determined under a fluorescence microscope: polychromatic erythrocytes (EPC), polychromatic erythrocytes with micronuclei (EPCMN), polychromatic erythrocytes with nuclear extensions (EPCPN), erythrocytes with micronuclei (EMN) and erythrocytes with nuclear

extensions (EPN). EPCMN were not observed. The observed frequencies were similar in both females and males, as well as those observed in studies with other apparently healthy bird species. This is the first study that reports erythrocyte biomarkers in green-winged teal in Mexico.

Keywords: biomarkers, acuatic birds, polychromatic erythrocytes, genotoxic, biomonitoring, ecotoxicology.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas, como la emisión de compuestos tóxicos y genotóxicos, han contaminado los ecosistemas (Upadhyay *et al.*, 2022). Dentro de las repercusiones generadas por estos compuestos, destaca el daño al ADN (genotóxico), que generalmente es silencioso y pasa inadvertido pero ocasiona alteraciones como: teratogénesis, mutagénesis y cancerogénesis (Torres-Bugarín, 2019). Existen especies que por su naturaleza, contienen información cuantitativa de la calidad del ecosistema y pueden fungir como indicadoras de su estado. En este sentido, las aves acuáticas se consideran biomonitores excelentes, al mantener poblaciones abundantes, amplia distribución y por tanto, una mayor exposición a diferentes ambientes y regiones (Markert *et al.*, 2003). Para demostrar la exposición a sustancias contaminantes, se identifican cambios y biomarcadores celulares (Ceyca *et al.*, 2014) que, en el caso de las aves, los eritrocitos micronucleados y sus prolongaciones nucleares, son las variables más utilizadas (Torres-Bugarín *et al.*, 2019). La identificación de estas lesiones ha sido descrita en otras aves de las familias anseriformes (*Anser caerulescens*; Martínez *et al.*, 2017) y passeriformes (*Centronyx bairdii* y *Ammodramus savanarum*; Pereda *et al.*, 2022). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es determinar, por primera vez en México, la frecuencia de Eritrocitos Micronucleados (EM), con Prolongaciones Nucleares (EPN) y Policromáticos (EP) en sangre periférica de cercetas alas verdes (*Anas crecca*) y enriquecer con ello, el conocimiento biológico de esta especie como biomonitora del ecosistema humedal en el que habita.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. - El estudio se realizó en enero de 2022, en la Unidad de Manejo para la conservación de la Vida Silvestre (UMA) “Los Álamos” (SEMARNAT-UMA EX -0097-DGO; Figura 1. Esta UMA es un humedal palustre, localizado en la porción sur del complejo de humedales de Málaga (24.0978, -104.507). Este sitio se extiende por 275 ha, recibe el agua residual de la planta de tratamiento del Estado de Durango y en él, se realizan prácticas de ganadería extensiva.

Descripción de las aves. - La cerceta de alas verdes (*Anas crecca*) es un anátido chico (34–38 cm) con plumaje invernal dimórfico. La cabeza del macho se distingue de la hembra, por un antifaz verde. Ambos sexos, presentan plumaje claro-moteado de oscuro en los tractos del dorso y de los flancos. Las plumas verdes y negras del espéculo se rodean de blanco, y las patas y el pico, son oscuros (Blasco-Zumeta y Gerd-Michael, S/F). Se alimentan en aguas poco profundas, de semillas de hierbas, espigas de agua, insectos acuáticos, moluscos, crustáceos, renacuajos, lombrices de tierra y huevos de peces (Kuafman, S/F).

Toma y procesamiento de las muestras. - Se recuperaron cercetas de alas verdes (n= 30, 19 machos y 11 hembras) de cacería realizada en la UMA durante el invierno 2021. Se extrajo sangre (75 µL) por venopunción de la vena cava caudal a cada ave. Posteriormente, se depositó la sangre en un capilar heparinizado (MARIENFELD®, 75 mm) y se realizó un frotis sanguíneo. Éste extendido

se fijó en etanol (80%, 10 min) y se tiñó en anaranjado de acridina (235474-25G Sigma-Aldrich). Para realizar la lectura, a cada frotis se le colocó una gota (0.05 mL) de buffer fosfato, se colocó un cubreobjetos y se observó en un microscopio de fluorescencia (100×; Zeiss®, mod. Axiostar plus).

En cada laminilla se cuantificaron 10 000 eritrocitos totales (ET) para calcular la frecuencia de EMN y EPN y cuantificar el número de EPC (Eritrocitos Policromáticos) en 1000 ET y los EPCMN y EPCPN en 1000 EPC (Gómez *et al.*, 2006).

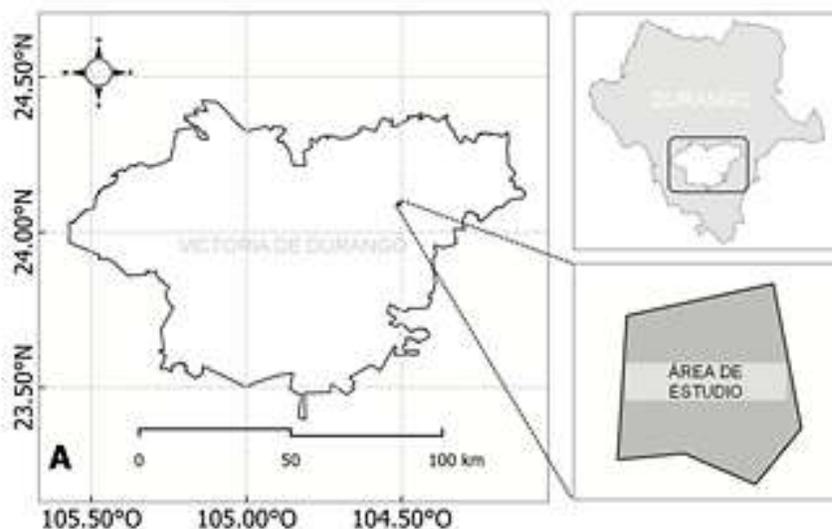


Figura 1. Localización de la UMA “Los Álamos” en el municipio de Victoria de Durango, Dgo., México.

Análisis estadístico.-Los datos de las variables se organizaron en una hoja electrónica Microsoft Excel® 2010 y para conocer su estadística descriptiva (promedio, error estándar, mínimo y máximo) y realizar la comparación de estas variables entre sexos (Tukey, $\alpha = 0.05$) se usó el programa Minitab® (versión 18).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Eritrocitos policromáticos.- La serie roja en la sangre de las aves se constituye en mayor proporción por eritrocitos maduros, sin embargo, en ocasiones se pueden encontrar eritrocitos inmaduros (eritrocitos policromáticos), cuyas características morfológicas las distinguen del resto. Su citoplasma es oscuro por la concentración alta de ARNR y la cromatina nuclear tiene un patrón menos abundante que el de una célula madura (Pereda *et al.*, 2022). Un número reducido de EPC puede ser de importancia cuando se sospecha de citotoxicidad (Zaizuhana *et al.*, 2006), en cambio, un incremento de estos pueden ser un indicador de hemorragias y en algunos casos de anemia (Clark, 2015). En este estudio, no existió diferencia estadística ($p > 0.05$) en la frecuencia de EPC entre machos y hembras (Cuadro 1). En contraste, la frecuencia promedio de ambos grupos resultó menor en comparación a los reportados en otros anátidos (*Anser caerulescens*, $\bar{x}=156$ EPC / 1000 ET; Martínez-Quintanilla *et al.*, 2017) y en passeriformes ($\bar{x}=41.90$ y 47.28 EPC / 1000, en *Centronyx bairdii* y *Ammodramus savaonarum*, respectivamente).

Eritrocitos policromáticos con micronúcleos y prolongaciones nucleares.- Los EPC son células jóvenes que por lo general maduran y se vuelven normocromáticos en un lapso de 24 horas. Sin embargo, pueden estar acompañados por micronúcleos (EPCMN) y/o prolongaciones nucleares (EPCPN) como resultado de una exposición aguda o de corto plazo a agentes genotóxicos endógenos o exógenos (Torres-Bugarín *et al.*, 2019, Martínez-Quintanilla *et al.*, 2017). La frecuencia de EPCPN en las cercetas alas verdes muestreadas, fue similar entre hembras y machos ($p = 0.74$). La presencia de estas lesiones puede considerarse relativamente baja en aves, pues algunos estudios similares tienden a mostrar prevalencias entre nulas (Martínez-Quintanilla *et al.*, 2017) y bajas (≤ 1 EPCPN / 1000 EPC; Pereda *et al.*, 2022). En nuestro estudio no se observaron EPCMN.

Cuadro 1. Frecuencia de micronúcleos y prolongaciones nucleares eritrocitarias en cercetas alas verdes en un humedal del municipio de Durango.

<i>Género</i>	<i>EPC/</i> <i>1000 ET</i> <i>Min. - Max</i>	<i>EPCMN/</i> <i>1000 EPC</i> <i>Min. - Max</i>	<i>EPCPN/</i> <i>1000 EPC</i> <i>Min. - Max</i>	<i>EMN/</i> <i>10,000 ET</i> <i>Min. - Max</i>	<i>EPN/</i> <i>10,000 ET</i> <i>Min. - Max</i>
<i>Ambos sexos</i> <i>N = 30</i>	100.9 ± 6.4 48.0 - 192.0	0.0 ± 0.0 0.0 - 0.0	0.4 ± 0.1 0.0 - 3.0	0.1 ± 0.0 0.0 - 1.0	2.2 ± 0.4 0.0 - 9.0
<i>Hembras</i> <i>n = 11</i>	90.9 ± 8.55 51.00-126.0	0.0 ± 0.0 0.0 - 0.0	0.54 ± 0.31 0.0 - 3.0	0.18 ± 0.12 0.0 - 1.0	1.72 ± 0.52 0.0 - 5.0
<i>Machos</i> <i>n = 19</i>	106.7 ± 8.7 48.0 - 192.0	0.0 ± 0.0 0.0 - 0.0	0.42 ± 0.22 0.0 - 3.0	0.05 ± 0.05 0.0 - 1.0	2.57 ± 0.59 0.0 - 9.0

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

Eritrocitos con micronúcleos.- Los micronúcleos son considerados remanentes nucleares redondos, cuya frecuencia incrementa cuando el ave está expuesta a agentes genotóxicos durante un tiempo prolongado. De manera normal, el sistema retículo endotelial del ave eliminan los eritrocitos viejos y aquellos que presenten micronúcleos en su citoplasma. Sin embargo, la eficiencia de este sistema varía por especies, por edad, o entre individuos y su frecuencia puede diferir constantemente (Torres-Bugarín *et al.*, 2019). El hábitat, el alimento disponible, las actividades antropogénicas, sexo y la migración, pueden afectar a su vez, la frecuencia con la que los micronúcleos aparecen (Quero *et al.*, 2016). La presencia de eritrocitos con micronúcleos en nuestro estudio no arrojó diferencias entre sexos ($p = 0.27$) y respecto a las frecuencias en el promedio, el grupo de hembras fue muy parecido a lo reportado por Ross-Muñoz (2011) para la especie *Anas clypeata* (1.4 EMN/10 000 ET), del mismo modo nuestro resultado fue similar para el grupo de machos comparado con la especie *Catharacta maccormicki* (Krusa y Bezrukov., 2017), cuyo promedio marca 0.07 EMN/10 000 ET.

Eritrocitos con prolongaciones nucleares.- Las prolongaciones nucleares son estructuras muy similares a los micronúcleos, sin embargo, en vez de ser independientes al núcleo, se encuentran ligadas al mismo gracias a un hilo de cromatina (Fenech y Crott, 2002). Así mismo, son

consideradas como biomarcadores de utilidad para determinar daño genético (Quero *et al.*, 2016). La frecuencia de esta anomalía fue similar ($p = 0.34$) en ambos sexos de la especie. Un estudio reportado por (Ross-Muñoz., 2011), en la especie *Anas clypeata* refiere una frecuencia de 47.7 EPN/10 000 ET, el mismo autor reporta en la especie *Anas acuta* una frecuencia de 20.8 EPN/10 000 ET, valores que están por encima del reportado en nuestro estudio. Por otra parte y según lo reportado en la especie *Catharacta maccormicki* (Krusa y Bezrukov., 2007) la frecuencia es menor a la nuestra, con un promedio de 0.71 EPN/10 000 ET.

CONCLUSIONES

En este estudio se determinaron las frecuencias basales de los EPC, EPCPN, EM y EPN. No se observaron EPCMN. Los valores de estos biomarcadores resultaron similares entre hembras y machos y fueron consistentes con los valores reportados por otros autores en otras especies de aves aparentemente sanas. Este es el primer estudio que reporta los biomarcadores eritrocitarios en la cerceta de alas verdes en México.

LITERATURA CITADA

- Blasco-Zumeta, J. & H. Gerd-Michael (en línea) S/F. 135 *Anas crecca* (Anseriformes, Anatidae) Disponible en: <http://monteriza.com> (Consultado el 26 de septiembre de 2022).
- Ceyca JP, Torres-Bugarín O, Castillo-Guerrero JA, Betancourt-Lozano M. 2014. Seabird Embryos as Biomonitoring Agents: Potential Application for the Coasts of Mexico. *Avian Biology Research* 7 (4): 223–234. <https://doi.org/10.3184/175815514X14162211300859>.
- Clark P. 2015. Assessment of avian erythrocytes that exhibit variant nuclear morphology. *Comparative Clinical Pathology* 24: 485–490. <https://doi.org/10.1007/s00580-014-1926-6>
- Fenech M, Crott JW. 2002. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes-evidence for breakage-fusion bridge cycles in the cytokinesis-block micronucleus assay. *Mutation Research*. 504:131-136. ISSN: 0027-5107. [https://doi.org/10.1016/S0027-5107\(02\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0027-5107(02)00086-6)
- Gómez M., B.C., A.L. Zamora-Pérez, J. Luna-Aguirre, A. González-Rodríguez, M.L. Ramos-Ibarra, O. Torres-Bugarín, C.M. Batista-González y G.M. Zúñiga-González. 2006. Nuclear abnormalities in erythrocytes of parrots (*Aratinga canicularis*) related to genotoxic damage. *Avian Pathology* 35(3): 206-210.
- Kaufman, K. (en línea). S/F Cerceta alas verdes *Anas crecca*. Disponible en: <https://www.audubon.org/es/guia-de-aves/ave/cerceta-alas-verdes> (consultado el 26 de septiembre de 2022).
- Krusa, M. y V. Bezrukov. 2007. Health status in an Antarctic top predator: micronuclei frequency and white blood cell differentials in the South Polar Skua (*Catharacta maccormicki*). *Polarforschung* 77(1):15.
- Markert B.A., A.M. Breure y, H.G. Zechmeister. 2003. Bioindicators and Biomonitoring, Principles, Concepts and Applications. Trace Metals and other Contaminants in the Environment, Vol. 6. Elsevier. USA. 997 p.
- Martínez-Quintanilla MC, Torres-Bugarín O, Martínez-Guerrero JH, Delgado-León TG, Salas-Pacheco JM, Pereda-Solís ME. 2017. Relación heterófilo/linfocito, frecuencia espontánea de eritrocitos micronucleados y prolongaciones nucleares en el ganso nevado (*Chen caerulescens*): Una propuesta como posible biomonitor de estrés y genotóxicos ambientales. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*. 18(1):102–111.
- Pereda-Solís ME, Guillén-González CS, Ramírez-Carreño K, Martínez-Guerrero JH, Sierra-Franco D, Salazar-Borunda MA y Torres-Bugarín O. 2022. Perfil leucocitario y prolongaciones nucleares eritrocitarios en gorriones (*Centronyx bairdii* y *Ammodramus savannarum*) del Desierto Chihuahuense Durante el Invierno. *Agrociencia*. 56:46-60. ISSN: 1405-3195 <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56i1.2710>
- Ross-Muñoz, S. 2011. Utilización de biomarcadores para evaluar los efectos de Hg y Pb en aves migratorias del noroeste de México. Tesis de maestría. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo-Mazatlán (ciad-Mazatlán). Mazatlán, Sinaloa, México.
- Quero AAM, Ferré DM, Zarco A, Cuervo PF, Gorla BMN. 2016. Erythrocyte micronucleus cytome assay of 17 wild bird species from the central Monte desert, Argentina. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (24): 25224–25231. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7638-5>

- Torres-Bugarín O, Carillo-Gómez CS, Armijo-Gómez JA. 2019. Evaluación de genotóxicos ambientales mediante la prueba de micronúcleos en sangre periférica. En *Ecología y salud de la fauna silvestre*. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. Pp. 59–89.
- Upadhyay, A., Pandya, P., Salunke, A., & Parikh, P. (2022). Herbicide pyrazosulfuron ethyl induces genotoxicity, cell cycle alterations and apoptosis in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Aquaculture, Fish and Fisheries*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/aff2.45>
- Zaizuhana S, Puteri JNMB, Noralashikin Y, Muhammad H, Rohana AB and Zakiah I. 2006. The in vivo rodent micronucleus assay of Kacip Fatimah (*Labisia pumila*) extract. *Trop Biomed* 23:214-219. ISSN: 2521-9855.

INVENTARIO DE POACEAS Y DESCRIPCIÓN FORRAJERA EN DOS POLIGONOS EJIDALES AL SURESTE DE DURANGO

INVENTORY OF POACEAS AND FORAGE DESCRIPTION IN TWO EJIDAL POLYGONS SOUTHEAST OF DURANGO

Gonzalo Hernández Ibarra¹ Luis Gerardo Yáñez Chávez¹, Mayela Rodríguez González².

¹Profesor investigador de Tiempo Completo de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo; Km 40 de la Carretera Gómez Palacio, Durango-Cd. Jiménez Chihuahua, C.P. 35230. Teléfonos: 872 77 60160 y 60190, Bermejillo, Mapimi, Durango. ²Doctorado en Ciencias por la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo.

chalonza2011@gmail.com

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Ejido El Refugio, Poanas, Durango; durante los meses de junio a diciembre de 2021 y agosto a septiembre de 2022. Se planteó como objetivo inventariar las especies de Poaceas dentro de los dos polígonos de núcleo agrario. Para cumplir con lo planteado se trazaron transectos y recorridos a lo largo de los caminos, potreros, áreas de cultivo y cuerpos de agua completando 30 km lineales divididos en 8 transectos de 6, 6, 4, 4, 4, 2, 2 y 2 km, respectivamente, a cada especie de Poacea encontrada se le ubicó geográficamente, se fotografió y se registró. Se encontraron un total de 71 especies distintas de pastos, destacando el género *Bouteloua* con 9 especies, seguido por el género *Setaria* con 5 especies, *Cenchrus* y *Sporobolus* con 4 especies y *Digitaria*, *Eragrostis* y *Muhlenbergia* con 3 especies, respectivamente; respecto a la aptitud forrajera en la categoría de Buena, Muy buena, Excelente a buena y Excelente estuvo el 31.4 % del total de especies y en cuanto al uso alternativo además de forrajeo se contabilizó el 30 %, destacando el uso ornamental y el artesanal con 10 y 8.5 %, respectivamente. En Ejidos como el Refugio existe excelente cantidad de especies de Poaceas (71), si consideramos que es un núcleo agrario pequeño de 4,424 ha de extensión territorial.

Palabras clave: Gramíneas, forrajeo, pastizales, *Bouteloua*, *Setaria*.

ABSTRACT

The present study was developed in the Ejido El Refugio, Poanas, Durango; during the months of June to December 2021 and August to September 2022. The objective was to inventory the species of Poaceas within the two polygons of the agrarian nucleus. To comply with the above, transects and routes along the roads, paddocks, cultivation areas and bodies of water completing 30 linear km divided into 8 transects of 6, 6, 4, 4, 4, 2, 2 and 2 km, respectively, each species of Poacea found was geographically located, photographed, and recorded. A total of 71 different species of pastures were found, highlighting the genus *Bouteloua* with 9 species, followed by the genus *Setaria* with 5 species, *Cenchrus* and *Sporobolus* with 4 species and *Digitaria*, *Eragrostis* and *Muhlenbergia* with 3 species, respectively; regarding the forage aptitude in the category of Good, Very good, Excellent to good and Excellent was 31.4% of the total species and in terms of alternate use in addition to foraging, 30% was counted, highlighting ornamental and artisanal use with 10

and 8.5%, respectively. In Ejidos such as the Refuge there is an excellent number of species of Poaceas (71), if we consider that it is a small agrarian nucleus of 4,424 ha of territorial extension.

Keywords: Grasses, foraging, grasslands, *Bouteloua*, *Setaria*.

INTRODUCCIÓN

Las gramíneas se utilizan como ornamentales, aunque algunas pueden ser tóxicas, medicinales o aprovecharse en la industria (Cantú *et al.*, 2010). Las gramíneas representan uno de los grupos vegetales más diversos en el mundo, pues ocupan el tercer lugar en cuanto al número de géneros y el quinto a nivel específico. En el mundo la familia Poaceae o Gramineae incluye 702 géneros y 9675 especies (Clayton y Renvoize, 1986; citados por Dávila & Sánchez, 1996). Así como también Dávila & Sánchez, (1996) citan a Beetle (1987) quien publicó que existen alrededor de 1127 especies e indican que 50% del total de especies presentes en el país tienen un potencial forrajero, aunque muy pocas de ellas son utilizadas para este fin, pues son sustituidas por unas cuantas especies forrajeras introducidas (por ejemplo, sorgo, avena, zacate estrella, pasto bermuda, etcétera). Reyes *et al.* (2016) menciona a autores como (Villalobos *et al.*, 2000 y a Murillo *et al.*, 2013) quienes afirman que 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 esta, las cuales dependen de la época del año. Al considerar la época de verano como la mejor en cuanto a presencia de especies y desarrollo de inflorescencias se planteó como objetivo inventariar y listar las especies de Poaceas dentro de un ejido al sureste de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el municipio Poanas y limita al norte con el municipio de Guadalupe Victoria y Cuencamé, al sur con Vicente Guerrero, al oeste con los municipios de Nombre de Dios y Durango; y al este colinda con el estado de Zacatecas. La cabecera municipal se encuentra en las coordenadas 23°58' de latitud norte y 104°03' de longitud oeste. Su altitud sobre el nivel medio del mar es de 1,920 m (INAFED, 2010). El clima predominante en la región de estudio es templado subhúmedo con lluvias en verano (BS1k); frío en invierno, registrándose temperaturas promedio anuales de 25.9° C., la precipitación pluvial es de 496 mm promedio anuales con una evaporación de 213 mm promedio anual, el periodo de incidencia de heladas abarca los meses de noviembre hasta marzo (INAFED, 2010).

En el valle de Poanas los cultivos principales son: frijol, maíz, avena forrajera y de grano, chile, alfalfa, trigo y frutales como durazno, membrillo, ciruelo, sembrados bajo condiciones de riego y con buen nivel de paquete tecnológico. El grado de comercialización es del 80% de venta en el mercado estatal y nacional y el restante 20% se comercializa en el lugar de producción como autoconsumo (INAFED, 2010).

Metodología. Consistió en la realización de 8 visitas al área del proyecto (6 visitas en 2021 y 2 visitas en 2022), para recabar información en campo; además de haber contactado integrantes de la Mesa Directiva del Comisariado Ejidal. Se recorrieron en un vehículo y a pie caminos principales, secundarios, potreros y áreas de cultivo en los que se realizaron 6 transectos (ajustados a las visitas), capturando mediante fotografía digital con una cámara fotográfica modelo Coolpix

P900 de marca Nikon a cada ejemplar de Poaceas con características distintivas diferentes unos de otros para posteriormente efectuar la identificación respectiva mediante Guías para la identificación de Poáceas: Herrera & Cortes (2009), Herrera & Pámanes (2010) y la plataforma online de Naturalista de la CONABIO (2022).

Análisis de Datos. La información se sistematizó por familia, género y especie. Se utilizó el programa Excel de la paquetería Microsoft© para ordenar especies, describir y graficar los órdenes y familias de las plantas encontradas y registradas de donde se elaboraron tablas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En estudios relacionados con la descripción y registro de especies siempre se estará en riesgo de no considerar el total de los individuos y/o especies de interés. Sin embargo, el esfuerzo de listar una serie de datos referentes a la familia Poaceae es de un valor relativo y sirve como contribución al conocimiento y distribución de especies según sea su ubicación.

Cuadro 1. Especies de Poaceas encontradas, nombre común y origen.

N o.	Nombre común	Nombre científico	Origen
1	Zacate pajón	<i>Aegopogon cenchroides</i>	EUA hasta Venezuela
2	Tres barbas anual	<i>Aristida adscencionis</i>	Viejo mundo
3	Tres barbas abierto	<i>Aristida divaricata</i>	Originaria de Norteamérica hasta Guatemala
4	Avena	<i>Avena sativa</i>	Canadá, EUA, México. Viejo Mundo
5	Popotillo plateado	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Nativa, Se distribuye desde EUA hasta Argentina
6	Banderilla anual	<i>Bouteloua aristroides</i>	Nativa de América
7	Gramma de seis semanas	<i>Bouteloua barbata</i>	Originaria de América del norte
8	Navajita morada	<i>Bouteloua chondrosioides</i>	Nativa desde el Sur de EUA, México hasta Costa Rica
9	Navajita banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Nativa de América, abundante en el Norte de México
10	Zacate búfalo	<i>Bouteloua dactyloides</i>	Nativa del Centro de EUA a México
11	Navajita azul	<i>Bouteloua gracilis</i>	Nativa de Norteamérica
12	Navajita velluda	<i>Bouteloua hirsuta</i>	Nativa en Norteamérica hasta Guatemala
13	Zacate sabanilla	<i>Bouteloua repens</i>	Sur de EUA, Colombia, Venezuela
14	Navajita simple	<i>Bouteloua simplex</i>	Nativa de América
15	Zacate bromo	<i>Bromus catharticus</i>	Nativa de Sudamérica, cultivada en México y escapada de cultivo
16	Popotillo plateado	<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Nativa, conocida desde el Suroeste de Estados Unidos hasta el Altiplano Mexicano, Argentina y Uruguay
17	Pasto Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Originario de Sudáfrica hoy en gran parte del mundo

18	Roseta	<i>Cenchrus echinatus</i>	Originaria de América y presente en gran parte de México
19	Cadillo rosetilla	<i>Cenchrus incertus</i>	Nativa de América
20	Cadillo arenoso	<i>Cenchrus myosuroides</i>	Nativo del sur de los Estados Unidos a México, el Caribe y Sudamérica
21	Rhodes	<i>Chloris gayana</i>	Originaria de África, introducida y ampliamente cultivada en América tropical
22	Pata de gallo	<i>Chloris submutica</i>	Nativa americana, conocida desde Estados Unidos hasta Guatemala y Sudamérica
23	Zacate mota	<i>Chloris virgata</i>	Nativa, conocida desde Estados Unidos hasta Argentina
24	Pasto de las pampas	<i>Cortaderia selloana</i>	Nativa de Argentina en la actualidad en gran parte del mundo
25	Bermuda agrarista	<i>Cynodon dactylon</i>	Nativa del Viejo Mundo, cultivada ampliamente como forraje en América
26	Pasto estrella africana	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Originaria de África
27	Pata de gallo	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Nativo del viejo mundo naturalizado en América
28	Zacate borreguero	<i>Dacyochloa pulchella</i>	Nativa del Suroeste de Estados Unidos al Norte de México
29	Punta blanca	<i>Digitaria californica</i>	Nativa de Estados Unidos y México
30	Escobilla	<i>Digitaria cognata</i>	Nativa de Estados Unidos y Norte de México
31	Zacate mano anual	<i>Digitaria ternata</i>	Nativa del Viejo Mundo, recientemente introducida en la región tropical de América
32	Arrocillo silvestre	<i>Echinochloa colona</i>	Viejo mundo, Registrado en la mayoría de los estados del país
33	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i>	Viejo mundo
34	Pasto lanudo	<i>Elionurus barbiculmis</i>	Suroeste de Estados Unidos
35	Zacate ladera	<i>Enneapogon desvauxii</i>	Nativa, citada desde el Suroeste de Estados Unidos hasta México, Perú, Bolivia y Argentina
36	Amor seco pagajoso	<i>Eragrostis cilianensis</i>	Nativa de Europa. Introducida en el sur de Estados Unidos, México, Costa Rica, Uruguay, Argentina
37	Amorseco	<i>Eragrostis intermedia</i>	Nativa, conocida desde el Sur de Estados Unidos hasta Guatemala
38	Zacate amor mexicano	<i>Eragrostis mexicana</i>	Nativa, conocida desde el Centro de Estados Unidos hasta Argentina
39	Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	Oriente Medio, Marruecos y las altiplanicies de China
40	Barba negra	<i>Heteropogon contortus</i>	Nativa, distribuida desde el Suroeste de Estados Unidos hasta Argentina
41	Barba negra dulce	<i>Heteropogon melanocarpus</i>	Nativa del Sureste de Estados Unidos hasta México y Antillas

42	Zacate guía	<i>Hopia obtusa</i>	Nativa, citada desde el Suroeste de Estados Unidos al Centro de México
43	Zacate gigante	<i>Leptochloa dubia</i>	Nativa, conocida desde el Sur de Estados Unidos, México, Las Antillas hasta Chile y Argentina
44	Zacate lobero	<i>Lycurus phleoides</i>	Nativa, común desde Nuevo México y Texas hasta Oaxaca
45	Zacate rosado	<i>Melinis repens</i>	Nativa de África, introducida y naturalizada en México
46	Zacate llano	<i>Microchloa kunthii</i>	Nativa, conocida desde el Sur de Estados Unidos a México y Sudamérica
47	Liendrilla chica	<i>Muhlenbergia microsperma</i>	En el sur y oeste de Estados Unidos a México
48	Liendrilla morada	<i>Muhlenbergia rigida</i>	Nativa del sur de EUA hasta Sudamericana
49	Liendrilla roja	<i>Muhlenbergia tenuifolia</i>	Nativa de EUA y México
50	Pasto horquilla	<i>Paspalum conjugatum</i>	Nativa de América tropical
51	Pasto morado	<i>Paspalum lividum</i>	Sureste de Estados Unidos a Argentina incluyendo las Antillas
52	Zacate bahía	<i>Paspalum notatum</i>	Nativa, conocida desde Estados Unidos, México hasta Sudamérica y las Antillas
53	Carrizo	<i>Phragmites australis</i>	Distribución cosmopolita, presente en todo el mundo
54	Bambu	<i>Phyllostachys aurea</i>	China o Japón
55	Cola de zorra pegajosa	<i>Setaria adhaerens</i>	Originaria del noroeste de África se encuentra desde EUA hasta Guatemala
56	Zacate pajita	<i>Setaria grisebachii</i>	Nativa de América
57	Pajita tempranera	<i>Setaria macrostachya</i>	Nativo de América, conocida desde el Suroeste de Estados Unidos hasta México y Las Antillas
58	Zacate sedoso	<i>Setaria parviflora</i>	Nativa del hemisferio occidental, de amplia distribución a través de Estados Unidos, al sur hasta Argentina y Chile
59	Zacate panecillo	<i>Setaria verticillata</i>	Europa
60	Zacate johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Originaria del Mediterráneo, introducida con semillas de forrajes y naturalizada en casi todo el mundo
61	Sorgo	<i>Sorghum vulgare</i>	Viejo mundo, Exótica en México
62	Zacate alcalino	<i>Sporobolus airoides</i>	Nativa desde Oeste de EUA hasta centro de México
63	Cola de ratón	<i>Sporobolus indicus</i>	Nativa de América
64	Zacatón piramidal	<i>Sporobolus pyramidatus</i>	Nativa, distribuida desde el Centro de Estados Unidos hasta Sudamérica y las Antillas
65	Zacatón gigante	<i>Sporobolus wrightii</i>	Nativa, citada desde el Sur de Estados Unidos y Norte de México
66	Cabello de angel	<i>Stipa tenuissima</i>	Estados Unidos, México, Argentina y Chile
67	Abrojo espigado	<i>Tragus berteronianus</i>	Nativa del Viejo Mundo, introducida en América

68	Trigo	<i>Triticum aestivum</i>	Asia, aunque disperso en gran parte del mundo
69	Yuyo blanco	<i>Urochloa panicoides</i>	Originaria de África
70	Triticale	<i>X triticosecale</i>	Originario de Europa
71	Maíz	<i>Zea mays</i>	Nativa de América y se distribuye en todo el mundo

Nota: Nota: En base Herrera &Arrieta (2009), (Herrera & Pámanes (2010) y Naturalista 2022.

Se encontraron un total de 71 especies distintas de especies de Poaceas, destacando el género *Bouteloua* con 9 especies, seguido por el género *Setaria* con 5 especies, los géneros *Sporobolus* y *Cenchrus* con 4 especies y los géneros: *Chloris*, *Digitaria*, *Eragrostis*, *Muhlenbergia* y *Paspalum* con 3 especies, respectivamente, como los géneros más destacados de un total de 39 géneros encontrados (Cuadro 1).

Los resultados encontrados en el estudio indican que los géneros *Bouteloua*, *Eragrostis*, *Muhlenbergia* y *Paspalum* concuerdan con lo que reportan Dávila *et al.* (2018) quienes mencionan que, en México, se registran 295 especies de gramíneas y que cinco géneros (*Muhlenbergia*, *Paspalum*, *Bouteloua*, *Panicum* y *Eragrostis*) aportan 35.3 % del total de las especies de gramíneas endémicas de México.

Así mismo en el presente estudio se destaca otra coincidencia respecto a la presencia de especies de los géneros siguientes: *Eragrostis*, *Digitaria*, *Bromus*, *Cenchrus* y *Dactyloctenium*, pues son los 5 géneros mencionados por Dávila *et al.* (2018) ya que dichos autores afirman que en el territorio mexicano se han registrado un total de 154 especies introducidas y/o cultivadas pertenecientes a los 5 géneros siguientes: *Eragrostis*, *Digitaria*, *Bromus*, *Cenchrus* y *Dactyloctenium*.

Cuadro 2. Aptitud forrajera y frecuencia de especies de Poaceas presentes en el Ejido El Refugio.

Aptitud forrajera	Frecuencia	Porcentaje
Buena	14	19.7
Buena a regular	10	14.0
Excelente	6	8.5
Excelente a buena	1	1.4
Mala	9	12.7
Mala a regular	12	16.9
Muy buena	1	1.4
Regular	18	25.4
Total	71	100.0

Nota: En base Herrera &Arrieta (2009), (Herrera & Pámanes (2010) y Naturalista (2022).

En lo referente a la aptitud forrajera en la categoría de Buena, Muy buena, Excelente a buena y Excelente sumaron el 31.4 % del total de especies (Cuadro 2), denotando que si nos basamos en este dato se le puede considerar a los potreros y en general al Ejido que presenta especies de mediana a buena calidad por lo tanto se pueden considerar potreros regulares a buenos.

Dávila y colaboradores (2018) aluden que, como parte de su vocación forrajera, las gramíneas interaccionan constantemente con las malezas presentes. Hernández *et al.* (2020) reportan para el predio en estudio 61 especies de Poaceas categorizadas en 4 bloques EAC: Especies en áreas de

cultivo (21 especies); IMMP: Especies indicadoras de mal manejo (4 especies); EMAP: Especies de media y alta preferencia (28 especies) y EBP: Especies de baja preferencia (8 especies).

CONCLUSIONES

En Ejidos como El Refugio existe excelente cantidad de especies de Poaceas (71), considerando que cuenta con 4,424 ha de superficie. Podemos concluir que la aptitud forrajera se considera aceptable puesto que las categorías: Excelente, Excelente a buena, Muy buena y Buena suman 31.4 % del total de especies registradas.

LITERATURA CITADA

- Cantú B., J. E., Valdés, R. y T. R. Galo Medina. 2010. Gramíneas del norte de México. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Coahuila, México.
- Dávila Aranda, Patricia. Sánchez Ken, Jorge. 1996. La importancia de las gramíneas como forraje en México. Ciencias, núm. 44, octubre-diciembre, pp. 32-34. [En línea].
- Dávila, P., Mejía-Saulés, M., Soriano-Martínez, A. M., & Herrera-Arrieta, Y. (2018). Conocimiento taxonómico de la familia Poaceae en México. *Botanical Sciences*, 96(3), 462-514. Recuperado el 24 de junio de 2022 de: https://www.botanicalsciences.com.mx/index.php/botanicalSciences/article/view/1894/pdf_4
- INAFED, 2010. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Consultado el 20 de agosto de 2022 de: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM10durango/municipios/10022a.html>
- Hernández I. G., Cisneros V. J. M., Yáñez Ch. L. G y Rodríguez G. M. 2020. Diversidad de especies de Poaceas en un Ejido al sureste Durango. XVI Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas Gómez Palacio, Durango.
- Herrera Arrieta, Y., & Cortés Ortiz, A. (2009). Diversidad de las gramíneas de Durango, México. *Polibotánica*, (28), 49-68. Recuperado el 11 de junio de 2022 de: <https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n28/n28a4.pdf>
- Herrera A. Y., y Pámanes G. D. S. 2010. Guía de Pastos de Zacatecas. Primera Edición. Instituto Politécnico Nacional CIIDIR IPN Unidad Durango. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Impreso en México.
- NaturaLista, 2022. Ciencia Ciudadana para Todos. CONABIO. Consultado el 22 de julio de 2022 de: www.naturalista.mx
- Reyes O., Murillo M., Herrera E., Carrete F.O., Gurrola J. N., Sánchez J.F. 2016. Consumo y valor nutricional de la dieta seleccionada por ganado bovino en agostadero en el norte de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Memorias del VII Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Mesa de trabajo: Nutrición de rumiantes. Guadalajara Jalisco, México. Pág. 35-39.

MÉTODOS PARA ESTIMAR BIOMASA EN PASTIZALES DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

METHODS TO ESTIMATE BIOMASS IN GRASSLANDS IN THE STATE OF CHIHUAHUA

Iván Rubén Grijalva-Gómez¹, Carlos Raúl Morales-Nieto^{1*}, Raúl Corrales-Lerma¹, Alan Álvarez-Holguín², Eduardo Santellano Estrada¹ y Carlos Gustavo Monzón-Burgos¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) – Campo Experimental La Campana. *Autor por correspondencia: cnieto@uach.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar tres métodos para estimar biomasa: UAV, ceptómetro y altura de dosel, comparados con cuadrante, en un pastizal amacollado arborescente del estado de Chihuahua. El estudio se realizó en Teseachi, Namiquipa, en octubre del 2020. Se localizaron 30 puntos al azar. El primer método fue con UAV. Una vez concluidos los vuelos, se colocó el cuadrante y se tomó su coordenada. Se tomaron 9 lecturas con ceptómetro y se obtuvo su promedio. Se midió la altura promedio de dosel. Se cortó todo el forraje dentro del cuadrante a ras de suelo y se empaquetó para su análisis en laboratorio. El procesamiento SfM de las imágenes aéreas fue con Agisoft Metashape. Se utilizaron 9 puntos del muestreo, se aplicó el índice de vegetación NGBDI y se calculó el promedio de los píxeles de una ventana móvil de 3 x 3 metros. Los datos se analizaron con un modelo de regresión lineal simple. Se utilizó el programa R Project, versión 4.0.3. El modelo de regresión lineal simple para UAV, ceptómetro y altura de dosel, mostró una R^2 de 0.62, 0.55 y 0.48 ($P < 0.01$; $P < 0.001$; $P < 0.001$), respectivamente. Los datos obtenidos de UAV, pueden generar mapas predictivos de biomasa con una precisión aceptable. El índice de área foliar del ceptómetro puede estimar, con una buena confiabilidad, el rendimiento de forraje. No es recomendable utilizar el método altura de dosel al estimar el rendimiento de forraje, ya que presentó una correlación débil.

Palabras Clave: Ceptómetro, UAV, Monitoreo de pastizales, biomasa aérea.

ABSTRACT

The objective was to evaluate three methods to estimate biomass: UAV, ceptometer, and canopy height compared with quadrant, in an arborescent tufted grassland in the state of Chihuahua. The study was conducted in Teseachi, Namiquipa, in October 2020. 30 points were located at random. The first method was with UAV. Once the flights were completed, the quadrant was placed and its coordinate was taken. 9 readings were taken with a ceptometer and their average was obtained. Average canopy height was measured. All forage within the quadrant at ground level was cut and packed for laboratory analysis. The SfM processing of the aerial images was with Agisoft Metashape. 9 sampling points were used, the NGBDI vegetation index was applied and the average of the pixels of a 3 x 3 meter moving window was calculated. The data were analyzed with a simple linear regression model. The R Project program, version 4.0.3 was used. The simple linear regression model for UAV, ceptometer and canopy height, showed an R^2 of 0.62, 0.55 and 0.48 ($P < 0.01$; $P < 0.001$; $P < 0.001$), respectively. Data obtained from UAVs can generate biomass

predictive maps with acceptable precision. The ceptometer leaf area index can estimate forage yield with good reliability. It is not advisable to use the canopy height method when estimating forage yield, as it presented a weak correlation.

Keywords: Grassland monitoring, aerial biomass, UAV, ceptometer.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de pastizales generan la mayor parte del forraje que necesita el ganado y brindan servicios ecosistémicos relacionados con calidad del suelo, balance hídrico, equilibrio atmosférico, entre otros. Además, son ricos en biodiversidad, que se reconoce como la base del funcionamiento de los ecosistemas (Stumpf *et al.*, 2020). El monitoreo de los parámetros biofísicos del pastizal es importante para conocer su desarrollo y su relación con el ambiente y los sistemas de manejo (Acorsi *et al.*, 2019). La estimación de los parámetros, como la biomasa y la altura de las plantas, es fundamental para predecir rendimiento y óptimo manejo del ecosistema (Castro *et al.*, 2020). Las estimaciones de biomasa precisas y en tiempo real permiten a los productores cumplir con los objetivos del plan de manejo (Andersson *et al.*, 2017). Los avances en vehículos aéreos no tripulados y cámaras multispectrales permiten adquirir datos como índices de vegetación y parámetros biofísicos de manera confiable (Dos Santos *et al.*, 2020). Otra opción son los sensores terrestres, que ofrecen una medición rápida y automatizada de datos de reflectancia espectral y parámetros de la planta, como la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y el índice de área foliar (LAI), además, son útiles en combinación con satélites y otras observaciones de campo al monitorear variables tales como biomasa aérea, rendimiento agrícola, absorción de CO₂ y estrés hídrico (Sesnie *et al.*, 2018). Determinar la disponibilidad de biomasa es esencial para una planeación adecuada (Batistoti *et al.*, 2019). El objetivo fue evaluar tres métodos para estimar biomasa, comparar la precisión del método de drones, el método del ceptometro y el método de altura de dosel con el del cuadrante y analizar los resultados en un pastizal amacollado arborescente del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

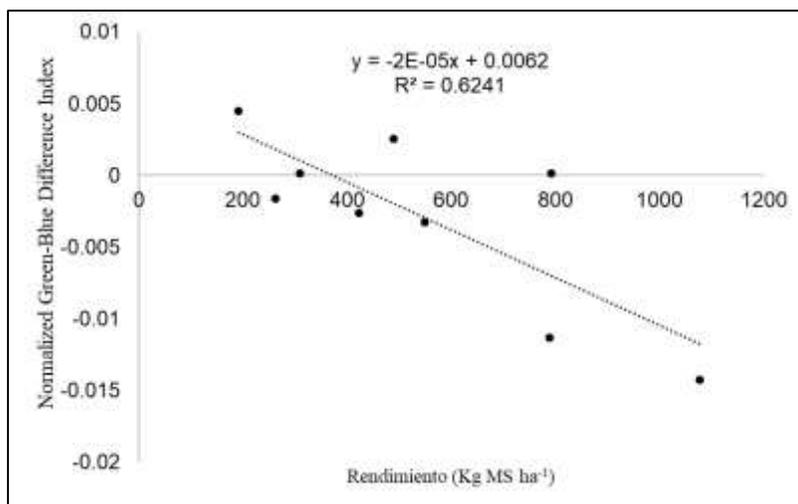
El estudio se realizó en un pastizal amacollado arborescente, en el rancho Teseachi, Namiquipa, en octubre del 2020. Se localizaron 30 puntos al azar, separados a 50 metros, donde se llevaron a cabo los métodos de muestreo. El primer método de muestreo se realizó con el vehículo aéreo no tripulado (dron). Una vez concluidos los vuelos del dron, se colocó el cuadrante de 1 m² en cada punto y se tomó su coordenada. Se realizó el muestreo con el ceptometro, se tomaron 9 lecturas dentro del cuadrante y se obtuvo el promedio. Posteriormente se midió la altura promedio de dosel dentro del cuadrante. Finalmente, el muestreo del cuadrante, donde se cortó todo el forraje dentro del cuadrante a ras de suelo y se empaquetó para su análisis en laboratorio. El muestreo con el cuadrante fue el método testigo, para su comparación. Las imágenes se obtuvieron a una altitud de vuelo de 100 m, se cubrió un total de 40 hectáreas, aproximadamente. Se usó un Dron DJI Phantom 4 profesional, de cuatro hélices, con una cámara 4k integrada, que tiene un ángulo de vista de 94°, con un lente de apertura de f/2.8 y un tamaño máximo de imagen de 4000 x 3000 pixeles. Para el procesamiento SfM de las imágenes aéreas se usó el software Agisoft Metashape. Después de obtener la información de biomasa, se utilizaron 9 puntos del muestreo, se asoció a la coordenada de los sitios y se obtuvieron los valores digitales del ortomosaico generado. Se aplicó el índice de vegetación NGBDI (Normalized Green-Blue Difference Index) y se calculó el promedio de todos

los pixeles que ocuparon la parcela en una ventana móvil de 3 x 3 metros. El NGBDI es una relación normalizada de la diferencia entre la banda verde y la banda azul. La fórmula es la siguiente: $NGBDI = (G-B) / (G+B)$. El método para medir PAR fraccional (radiación fotosintéticamente activa) fue con el ceptómetro ACCUPAR LP-80. Aparato provisto con 80 sensores para radiación con banda en onda de 400 a 700 nanómetros (espectro), que de acuerdo a un índice de área foliar (IAF), calculó la disponibilidad de forraje en ese momento. Se tomaron nueve lecturas y se obtuvo un promedio de IAF en cada sitio de muestreo. Se tomaron mediciones manuales de la altura del dosel del pasto dentro del cuadrante. Se realizó con una regla con una precisión de 0.01 m. Se utilizaron cuadrantes de 1 m² (1.25 m x .8 m), la biomasa aérea dentro de los cuadrantes fue cortada con una hoz y colectada en bolsas de papel, se secaron en estufas durante 72 horas a 70°C para obtener los valores de peso seco en gramos por metro cuadrado y kilogramos de materia seca por hectárea (gr m⁻² y kg ha⁻¹) de cada sitio. Los datos de los muestreos se analizaron para cuantificar la intensidad de la asociación lineal entre dos variables, a través de un modelo de regresión lineal simple. Se utilizó el programa de acceso libre R Project, versión 4.0.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el ortomosaico de las imágenes capturadas por el UAV y el modelo de regresión lineal simple entre las variables de biomasa versus los datos espectrales del Dron, mostró una relación con la biomasa del pastizal amacollado arborescente; mientras que el modelo de regresión lineal simple arrojó un valor de R² de 0.62 (P < 0.01 Gráfica 1), lo que coincide con los valores reportados por Gruner *et al.*, (2019), al realizar una predicción de biomasa de pastizales templados heterogéneos con un enfoque SfM basado en imágenes de UAV, presentaron una R² de 0.56 y 0.7. Valores que concuerdan con los obtenidos para el presente estudio

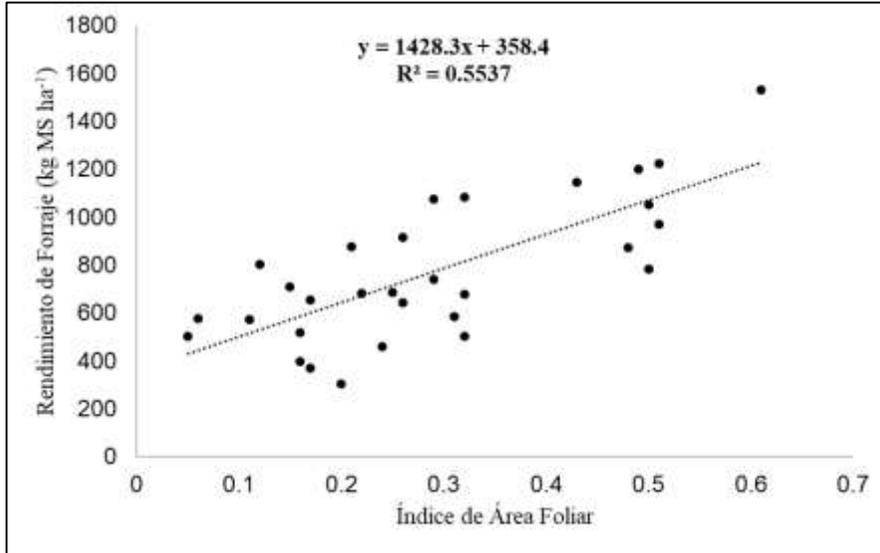
Gráfica 1. Regresión lineal simple entre el índice de área foliar de dron y rendimiento de forraje en pastizal



amacollado arborescente.

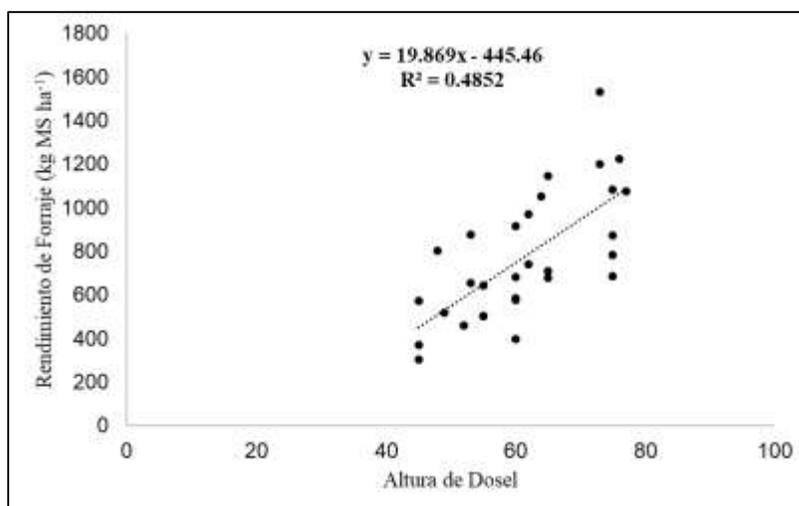
El modelo de regresión lineal simple mostró asociación significativa (P < 0.001) entre índice de área foliar y rendimiento de forraje en el pastizal amacollado arborescente; con un grado de asociación positiva, una R² de 0.55 (Gráfica 2), valor por debajo a lo que presentó Hamar *et al.*, (2006) y por debajo de la R² de Lu *et al.*, (2021) que presentaron valores superiores a 0.75 al estimar las propiedades espectrales y biofísicas de la vegetación fotosintética y no fotosintética en pastizales mixtos. Al realizar una evaluación del índice de área foliar para el período de

crecimiento de cultivos, Mamun Hossain *et al.*, (2017) obtuvieron valores de R^2 de 0.7 a 0.95. Ruggieri *et al.*, (2013), evaluaron el comportamiento del pastoreo en pastizales, al medir el índice de área foliar obtuvieron una R^2 de 0.91.



Gráfica 2. Regresión lineal simple entre el índice de área foliar de ceptómetro y rendimiento de forraje en pastizal amacollado arborescente.

El modelo de regresión lineal simple mostró una asociación significativa ($P < 0.001$) entre la altura de dosel y rendimiento de forraje en los muestreos del pastizal amacollado arborescente y presentó una R^2 de 0.48 (Gráfica 3). Valor similar a lo presentado por Gruner *et al.*, (2019), donde realizaron una predicción de biomasa de pastizales templados heterogéneos con un enfoque SfM basado en imágenes de UAV, donde la relación lineal para la altura de planta en tratamientos de pasto puro mostró una R^2 menor de 0.47. Una correlación es baja por debajo de 0.30 en valor absoluto, existe una asociación moderada entre 0.30 y 0.70 y alta por encima de 0.70.



Gráfica 3. Regresión lineal simple entre altura de dosel y rendimiento de forraje en pastizal amacollado arborescente.

CONCLUSIÓN

Los datos obtenidos de UAV, relacionados con variables de campo de pastizales amacollados arborescentes del estado de Chihuahua, mediante el procesamiento de imágenes con un enfoque SfM pueden generar mapas predictivos de biomasa con un nivel de precisión aceptable. Se considera que el índice de área foliar adquirido con ceptómetro puede estimar, con una buena confiabilidad y un margen de error aceptable, el rendimiento de forraje en pastizales amacollados arborescentes del estado de Chihuahua. Esta variable está fuertemente relacionada y es posible estimar la producción de biomasa.

LITERATURA CITADA

- Acorsi, M. G., F. das D. Abati Miranda, M. Martello, D. A. Smaniotto y L. R. Sartor. 2019. Estimating biomass of black oat using UAV-based RGB imaging. *Agronomy*. 9:1–14.
- Andersson, K., M. Trotter, A. Robson, D. Schneider, L. Frizell, A. Saint, D. Lamb y C. Blore. 2017. Estimating pasture biomass with active optical sensors. *Adv. Anim. Biosci.* 8:754–757.
- Batistoti, J., J. Marcato, L. Ítavo, E. Matsubara, E. Gomes, B. Oliveira, M. Souza, H. Siqueira, G. S. Filho, T. Akiyama, W. Gonçalves, V. Liesenberg, J. Li y A. Dias. 2019. Estimating pasture biomass and canopy height in Brazilian Savanna using UAV photogrammetry. *Remote Sens.* 11:1–12.
- Castro, W., J. M. Junior, C. Polidoro, L. P. Osco, W. Gonçalves, L. Rodrigues, M. Santos, L. Jank, S. Barrios, C. Valle, R. Simeão, C. Carrameu, E. Silveira, L. A. de Castro y E. Matsubara. 2020. Deep learning applied to phenotyping of biomass in forages with uav-based rgb imagery. *Sensors (Switzerland)*. 20:1–18.
- Dos Santos, L. M., G. A. S. Ferraz, B. D. de S. Barbosa, A. V. Diotto, D. T. Maciel y L. A. G. Xavier. 2020. Biophysical parameters of coffee crop estimated by UAV RGB images. *Precis. Agric.* 21:1227–1241.
- Grüner, E., T. Astor y M. Wachendorf. 2019. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SFM approach based on UAV imaging. *Agronomy*. 9.
- Hamar, M., M. White, C. Lauver y S. Garman. 2006. Interpreting 250m Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Vegetation Indices in the Colorado Plateau, USA. *AGU Fall Meeting Abstracts*. (31), 1081.
- Lu, B., C. Proctor y Y. He. 2021. Investigating different versions of PROSPECT and PROSAIL for estimating spectral and biophysical properties of photosynthetic and non-photosynthetic vegetation in mixed grasslands. *GIScience & Remote Sens.* 58:3, 354-371.

- Mamun-Hossain, S. A., L. Wang, T. Chen y Z. Li. 2017. Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments. *Plant, Soil Environ.* 63:461–467.
- Ruggieri, A. C., V. C. Silva, N. C. Meister, F. O. Alari, P. D. L. Michalk, G. D. Millar, W. B. Badgery y M. Kim. 2013. Behaviour of grazing goats on Tanzania grassland under different residue leaf area index in southeastern Brazil. *Plant Sci. Commons.* 22.
- Sesnie, S. E., H. Eagleston, L. Johnson y E. Yurcich. 2018. In-situ and remote sensing platforms for mapping fine-fuels and fuel-types in Sonoran semi-desert grasslands. *Remote Sens.* 10.
- Stumpf, F., M. K. Schneider, A. Keller, A. Mayr, T. Rentschler, R. G. Meuli, M. Schaepman y F. Liebisch. 2020. Spatial monitoring of grassland management using multi-temporal satellite imagery. *Ecol. Indic.* 113:106201.

MONITOREO DE LA DINÁMICA FORESTAL Y DE PASTIZAL EN EL NORTE DE MEXICO MEDIANTE DATOS ANUALES DEL SENSOR LANDSAT

MONITORING OF FOREST AND GRASSLAND DYNAMICS IN NORTHERN MEXICO USING ANNUAL DATA FROM THE LANDSAT SENSOR

Jesús Alejandro Prieto Amparán¹, Federico Villarreal Guerrero¹, Alfredo Pinedo Alvarez¹, Nathalie Socorro Hernández Quiroz¹, Alan Alvarez Holgin², José Humberto Vega Mares¹, Martín Martínez-Salvador¹, Sindy Yeinn Rodríguez Esperanza¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua, Chihuahua 31453, México

jamparan@uach.mx

RESUMEN

Se exploró la capacidad de los datos de percepción remota para monitorear el comportamiento histórico de la superficie de bosque de encino y pastizales, en el Rancho Experimental Teseachi, ubicado en el estado de Chihuahua, en los municipios de Namiquipa, Guerrero y Temosachi, durante el periodo de 1995 a 2020. En el área de estudio, los pastizales anuales son un componente esencial de los ecosistemas encino, ya que son la principal fuente de forraje para el ganado y la fauna. Se utilizaron datos del satélite Landsat TM 5 y OLI 8, de 30 metros de resolución, mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Analizamos las tendencias espaciales y temporales de la vegetación en nueve potreros del área de estudio mediante los datos espectrales, comparando año con año utilizando el ANOVA. En general, los resultados indicaron que la condición de la vegetación mediante el monitoreo utilizando el NDVI ha aumentado en los últimos 25 años. Fue posible detectar la condición de la vegetación en la escala temporal. El manejo en los distintos potreros del Rancho Teseachí mostró una variación en el comportamiento de la información espectral del NDVI tanto en la escala espacial y temporal. Según los resultados, el indicador espectral NDVI es parámetro útil para analizar la condición de la vegetación.

Palabras clave: Percepción remota, NDVI, Landsat, sierra templada.

ABSTRACT

The capacity of remote sensing data was explored to monitor the historical behavior of the area of oak forest and grasslands in the Teseachi Experimental Ranch, located in the state of Chihuahua, in the municipalities of Namiquipa, Guerrero and Temosachi, during the period from 1995 to 2020. In the study area, annual grasslands are an essential component of oak ecosystems, as they are the main source of forage for livestock and wildlife. We used 30-meter resolution Landsat TM 5 and OLI 8 satellite data using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). We analyzed the spatial and temporal trends of vegetation in nine paddocks in the study area using the spectral data, comparing year to year using ANOVA. In general, the results indicated that vegetation condition by monitoring using NDVI has increased over the last 25 years. It was possible to detect vegetation condition on the time scale. The management in the different paddocks of Rancho Teseachí showed a variation in the behavior of the NDVI spectral information in both the spatial and

temporal scales. According to the results, the NDVI spectral indicator is a useful parameter to analyze the condition of the vegetation.

Keywords: Remote sensing, NDVI, Landsat, temperate highlands

INTRODUCCIÓN

Los grandes herbívoros desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas, en especial en los ecosistemas de pastizal. Estos ecosistemas, contribuyen a la regulación de la estructura y composición de la vegetación, al mantenimiento de la diversidad del hábitat, a la dispersión de semillas, al reciclaje de nutrientes y la conservación y retención del agua y suelo respectivamente (Ripple et al., 2015; Teillard et al., 2016). El efecto de los grandes herbívoros sobre los ecosistemas de pastizal, están asociados tanto al consumo de biomasa como a las perturbaciones mecánicas, como el pisoteo y el revolcado. La introducción del pastoreo de ganado, desde una perspectiva de solución basada en la naturaleza, podría generar niveles moderados de perturbación ecológica y podría contribuir a la restauración o mantenimiento de la diversidad de hábitats y especies, regular el crecimiento de la biomasa y la estructura de la vegetación, y promover el ciclo de nutrientes y la dispersión de semillas. Sin embargo, los regímenes de pastoreo deben ser controlados y ajustados para evitar el riesgo de sobrepastoreo y otros impactos asociados, como la degradación del suelo, la baja regeneración de los árboles, la disminución de la productividad de la vegetación y de la diversidad de especies, y una menor resistencia a la presión ambiental (Gordon et al., 2021). Por lo que la actividad de pastoreo, requiere de técnicas de monitoreo que puedan aplicarse a grandes escalas espaciales, o que garantizaría una evaluación y seguimiento de la actividad del pastoreo sobre los ecosistemas de pastizal. Los datos espaciales, temporales y espectrales de los satélites de observación de la Tierra impulsan el uso de la percepción remota como medio para comprender a gran escala y bajo costo, las condiciones de los ecosistemas y los cambios medioambientales. En este sentido, la percepción remota, es una ciencia útil en la vigilancia de la condición de la vegetación. Se han desarrollado varios índices espectrales basados en percepción remota, como el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) (Kogan, 1990). El norte de México, en especial el estado de Chihuahua, se compone de tres grandes ecorregiones las cuales son, Sierras Templadas, Valles Centrales y la región del Desierto Chihuahuense. En la región de la Sierras Templadas, la vegetación se compone de bosque de encino poco denso o espaciado acompañado de pastizales en el sotobosque. La vegetación de bosque de encino se encuentra conectada, además, con áreas de pastizales abiertos. Identificar la condición de la vegetación y los cambios en el tiempo que puedan ocurrir, puede ayudar a detectar las zonas o superficies bajo presión. En este trabajo analizamos si los datos satelitales de percepción remota pueden detectar cambios en la condición de la vegetación en un mosaico pastizales y bosque de encino, compuesto por diferentes tipos de cobertura vegetal, como hierbas, arbustos y árboles. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue analizar la condición de la vegetación en diferentes potreros del rancho Teseachi, en el estado de Chihuahua, utilizando el índice de vegetación de diferencia normalizada de 1995 a 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología (CEITT) Rancho Teseachi, se localiza en los municipios de Bachiniva, Guerrero y Namiquipa en el estado de Chihuahua (Figura 1). El Rancho Teseachi tiene una superficie de $\approx 124.06 \text{ km}^2$. El rancho se ubica en la región de sierras templadas, en la Sierra Madre Occidental.

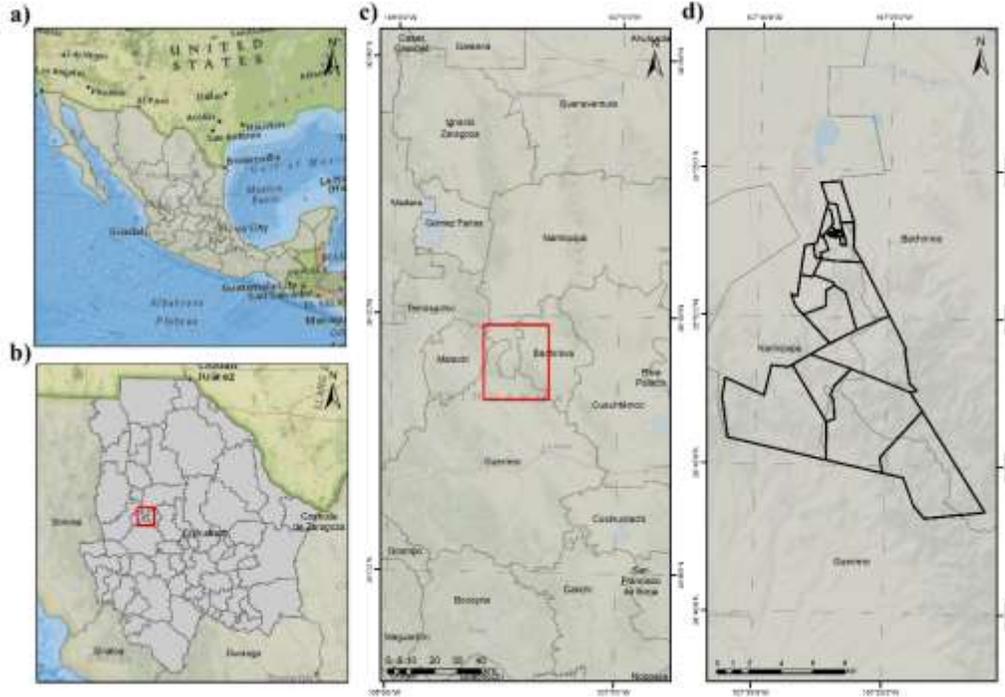


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Localización de a) México, b) Chihuahua, c) municipios de Bachiniva, Guerrero y Namiquipa, d) (CEITT) Rancho Teseachi.

Datos

La condición de la vegetación en los diferentes potreros se estimó con la ayuda del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). El NDVI es un indicador del estado de salud que guarda la vegetación. El NDVI es una combinación de las bandas del rojo en el espectro visible (Red) y del infrarrojo cercano (NIR), e indica el verdor general de la vegetación o la vegetación fotosintéticamente activa.

Los datos del NDVI se obtuvieron a partir de la información de las bandas espectrales, las cuales se procesaron en la plataforma Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>). El conjunto de datos de NDVI de 1995 a 2020 pertenecen al sensor Landsat TM 5 y OLI 8, con una resolución espacial de 30m por pixel. Se utilizó información de NDVI promedio de los meses junio a agosto, de 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 y 2020. El NDVI se calculó mediante la siguiente ecuación (Kogan, 1990):

$$NDVI = \frac{NIR_{700-1300} - Red_{600-700}}{NIR_{700-1300} + Red_{600-700}}$$

dónde: Red, NIR, son los valores de reflectancia de las bandas espectrales en las regiones del rojo (600-700 nm) e infrarrojo cercano (700-1300 nm) respectivamente.

Análisis estadístico

Para el análisis de la información, se utilizó el programa Minitab 17. Se observó el efecto de la condición de la vegetación bajo el pastoreo sobre los 9 potreros del Rancho Teseachi. También, se observó el efecto del pastoreo en el tiempo, en este caso los años se consideraron los niveles o fuentes de variación (Figure 1d). El análisis se llevó a cabo mediante un ANOVA para muestras repetidas con los potreros y el tiempo como variables, seguido de una prueba de significancia de Tukey, para detectar diferencias significativas entre los distintos niveles. Los valores de $p < 0.05$ fueron considerados significativos, mientras que los valores de $p < 0.0001$ fueron considerados altamente significativos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA mostró que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en relación a las dos fuentes de variación. En el primer caso, los nueve potreros como fuentes de variación mostraron que el potrero Las Coloradas y el Alamillo, son aquellos que mostraron valores de 0.47 y 0.46 de NDVI respectivamente. Estos dos potreros se agruparon con la letra “A”, con la prueba de medias de Tukey. Por otro lado, los potreros Palmitas, La Selva y Lajas, mostraron valores similares de NDVI, agrupándose con la letra “C”. Los potreros Varitas y Rancho viejo, se agruparon con la letra “D”. El potrero Potrero Nuevo, fue el que mostró los valores medios mas bajos de NDVI (Cuadro 1).

Cuadro 1. Agrupación de los valores medios de NDVI d los potreros por medio del método de Tukey.

Potrero	Valor medio NDVI	Agrupación	
Las Coloradas	0.477046	A	
Alamillo	0.468289	A	B
Bajío Anchondo	0.448705		B
Palmitas	0.428299		C
Selva	0.421839		C
Lajas	0.415504		C
Varitas	0.374041		D
Rancho Viejo	0.358201		D
Potrero Nuevo	0.335625		E

La agrupación de los valores medios de NDVI por el método de Tukey, también se muestra en la Figura 2.

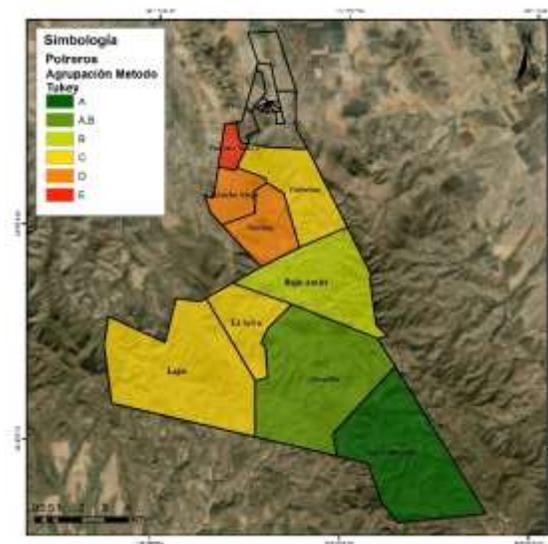


Figura 2. Agrupación espacial de los potreros con base en los valores medios de NDVI por el método de Tukey.

Se puede observar en la Figura 2, que existe una reducción de los valores medios de NDVI en la parte norte del área de estudio. Mientras que en la parte Sur (la más alejada del casco del Rancho), se observa que los potreros muestran los valores más altos de NDVI.

Por otro lado, la fuente de variación del tiempo también mostró diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en 1995, 2000, y 2010 y significativas en 2005 y 2015 ($p < 0.05$). La prueba de Tukey mostró que el 2020 y el 2000 tuvieron valores similares de NDVI y fueron agrupados con la letra “A”. Por otro lado, el 2005 y 2015 tuvieron también valores similares y fueron agrupados con la letra “B”. Los años 1995 y 2010 obtuvieron los valores medio más bajos del periodo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Agrupación de los años por medio del método de Tukey.

Año	Valor medio NDVI	Agrupación
2020	0.464846	A
2000	0.462949	A
2005	0.407417	B
2015	0.403985	B
1995	0.388791	C
2010	0.357045	D

En este trabajo se analizó el potencial de los datos satelitales, producto de percepción remota, para caracterizar las diferencias en la condición de la vegetación en distintos potreros del Rancho Teseachi y también en el tiempo. Como una primera etapa de estudio los resultados fueron satisfactorios, al mostrar los potreros con valores más bajos de NDVI. Sin embargo, en los entornos estratificados por distintos tipos de coberturas vegetales existe el riesgo de que la cobertura del sotobosque pueda interferir en la recepción de la reflexión de la luz hacia el satélite y que posiblemente los valores de NDVI puedan sobre o subestimarse, por lo que el estudio a nivel de tipos de vegetación es de gran importancia.

CONCLUSIONES

En este estudio se encontró que los potreros Las Coloradas y el Alamillo, fueron aquellos que tuvieron mejores condiciones en cuanto al estado de la vegetación, lo que fue proporcionado por los datos del indicador espectral NDVI. Estos potreros se encontraron a una mayor distancia de la parte norte del Rancho. Por otro lado, los potreros Rancho Viejo y Potrero Nuevo, fueron aquellos que tuvieron los valores de NDVI más bajos. En cuanto al tiempo, se observó que el año 2000 y 2020 son aquellos que mostraron mejores condiciones en el periodo en estudio (1995-2020).

El estudio, demostró que el potencial del uso de datos satelitales para monitorear los cambios en la vegetación en diferentes potreros del Rancho Teseachi. Sin embargo, los retos que plantea la estratificación de los tipos de vegetación exigen que se sigan investigando métodos y tipos de datos complementarios que puedan ayudar a estimar con mayor certidumbre el comportamiento y condición de la vegetación, especialmente cuando se trabaja en áreas complejas compuestas por varios estratos de vegetación.

LITERATURA CITADA

- Gordon, I. J., Manning, A. D., Navarro, L. M., & Rouet-Leduc, J. (2021). Domestic livestock and rewilding: Are they mutually exclusive?. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 550410.
- Kogan, F. N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *International Journal of remote sensing*, 11(8), 1405-1419.
- Ripple, W. J., Newsome, T. M., Wolf, C., Dirzo, R., Everatt, K. T., Galetti, M., ... & Van Valkenburgh, B. (2015). Collapse of the world's largest herbivores. *Science advances*, 1(4), e1400103.
- Teillard, F., Maia de Souza, D., Thoma, G., Gerber, P. J., & Finn, J. A. (2016). What does Life-Cycle Assessment of agricultural products need for more meaningful inclusion of biodiversity?. *Journal of Applied Ecology*, 53(5), 1422-1429.

CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE RADIACIÓN SOLAR APLICADO AL MONITOREO DE SEQUÍAS EN PASTIZALES ABIERTOS EN LA ZONA DE MALPASO, ZACATECAS

CHARACTERIZATION OF THE SOLAR RADIATION PROFILE APPLIED TO DROUGHT MONITORING IN OPEN GRASSLANDS IN THE MALPASO AREA, ZACATECAS

Levi García Menchaca¹, José Ortega Sigala¹, Ismael de la Rosa¹, Juan Badillo de Loera¹, Lourdes Ortiz Sanchez¹, Daniel de la Rosa¹, Ernesto Sandoval-García¹ y Héctor Durán Muñoz¹

¹Universidad Autónoma de Zacatecas. Jardín Juárez 147, Centro, 98000, México

RESUMEN

En varias regiones del mundo se ha llegado al límite de capacidad para suministrar el agua. Es por ello que es necesario proponer nuevas alternativas para la eficiencia en el uso del agua en la agricultura [1]. Una solución ante este problema es mediante el uso de nuevas tecnologías de bajo costo, buscando reducir el consumo de agua. Por medio de sensores estratégicamente situados, se pueden monitorear parámetros tales como la temperatura y la humedad relativa del suelo, la temperatura y humedad de las hojas, la radiación solar. Por lo que el objetivo de este trabajo es caracterizar el perfil de radiación solar, para ser aplicado al monitoreo de sequías en pastizales abiertos en la zona de Malpaso, Zacatecas. Esto por medio de la implementación de un arreglo experimental de bajo costo y sencillo de implementar. Mediante el arreglo experimental propuesto y el ajuste numérico fue posible identificar tres parámetros importantes que son asociados al estudio de suelo para sequías.

Palabras clave: Arduino, pastizales abiertos y sistemas de monitoreo.

ABSTRACT

In several regions of the world, the limit of capacity to supply water has been reached. That is why it is necessary to propose new alternatives for the efficiency in the use of water in agriculture [1]. A solution to this problem is through the use of new low-cost technologies, seeking to reduce water consumption. Through strategically placed sensors, parameters such as soil temperature and relative humidity, leaf temperature and humidity, solar radiation can be monitored. Therefore, the objective of this work is to characterize the solar radiation profile, to be applied to the monitoring of droughts in open grasslands in the area of Malpaso, Zacatecas. This through the implementation of an experimental arrangement that is low cost and easy to implement. Through the proposed experimental arrangement and the numerical adjustment it was possible to identify three important parameters that are associated with the soil study for droughts.

Keywords: Arduino, open grasslands and monitoring systems.

INTRODUCCIÓN

En varias regiones del mundo se ha llegado al límite de capacidad para suministrar el agua. En consecuencia, se ha llegado a sobreexplotar los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos, creando un impacto negativo en el ambiente. En México se depende en gran medida del agua subterránea para el riego, lo cual ha provocado que los niveles freáticos de agua dulce están descendiendo a un ritmo muy alarmante. Adicionalmente, el 77% del agua concesionada en México se utiliza para la agricultura. Es por ello que es necesario proponer nuevas alternativas para la eficiencia en el uso del agua en la agricultura [1]. Una manera de mejorar el grado de eficiencia en riego de campos es por medio del uso de redes inalámbricas de sensores. Este tipo de tecnología favorece una reducción en el consumo de agua y pesticidas, contribuyendo a la preservación del entorno. Adicionalmente, pueden generar alertas sobre la llegada de heladas, inundaciones, incendios, etc. El uso de este tipo de tecnologías cubre múltiples prácticas relativas a la gestión de cultivos y cosechas, árboles, flores y plantas, ganado. Por medio de sensores estratégicamente situados, se pueden monitorizar parámetros tales como la temperatura y la humedad relativa del suelo, la temperatura y humedad de las hojas, la radiación solar [2]. La radiación solar es la energía del sol que llega a la tierra con una longitud de onda entre 300 y 2.500 nm. La energía recibida por la tierra en un año alcanza la estratosférica suma de $5,46 \times 10^{24}$ vatios (W) [3]. Ahora bien, la radiación solar que llega a la superficie de la tierra tiene tres componentes: i) radiación directa (procedente en línea recta desde el sol), ii) radiación difusa (procedente de todas direcciones, salvo del sol) y iii) albedo (radiación reflejada por la superficie terrestre). La suma de estos tres componentes constituye la radiación global. Para la medición de la radiación solar existen diversos instrumentos, siendo los más comunes las celdas fotovoltaicas y los piranómetros. Por lo que el objetivo de este trabajo es caracterizar el perfil de radiación solar, para ser aplicado al monitoreo de sequías en pastizales abiertos en la zona de Malpaso, Zacatecas. Esto por medio de la implementación de un arreglo experimental de bajo costo y sencillo de implementar, y mediante el uso de aproximaciones numéricas a los datos experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Arreglo electrónico

Para caracterizar el perfil de radiación solar fue necesario armar un arreglo experimental que permita detectar varios parámetros físicos. Los parámetros físicos detectados son temperatura ambiental, luz solar y humedad del suelo. El arreglo experimental utiliza componentes electrónicas de bajo costo y fáciles de adquirir en tiendas comerciales. El arreglo experimental se muestra en la Figura 1, en donde se presentan las conexiones entre cada componente. El funcionamiento del arreglo experimental consiste en el censado de la temperatura y humedad ambiental por medio de un sensor de Temperatura-Humedad (Figura 1-c). También se registran los valores de humedad de suelo por medio del sensor Figura 1-e), así como la luz solar, Figura 1-d). Posteriormente, dichos valores son registrados en una memoria micro SD, Figura 1-b). Con la finalidad de que el usuario logre reproducir la estación básica de monitoreo se agrega el diagrama electrónico en la Figura 1.

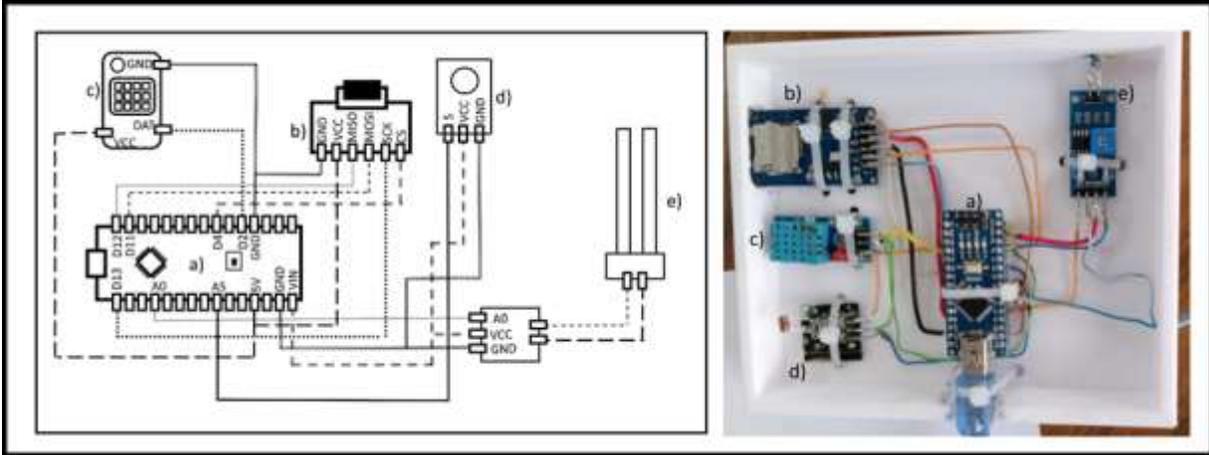


Figura 1. Arreglo electrónico para caracterizar el perfil solar.

Código de programación

El código de programación que utiliza la estación básica de monitoreo se muestra en la Figura 2.

```

#include "DHT.h"                #define DHTPIN 2              void loop()
                                #define DHTTYPE DHT11
                                #include <SimpleTimer.h>
                                #include <uTimerLib.h>
                                #include <SimpleTimer.h>
                                #include <SimpleTimer.h>
                                #include <Time.h>
                                #include <uTimerLib.h>
                                #include <SimpleTimer.h>
                                #include <Time.h>
                                #include <SimpleTimer.h>
                                #include <TimeLib.h>
                                #include <uTimerLib.h>
                                #include <SPL.h>
                                #include <SD.h>
                                DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
                                const int chipSelect = 10; // Pin 4 para SD
                                #include <SD.h>
                                File myFile;
                                const long A = 1000;    const int B = 15;
                                const int Rc = 10;      const int LDRPin = A5;
                                int V;                int ilum; int SensorPin=A0;
                                void setup()
                                {
                                Serial.println(F("DHTxx test!"));
                                dht.begin();
                                void loop()
                                {
                                int humedad=analogRead(SensorPin);
                                float h = dht.readHumidity();
                                float t = dht.readTemperature();
                                float f = dht.readTemperature(true);
                                if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
                                return;
                                }
                                float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
                                float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
                                myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);//abrimos
                                el archivo
                                if (myFile) {
                                V = analogRead(LDRPin);
                                ilum = ((long)(1024-V)*A*10)/((long)B*Rc*V); //usar si
                                LDR entre GND y A0
                                myFile.print(" ");    myFile.print(h);
                                myFile.print(" ");
                                myFile.print(t);    myFile.print(" ");
                                myFile.print(hic);
                                myFile.print(" ");
                                myFile.print(ilum);
                                myFile.print(" ");
                                myFile.println(humedad);
                                myFile.close();
                                }
                                }
                                }

```

```

SD.begin(chipSelect);                               } else {
pinMode(chipSelect, OUTPUT);                         }
setTime(12,0,0,30,9,2020); //h,min,seg,día,mes,año    delay(60000);
Serial.print("Iniciando SD ...");                   }
if (!SD.begin(4)) {
return;} }
    
```

Figura 2. Código de programación.

Costo del arreglo experimental

El costo total y de cada componente de la estación se muestra en la Tabla 1. El costo de la estación que se propone en este trabajo es cuatro veces menor que el costo de estaciones de monitoreo comerciales.

Tabla 1. Costo total de la Mini-estación de Monitoreo

Componente Electrónica	Costo
Arduino Nano	149.00
Módulo Lector De Tarjeta Micro Sd	100.00
Módulo DHT11	68.00
Módulo sensor humedad-suelo	103.00
Módulo tipo Fotorresistencia	80.00
Costo total	\$ 500.00

Ajuste numérico mediante

Con la finalidad de caracterizar las curvas del perfil solar fue necesario utilizar dos herramientas matemáticas, series de Fourier y una ecuación con su curva de forma gaussiana y que es asociada al fenómeno de termoluminiscencia [4]. Los datos experimentales fueron ajustados utilizando series de Fourier y una función con forma Gaussiana. La función de Fourier utilizada se presenta en la ecuación 1.

$$x(t) = \sum_{n=0}^{n < N/2} \left[c_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{N\Delta t}\right) + s_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{N\Delta t}\right) \right]. \quad (1)$$

Mientras que para el ajuste numérico fue utilizada una función con una curva de forma Gaussiana (Eq. 2). Esta función se utiliza originalmente para describir fenómenos físicos, como la termoluminiscencia [4]. Es por ello que se realizaron algunas consideraciones matemáticas para poder utilizar la Eq. 2. La razón para utilizar dicha ecuación responde a que sólo es necesario conocer la posición, intensidad y ancho de pico, es decir, sólo es necesario conocer parámetros geométricos.

$$I(T, T_m, I_m, \omega) = I_m \exp \left[1 + \frac{T_m^2}{4998 \cosk(T + \Delta T)} \frac{T + \Delta T - T_m}{T_m} - \frac{(T + \Delta T)^2}{T_m^2} \times \right. \\ \left. \exp \left(\frac{T_m^2}{4998 \cosk(T + \Delta T)} \frac{T + \Delta T - T_m}{T_m} \right) \left(1 - \frac{9996 \cosk(T + \Delta T)}{T_m^2} \right) - \frac{9996 \cosk}{T_m} \right] \quad (2)$$

Se realizó el ajuste numérico con ambas herramientas matemáticas con la finalidad de observar cuál herramienta es más sencilla de utilizar. Ambas funciones fueron programadas en Excel-Visual Basic.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los datos experimentales obtenidos mediante el arreglo experimental se muestran en la Figura 3. En la cual se presentan las mediciones de 6 días. Durante los primeros tres días se registró un clima totalmente soleado. Mientras que el cuarto día resultó estar Semi-nublado. En los dos últimos días se registró un clima nublado.

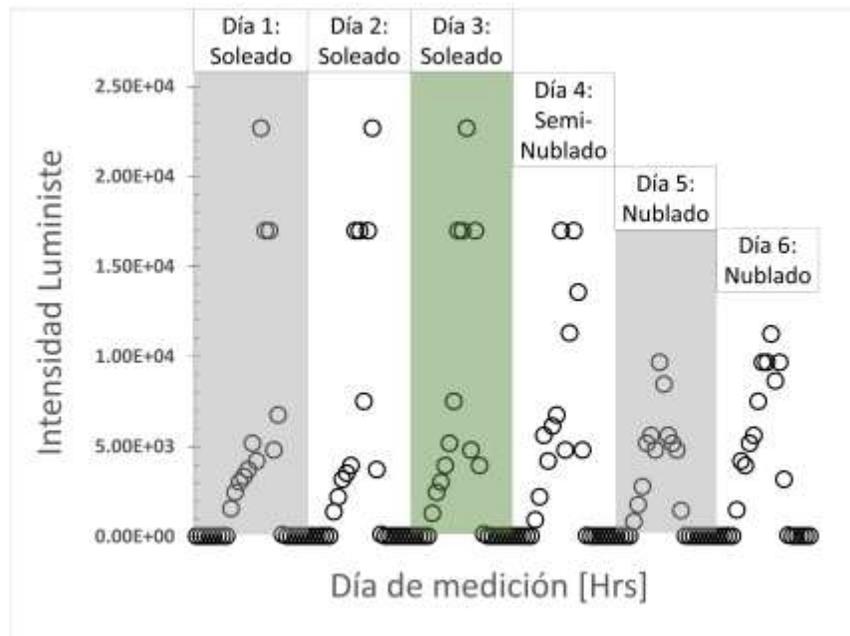


Figura 3. Mediciones obtenidas durante 6 días.

El ajuste numérico realizado mediante series de Fourier se muestra en la Figura 4. Se observa en dicha gráfica que el ajuste resulta ser adecuado. Sin embargo, los parámetros de ajuste son demasiados.

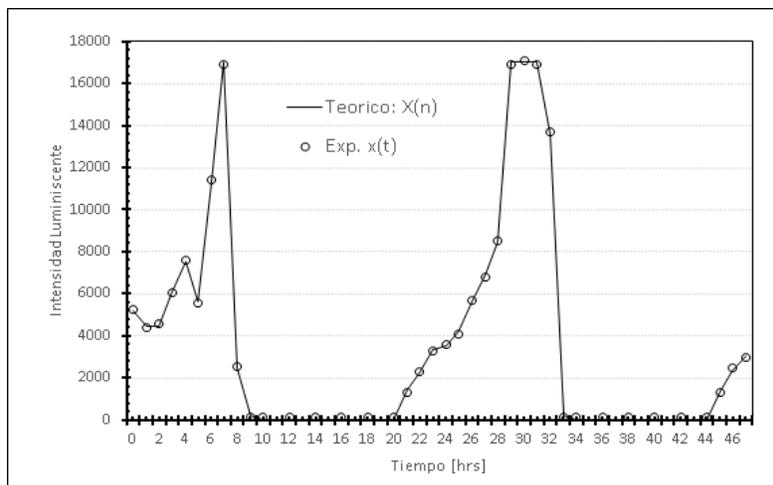


Figura 4. Ajuste numérico realizado con Series de Fourier.

Mientras que los ajustes numéricos realizados con la ecuación 8 se presentan en la Figura 5. Cabe mencionar que a partir de este ajuste es posible identificar tres parámetros importantes. La hora donde fue la intensidad máxima solar, la intensidad máxima solar y el tiempo de duración de la intensidad solar.

CONCLUSIONES

Mediante el arreglo experimental propuesto y el ajuste numérico fue posible identificar tres parámetros importantes que son asociados para el estudio en suelo para sequías, intensidad máxima solar, duración de la intensidad solar y hora de la intensidad máxima solar. Sin embargo para contar con un estudio de mayor profundidad es necesario realizar mediciones con mayor tiempo de duración y en la época de verano, con la finalidad de identificar en mayor medida una relación entre los parámetros antes mencionados y posibles sequías en la región de Malpaso, Zacatecas.

LITERATURA CITADA

- [1] Salazar-Moreno, R., Rojano-Aguilar, A., López-Cruz, I. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. *Tecnología y ciencias del agua*. 5(2). (2014).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-24222014000200012&script=sci_arttext
- [2] Urbano-Molano, F. Redes de Sensores Inalámbricos Aplicadas a Optimización en Agricultura de Precisión para Cultivos de Café en Colombia. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 5(1), (2013).
<https://jci.uni autonom a.edu.co/2013/2013-8.pdf>
- [3] Martínez., M. Radiación Solar: Conceptos y Aplicaciones. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigación Especializado en Agricultura del Desierto y Altiplano. Ministerio de Agricultura. (2016).
http://puntoganadero.cl/imagenes/upload/_5cc085baa668a.pdf
- [4] Durán-Muñoz, H., Hernández-Ortíz, M., Sifuentes-Gallardo, C., y Meneses-Castaño, V. (2018). "Comparative study of kinetic parameters induced by different excitation sources: using a novel and user-friendly glow

curve deconvolution spreadsheet". Journal of Material Science: Materials in Electronics. 29, pp. 15732–15740. <https://doi.org/10.1007/s10854-018-9226-6>

DENSIDAD INVERNAL DE *Centronyx bairdii* Y CARACTERIZACION DE LA VEGETACIÓN EN UN SITIO DE LA SIERRA MADRE OCCIDENTAL

WINTER DENSITY OF *Centronyx bairdii* AND CHARACTERIZATION OF THE VEGETATION IN A SIERRA MADRE OCCIDENTAL SITE

Paloma de M. Cisneros Uribe^{1*}, Daniel Sierra Franco², Martín E. Pereda Solís², Manuel A. Salazar Borunda², Juan F. Martínez Montoya³

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

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UJED. Carretera Durango-Mezquital, km 11.5. 34000. Durango, Durango, México.

³Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, C.P. 78622, México.

RESUMEN

El gorrión de Baird es un ave que en la actualidad ha presentado una disminución considerable en sus poblaciones al igual que su hábitat invernal, es por ello que se busca generar conocimiento que permita conservar esta especie. El objetivo del presente estudio fue estimar la densidad del *Centronyx bairdii* y caracterizar la estructura de la vegetación invernal en un sitio de la Sierra Madre Occidental. Durante el invierno 2022, se realizaron tres monitoreos (enero, febrero y marzo) en el rancho "Hacienda Coyotes" localizado en el municipio de Pueblo Nuevo, Durango, México. Nuestros resultados estiman una densidad promedio de 0.93 ± 2.33 ind/km². La cobertura de la vegetación para el área de estudio fue de 75.19 % para la variable pasto, 12 % de hierbas y 7 % de suelo desnudo. Este estudio aporta información importante sobre las características del hábitat invernal para esta especie en la Sierra Madre Occidental, siendo este el primer estudio sobre gorrión de Baird en este hábitat.

Palabras clave: Gorrión de Baird, monitoreo, conservación.

ABSTRACT

Baird's sparrow is a bird that has currently shown a considerable decrease in its populations as well as its winter habitat, which is why it seeks to generate knowledge that allows the conservation of this species. The objective of the present study was to estimate the density of *Centronyx bairdii* and to characterize the structure of the winter vegetation in a site in the Sierra Madre Occidental. During the winter of 2022, three monitoring activities were carried out (January, February and March) at the "Hacienda Coyotes" ranch located in the municipality of Pueblo Nuevo, Durango, Mexico. Our results estimate an average density of 0.93 ± 2.33 ind/km². The vegetation cover for the study area was 75.19 % for the variable grass, 12 % herbs and 7 % bare soil. This study provides important information on the characteristics of the winter habitat for this species in the Sierra Madre Occidental, being the first study on Baird's sparrow in this habitat.

Keywords: Baird's Sparrow, monitoring, conservation.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una gran riqueza de aves (CONABIO, 2006), ocupando el primer lugar en Norteamérica con 1,107 especies (PROFEPA, 2019), también es el país al que llegan más de la mitad de las aves migratorias de Norteamérica. Se estima que el 80% de las especies de las aves del pastizal son migratorias y pasan el invierno en los pastizales del suroeste de los Estados Unidos de Norteamérica y norte de México (PROFEPA, 2019). En Norteamérica, las poblaciones de aves de pastizal han disminuido de manera continua durante las últimas décadas (Sauer et al., 2008), dichas aves son las más amenazadas del mundo, el declive considerable de sus poblaciones se le atribuye al cambio de uso de la tierra de pastizal a agricultura y a ganadería (Sauer et al., 2008). Por ejemplo, *Centronyx bairdii* (gorrión de Baird), *Ammodramus savannarum* (gorrión chapulín) y *Anthus spragueii* (bisbita llanero), han tenido una disminución anual de 2.1%, 2.5% y 4.2%, respectivamente (Sauer et al., 2017). Esta disminución en sus poblaciones las coloca en distintos estatus de conservación. Por ello, Canadá, México y Estados Unidos han unido esfuerzos para conservar a las aves de pastizal (Berlanga et al., 2010). En base a su problemática, surge el interés para el estudio de estas aves, así como la búsqueda de estrategias exitosas de conservación (Comer et al., 2018). Con base a lo anterior, el objetivo del presente estudio fue estimar la densidad, así como caracterizar el hábitat invernal del gorrión de Baird (*Centronyx bairdii*) en un sitio ubicado en la Sierra Madre Occidental, en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, el cual es un hábitat distinto al que frecuentemente utiliza el gorrión de Baird para invernar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza al oeste del estado de Durango sobre la carretera 40 Durango-Sinaloa en el municipio de Pueblo Nuevo Durango, en el rancho de privado “Hacienda Coyotes” a una altura aproximada de 2500 msnm, la vegetación existente es bosque de pino-encino y áreas abiertas de pastizal (Figura 1).



Figura 2. Ubicación, del rancho “Hacienda Coyotes” en El Salto, Pueblo Nuevo, Durango.

Muestreo de aves-. En el invierno 2022 en tres momentos (enero, febrero y marzo) se realizaron un total de 18 transectos de 800 m de longitud que fueron designados para cubrir de manera representativa el área de estudio con el fin de registrar el total de aves observadas de la especie *Centronyx bairdii* (BCR, 2021). Con la ayuda de un GPS (GARMIN®, Etrex 22) con los puntos

previamente cargados, cada una de las líneas fue recorrida a pie por dos personas para cubrir el rango de visión a los dos lados del transecto (Panjabi et al., 2007), se usaron binoculares (ZEN-RAY® 8x43) y un distanciómetro láser (Bushnell® yardage Proscout). Se registró: número total de individuos y la distancia de las aves al observador.

Muestreo de vegetación-. Sobre el transecto de aves se realizaron las estimaciones visuales de la vegetación cada 200 metros. Se realizaron una parcela circular de 5m de radio para obtener el porcentaje de pasto, otra cobertura, suelo desnudo y porcentaje de hierba, así como la altura promedio de pasto, árboles y arbustos (Macías-Duarte et al., 2017). Análisis estadístico-. Con el programa Distance 7.3 (Thomas et al., 2010) se estimó la densidad de aves por sitio empleando el muestreo de distancias convencional (CDS) y el ajuste medio normal +coseno para modelar la función de detección. Mediante el uso de los programas NCSS (Hintze, J., 2001) y RStudio (R Development Core Team, 2015) se calculó la estadística descriptiva (media \pm error estándar) y se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks) de las variables de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el invierno 2022 durante tres momentos (enero, febrero y marzo), se registraron un total de 803 detecciones de aves en área de estudio. La densidad poblacional estimada para el gorrión *Centronyx bairdii* fue de 0.93 ± 2.33 ind/km² cifra inferior a lo reportado para otras regiones del Desierto Chihuahuense donde reporta valores de 22.2 ind/km² para Lagunas del Este y de 21.9 ind/km² para Valles Centrales (Panjabi et al., 2007). Del mismo modo, nuestros resultados de densidad fueron menores a los estimados por Martínez et al. (2011) quienes reportan cifras de 59.8 ± 14.6 ind/km² para la región de Cuchillas de la Zarca. Lo anterior, se debe probablemente a que la especie *Centronyx bairdii* es más un visitante invernal del ecosistema pastizal, sin embargo, este ecosistema en las últimas décadas se ha degradado de manera alarmante (Wick et al., 2016), lo que ha provocado que esta especie busque sitios alternos para pasar el invierno (Pool et al., 2014). Algunos estudios realizados a pie de monte de la Sierra Madre Occidental (Berlanga et al., 2010) destacaron el valor ecológico que tienen los pastizales para las aves como sitio importante de invernada. Los ranchos privados como el del presente estudio, suelen tener un mejor manejo del pastizal en comparación a los ejidales, en ese contexto, Bradley y Leukering (1996) mencionan que la abundancia del *Centronyx bairdii* es mayor en propiedades privadas ya que se le da un manejo adecuado de la ganadería extensiva, en comparación con las propiedades ejidales donde suele haber degradación del hábitat por sobrecarga animal. En ese sentido, la cobertura de pasto estimado para este estudio fue de 75.1 %, superior a lo reportado por Martínez et al. (2011) en sitios utilizados por el *Centronyx bairdii* en el norte de Durango con un 66 % de pasto y una altura promedio de 29.5 cm, así mismo, Sierra et al., (2019) reportaron valores similares para esta variable con un 66 % y una altura promedio de 36 cm y un 14 % de suelo desnudo. Por otra parte, un estudio realizado en Janos Chihuahua (Macías-Duarte et al., 2009) relacionó positivamente la densidad del gorrión de Baird con la cobertura de pasto, lo que resalta la importancia de esta variable en su estadía invernal.

Cuadro 1. Densidad promedio del *Centronyx bairdii* (ind/km²), cobertura y estructura de la vegetación durante tres momentos en el rancho Hacienda Coyotes.

Aves/km ²	Cobertura %				Alturas (cm)	
	Pasto	Hierbas	O.C.	S.D.	Pasto	Hierba
0.93 ± 2.33	75.1±79.73	12.3±15.25	5.6±7.57	7.0±9.76	19.63±27.3	14.4±23.5

*O.C. Otra cobertura, *S.D. Suelo Desnudo

CONCLUSIONES

En este estudio, consideramos que la densidad *C. bairdii* es baja, pero tiene una amplia distribución en el pastizal del rancho Hacienda Coyotes. Las características de la vegetación son similares a las de en otros sitios invernales, donde se ha reportado. Este estudio representa el primer intento por caracterizar el hábitat no reproductivo de esta especie en la Sierra Madre Occidental. El sitio tiene poco suelo desnudo y la mitad de la cobertura de pastos de otros sitios. Consideramos que es necesario realizar más investigación sobre las poblaciones de *C. bairdii* en este sitio, y otros similares, para de esta forma conocer mejor el hábitat de esta especie y generar información relevante para implementar plan de manejo y acciones que promuevan la conservación y restauración de los pastizales en la Sierra Madre Occidental.

LITERATURA CITADA

- Berlanga, H, J. A. Kennedy, T. D. Rich. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de compañeros en vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab. of Ornithology: Ithaca, N.Y. U.S.A
- Bird Conservancy of the Rockies (BCR). 2021. Field protocol for bird line-transect and vegetation surveys in the Chihuahuan Desert. Unpublished report. Bird Conservancy of the Rockies, Fort Collins, Colorado, USA.
- Bradley, S.J. y A. Laukering. 1996. Distribution and habitat associations of birds wintering in Mexican grasslands: pilot season report. Colorado Bird Observatory. Brighton, Colorado.
- Comer, P. J., J. C. Hack, K. Kindsher, J. Singhurt. 2018. Continent-scale Landscape conservation Design for temperate grasslands of the Great Plains and Chihuahuan Desert. *Natural Areas Journal*. 38 (2):196-211.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México
- Hintze, J. (2001). Sistemas estadísticos NCSS y PASS number cruncher. <http://www.NCSS.com>
- Macías-Duarte, A., B. Montoya, C. Méndez, R. Rodríguez, W. Grainger y P. Krannitz. 2009. Factors influencing habitat use by migratory grassland birds in the state of Chihuahua, Mexico. *The Auk* 126:896–905.
- Macías-Duarte, A., Panjabi, AO, Strasser, EH, Levandoski, GJ, Ruvalcaba-Ortega, I., Doherty, PF, & Ortega-Rosas, CI (2017). La supervivencia invernal de las aves de los pastizales de América del Norte depende del clima y las condiciones de los pastizales en el desierto de Chihuahua. *Revista de ornitología de campo*, 88 (4), 374-386.
- Martínez J.H., Wehenkel C., Pereda S. M. E., Panjabi A., Levandoski G., Corral R. J, Díaz M. R. y Ciro H. J. 2011. Abundancia y distribución invernal de *Ammodramus bairdii*, en la región de Cuchillas de la Zarca, México. *Huitzil* 12,1 :9-14.
- Panjabi, A., G. Levandoski y R. Sparks. 2007. Wintering Bird Inventory and Monitoring in Priority Conservation Areas in Chihuahuan Desert Grasslands in Mexico: 2007 pilot results. Rocky Mountain Bird Observatory, B
- PROFEPA. 2006. La Relevancia de las aves en México. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
- Pool, B.D., Panjabi, A., Macias-Duarte, A. y Soljhem, D. 2014. Rapid Expansion of Croplands in Chihuahua, Mexico Threatens Declining North American Grassland Bird Species. *Biological Conservation*. 170: 274-281.
- Sauer, J.R., J.E. Hines y J. Fallon. 2008. The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966–2007, version 5.15.2008. U.S. Geological Survey Patuxent Wildlife Research Center. Laurel, Maryland. <<http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/bbs/bbs.html>> (consultado 5 de agosto de 2022).

- Sauer, J.R., Niven, D.K., Hines, J.E., Ziolkowski, D.J. Pardieck, K.L., Fallon, J.E., & Link W.A. 2017. The North American Breeding Bird Survey. Results and Analysis E1966- 2015. Version 2.07.2017 USGS Patuxent Wildlife Research Center. Laurel. MD
- Sierra-Franco, D., Martínez-Guerrero, J. H., Pereda-Solís, M. E., & Strasser, E. H. 2019. Patrón de movimientos y ámbito hogareño invernal de aves de pastizal en el noroeste de México. *Biotecnia*, 21,3:41-47.
- Thomas, L., S. T. Buckland, E. A. Rexstad, J. L. Laake, S. Strindberg, S. L. Hedley, J. R. B. Bishop, T. A. Marques, and K. P. Burnham. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J. Appl. Ecol.* 47:5-14.
- Wick, A. F., Geaumont, B. A., Sedivec, K. K. y Hendrickson, J. R., 2016. Grassland Degradation. En: Sivanpillai, R., Schroder, J. (Ed.), *Biological and Environmental Hazards, Risks, and Disasters* (pp. 257–276). Vol. 8., Philadelphia, PA, USA: Elsevier. Doi: 10.1016 / b978-0-12-394847-2.00016-4

**DINÁMICA DEL VERDOR DE LA VEGETACIÓN DE UN PASTIZAL
DOMINADO POR *Bouteloua gracilis* EN LA ÉPOCA DE LLUVIA EN EL
CENTRO NORTE DEL ESTADO DE DURANGO**

**DYNAMICS OF THE GREENNESS OF THE VEGETATION OF A PASTURE
DOMINATED BY *Bouteloua gracilis* IN THE RAINY SEASON IN THE NORTH
CENTRAL STATE OF DURANGO**

Esquivel-Romo A¹, Moreno-Reséndez A^{1*}, Gutiérrez-Guzmán U. N², Bustamante-Andrade J.A²,
Arellano-Rodríguez F¹, Ríos-Vega M. E, Castellanos-Pérez E.

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonino Narro Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez y Carretera a Santa Fé, Torreón, Coahuila, CP. 27054. ² Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Km 32, EJ. Venecia, Durango, México. CP 35111.

*alejamosa@hotmail.com

RESUMEN

La información que permite usar las técnicas de teledetección, son cada vez más recurrentes estas permiten generar aproximaciones sobre la dinámica de la vegetación, considerando su verdor y esto a su vez permite tener una alternativa rápida y eficiente sobre la producción de los pastizales. El objetivo de este trabajo consistió en conocer la dinámica del verdor de la vegetación a partir de dos índices de vegetación NDVI y SAVI obtenidos a partir de imágenes del satélite Sentinel-2 y su relación con la producción del sitio de estudio para la época húmeda. La obtención y procesamiento de ambos índices de vegetación fueron a partir del programa ArcGIS y la obtención de la producción de las unidades de muestreo fue en forma manual. En el área experimental se establecieron 16 estaciones permanentes de muestreo; cada una con cuatro puntos de corte directo de fitomasa, obteniendo un total de 64 muestras por fecha de muestreo. Los resultados de la dinámica entre los índices de vegetación y la producción se pueden observar en la (figuras 3) la cual presenta una distribución más eficiente en el desarrollo de la producción, así como ambos índices de vegetación responden en cierta medida al verdor de la vegetación, en la (figura 4) muestra una tendencia positiva en los primeros tres meses en su producción y los índices de igual manera obedecen la tendencia dinámica de la vegetación presente.

Palabras Calve: *Teledetección, pastizales, vegetación, NDVI y SAVI*

ABSTRACT

The information that allows the use of remote sensing techniques, are increasingly recurrent, these allow to generate approximations on the dynamics of the vegetation, considering its greenness and this in turn allows to have a fast and efficient alternative on the production of grasslands. The objective of this work was to know the dynamics of the greenness of the vegetation from two vegetation indices NDVI and SAVI obtained from images of the Sentinel-2 satellite and its relationship with the production of the study site for the wet season. Both vegetation indices were obtained and processed from the ArcGIS program and the production of the sampling units was obtained manually. In the experimental area, 16 permanent sampling stations were established: each with four direct phytomass cutoff points, obtaining a total of 64 samples per sampling date.

The results of the dynamics between the vegetation indices and production can be seen in (figures 3), which presents a more efficient distribution in the development of production, as both vegetation indices respond to a certain extent to the greenness of the vegetation, in (figure 4) shows a positive trend in the first three months in its production and the indices in the same way obey the dynamic trend of the present vegetation.

Key Words: *Remote sensing, grasslands, vegetation, NDVI and SAVI*

INTRODUCCIÓN

Las áreas de pastizal son regiones ecológicas que cubren más del 50 % de la superficie del planeta tierra, en el caso de Norteamérica estos biomas son los más representativos (CCA, 2010). El estado de Durango presenta una alta diversidad ecosistémica, las áreas de pastizal son un ecosistema importante ya que éstas ocupan prácticamente la mitad de su territorio (Elizondo *et al.*, 2007). Por su parte, Chediack (2009) menciona que, como principal problema de deterioro de estas áreas es el sobre pastoreo; ocasionado a su vez por la falta de información sobre la producción forraje, lo cual representa un problema para los productores en sus predios ya que en la mayoría de estos existe una sobreexplotación de la vegetación lo cual se traduce en sobrepastoreo, quedado el suelo vulnerable ante las condiciones climáticas, disminuyendo así su fertilidad (Cornejo-Denman *et al.*, 2020). El uso de las nuevas tecnologías como lo es la sensoria remota basada en drones (Herrera, 2014) y los satélites proveen imágenes multitemporales con rapidez y de buena calidad para llevar a cabo un monitoreo de la vegetación en los agostaderos y con menor esfuerzo que los métodos tradicionales de campo (Muñoz, 2013; Cabada *et al.*, 2019). En este trabajo se planteó como objetivo, conocer la dinámica del verdor de la vegetación en la época de lluvia para determinar la productividad del rancho “La Cieneguilla” usando valores del índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) a partir de imágenes multiespectrales de satélite Sentinel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta parte preliminar del estudio se desarrolló en el predio La Cieneguilla (figura 1) del Municipio de Hidalgo, ubicado en la parte Centro-Norte del Estado de Durango (25° 39' N, 104° 39' O). En este sitio el clima es estepario, semiárido templado (BS1 kw) y árido semi-cálido (BWhw), la temperatura promedio anual es de 20 °C (Espinoza *et al.*, 2000). El suelo es migajón arenoso y migajón arcilloso-arenoso, con pendientes del 1 al 8% presenta vegetación nativa con pastos del género *Bouteloua* y con una dominancia mayor de *Bouteloua gracilis*. Hidrológicamente el sitio de estudio está englobado en la Región Hidrológica No. 35 Mapimí y la Región Hidrológica No. 36 Nazas-Aguanaval (Gutiérrez *et al.*, 2015).



Figura 1.- Ubicación del Rancho la Cieneguilla, en el norte del estado de Durango.

Metodología

Los muestreos se realizan mensualmente, el trabajo de campo se inició en enero del año 2020 y terminaron en diciembre del año 2021.

Para la obtención de la producción de las unidades de muestreo fue en forma manual. En el área experimental se establecieron 16 estaciones permanentes de muestreo; cada una con cuatro puntos de corte directo de fitomasa.

Metodología para la obtención del índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada Para obtener el valor del NDVI para los puntos de fitomasa establecidos dentro del rancho la Cieneguilla, se procede a realizar lo siguiente: de la base de datos del Copernicus de la agencia espacial de la Unión Europea, se obtiene la información radiométrica que genera el satélite Sentinel-2, usando específicamente las bandas 4 y 8 que corresponden específicamente a la banda roja e infrarrojo cercano respectivamente, una vez que se tiene estos archivos, se procede a trabajar en el programa ArcMap 10.2, en el cual con el uso de la calculadora Raster y usando la ecuación $NDVI = \frac{(IRC-R)}{(IRC+R)}$, se obtiene una imagen con los valores de Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada para el área de estudio, al final se sobreponen los puntos de fitomasa previamente georreferenciados y se realiza una extracción de valores de puntos desde la herramienta Spatial Analys Tools, al finalizar se genera un archivo con extensión .dbf, en el cual se encuentran los valores para los puntos de fitomasa previamente cargados, los cuales se pueden visualizan usando el programa Excel.

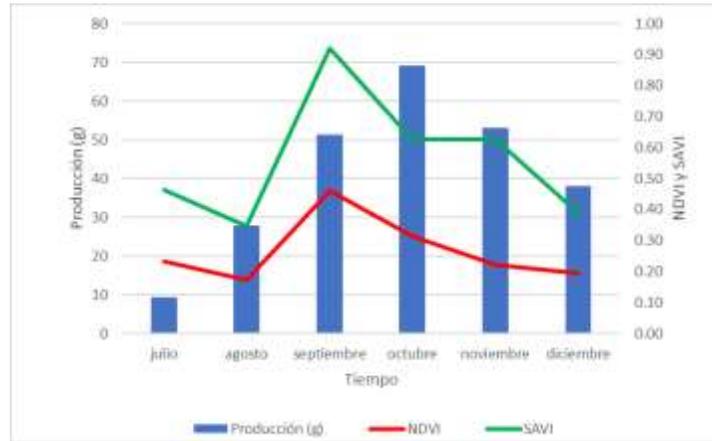
Para obtener los valor del NDVI y SAVI se procedió a realizar lo siguiente: de la base de datos del Copernicus de la agencia espacial de la Unión Europea, se obtiene la información radiométrica que genera el satélite Sentinel-2, usando las bandas cuatro y ocho que corresponden a rojo e infrarrojo cercano respectivamente, en el programa ArcMap 10.2, se usó la calculadora Ráster y usando la ecuación de Rousse *et al.* (1974) para el $NDVI = \frac{(IRC-R)}{(IRC+R)}$, se obtiene una imagen con los valores de NDVI, enseguida utilizando lo mencionado por Huete (1988) respectivamente donde el $SAVI = \frac{(IRC-R)}{(IRC+R+L)} * (1+L)$, se obtiene de igual forma una imagen con los valores de SAVI, al final se sobreponen los puntos de fitomasa previamente georreferenciados (figura 2) y se realiza una extracción de valores de puntos desde la herramienta Spatial Analys Tools, al finalizar se genera un archivo con extensión .dbf, el cual contiene la información del NDVI y SAVI para cada punto cargado previamente.



Figura 2. Ubicación de sitio de muestreo permanente dentro del predio ganadero La Cieneguilla.

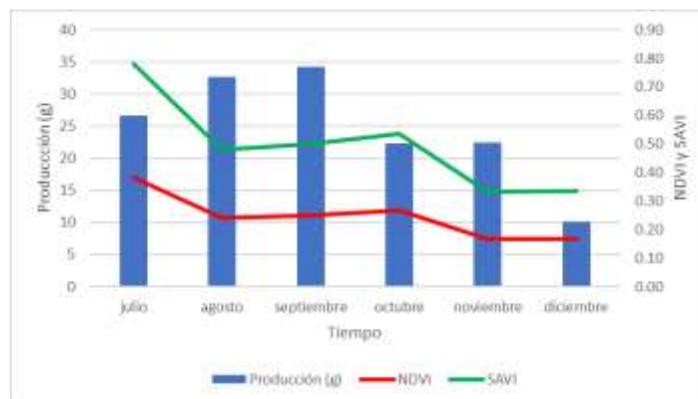
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las áreas de pastizal del estado de Durango se cuenta, con dos temporadas muy marcadas en cuanto al régimen de precipitación, en este análisis se consideraron solo los datos provenientes de la estación húmeda julio-diciembre. Con esta información se construyó la base de datos general con valores pareados para los dos índices NDVI y SAVI con la producción de cada punto de muestreo.



Grafica 1.- Comportamiento de los índices NDVI y SAVI y su relación con la producción (g) para el año 2020.

En la (Grafica 1) se observa la dinámica de la producción de forraje (g) en los meses que corresponden a la época húmeda del sitio, siendo notorio el incremento de la producción a partir del mes de julio y alcanzando su tope máximo en el mes de octubre, observando a la par el comportamiento del NDVI (línea roja), el cual presenta su tendencia respondiendo al verdor de la vegetación, en cambio el SAVI (línea verde) demuestra tener un comportamiento mas acorde a la producción del año 2020, Feeley *et al.* (2005) mencionan que el uso de estos índices vegetación en el monitoreo de la producción en los sitios de pastizal, representan una alternativa sencilla, económica y con resultados significativos para agilizar los estudios de campo.



Grafica 2.- Comportamiento de los índices NDVI y SAVI y su relación con la producción (g) para el año 2021.

La descripción que se presenta en la (Grafica 2) corresponde en nueva cuenta a la época húmeda del sitio para el año 2021, en la cual se puede observar como la vegetación, reacciona a la presencia de lluvia temprana en los primeros tres meses, la cual provoca que la vegetación tenga un desarrollo, así mismo en los meses restantes se aprecia una decadencia ocasionada por las lluvias

erráticas que se presentaron en dicho lugar, así mismo los índices NDVI y SAVI presentan una semejanza debido a la escasa presencia de lluvias en la época de crecimiento de la vegetación. Cruz-Flores *et al.* (2020) comentan que el análisis de la biomasa y la detección de fluctuaciones en los patrones de uso, son fundamentales para el análisis de los recursos naturales y su monitoreo, tomando en cuenta que estos son susceptibles al cambio climático.

CONCLUSIÓN

Con la información obtenida se puede corroborar, que la producción de fitomasa aérea está estrechamente relacionada con la presencia oportuna de lluvia en el sitio y que, a su vez, los índices de vegetación utilizados NDVI Y SAVI demuestran su comportamiento positivo acorde al verdor de la vegetación por lo cual podemos establecer que son una alternativa eficaz para determinar el potencial productivo de los pastizales en esta region del país.

LITERATURA CITADA

- Cabada, T. C. A., Hernández, M. L. A. y Medina, C. N. J. (2019). Implementación de vehículos aéreos no tripulados y sensores remotos para el monitoreo de la biomasa forrajera en zonas áridas. Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias. La Paz, Baja California Sur, México. pp 1-2.
- Cornejo-Denman, L., Romo-Leon, J. R., Hartfield, K., van Leeuwen, W. J., Ponce-Campos, G. E., & Castellanos-Villegas, A. (2020). Landscape dynamics in an iconic watershed of Northwestern Mexico: Vegetation condition insights using landsat and planetscope data. *Remote Sensing*, 12(16), 2519. <https://doi.org/10.3390/rs12162519>
- Comisión para la Cooperación Ambiental (2010). Pastizales de América del Norte. Montreal, Quebec, Canadá. info@cec.org / www.cec.org Pág.1-4.
- Chediack, S. E. (2009). Monitoreo de biodiversidad y recursos naturales: ¿para qué? Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 87p.
- Cruz Flores, D.D., Curbelo Benítez, E.A., Ferrer-Sánchez, Y., Ávila, D.D. (2020) Variaciones espaciales y temporales en el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada en Cuba. *Ecosistemas* 29(1):1885. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1885>
- Elizondo, M. S. G., Elizondo, M. G., y Linares, M. A. M. (2007). Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés.
- Espinoza, C., L. Aguilar A., E. Martínez, L. Gómez y E. Loa (2000) Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la biodiversidad (CONABIO). México, DF.
- Feeley, K.J., Gillespie, T., Terborgh, J. (2005) The utility of spectral índices from lysat ETM+ for measuring the structure y composition of tropical dry forests. *Biotrópica* 37(4): 508-519. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2005.00069.x>
- Gutiérrez G. U. N., Castellanos P. E., Quiñones V. J.J., Serrato C. J.S., Martínez R. J.J., Orona C. I., Chairez H. I. (2015) Cobertura vegetal estimada por fotografías digitales relacionada con la biomasa en un sitio de pastizal del norte de México. *Revista internacional de botánica Experimental FYTON* ISSN 0031 9457 (2015) 84: 312-318.
- Herrera N. (2014) ‘Drones’ abren nuevas posibilidades para realizar estudios científicos. Centros de investigación Conacyt, Todo el conocimiento, todas las personas. pág. 1
- Huete, A. R. (1988) A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sens. Environ.*25: 295-309. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90106-X](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90106-X)
- Muñoz A., P. (2013) Apuntes de teledetección: Índices de vegetación. Centro de Información de Recursos Naturales, Información para el Desarrollo y la Innovación. Pag. 1-15.
- Rousse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering. (1974) Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) *Third Earth Resources Technology Satellite–1 Symposium. Volume I: Technical Presentations*, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C. pp. 309-317.

INDICES ESPECTRALES PARA DETECCIÓN DE CONDICIONES DE SEQUIA EN EL SUR DE SATEVÓ, CHIHUAHUA

SPECTRAL INDICES FOR DETECTING DROUGHT CONDITIONS IN SOUTHERN SATEVÓ, CHIHUAHUA

José Antonio Hernández Herrera ¹, Luis Manuel Valenzuela Núñez ², Aldo Rafael Martínez Sifuentes³, Juan Antonio Granados Montelongo¹, Edwin Amir Briceño Contreras⁴, Eloy Alejandro Lozano Cavazos¹ y Juan Antonio Núñez Colima¹

¹Departamento de Recursos Naturales Renovables, ²Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez del Estado de Durango, ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-RASPA, ⁴ Universidad para el Bienestar Benito Juárez García -Sede Hidalgo- Francisco I. Madero, Coahuila. heheja@yahoo.com

RESUMEN

México tiene alta vulnerabilidad a la presencia de sequías, en donde el estado de Chihuahua, es una de las principales entidades que se ve afectado por este fenómeno climático, que provoca la disminución de la producción de alimentos básicos, muerte de ganado y conflictos sociales. La sequía es difícil de monitorear por su naturaleza escalar, temporal y espacial. El objetivo del presente estudio fue determinar los índices espectrales para identificar la presencia de sequía mediante imágenes del sensor Sentinel 2. El área de estudio fue el sur del municipio de Satevó, e descargaron las imágenes de satélite nivel 1C del sensor Sentinel 2, de febrero, mayo y septiembre usando Qgis 3.26.3 con el complemento Semi-Automatic Classification, se calcularon cinco índices con la calculadora raster. Los pastizales ocupan el 54% del sur del municipio. Los índices utilizados para calcular y analizar la biomasa o condición de la vegetación fueron NDVI, SAVI, para la presencia del estrés hídrico fueron NWVI, MSI y NDMII. Los meses de febrero y mayo presentaron sequía, mientras que septiembre no se encuentra sometida a estrés hídrico. Es necesario evaluar la sequía usando otras metodologías como la establecida por la NOAA y con la información de monitor de sequía de México que puedan fortalecer los análisis del comportamiento. El uso de índices puede ayudar a vigilar la presencia de la sequía en la vegetación como los pastizales, con los índices evaluados en diferentes épocas del año permite identificar en las imágenes y establecer las áreas donde se presenten bajas precipitaciones y por lo tanto presencia de escasa biomasa vegetal usando una herramienta de percepción remota.

Palabras clave: zacatal, teledetección, disponibilidad de agua, sistemas de información geográfica.

ABSTRACT

Mexico has high vulnerability to the presence of droughts, the State of Chihuahua it is affected by droughts; decreasing the production of basic foods, the livestock death and social conflicts. Drought is difficult to monitor. the objective was to determine the indexes to identify the presence of drought using images from the Sentinel 2 sensor. The study area was the south of the municipality of Satevó. The level 1C satellite images of the Sentinel 2 sensor, from February, May and September were downloaded using Qgis 3.26.3 with the Semi-Automatic Classification plugin, five indexes were calculated with the raster calculator. Grasslands area was 54% of the

south of the municipality. The indexes used to calculate and analyze the biomass or condition of the vegetation were NDVI, SAVI, and indexes for the presence of water stress were NWVI, MSI and NDMII. It was estimated that the months of February and May have presence of drought, while September was not subject to water stress. It is necessary to evaluate the drought using other methodologies such as the one established by NOAA and with the information from the drought monitor of Mexico that can strengthen the behavior analysis. The use of indexes can help monitor the presence of drought in vegetation such as grasslands, with the indices evaluated at different times of the year, allowing the images to identify and establish the areas where there is low rainfall and therefore the presence of low rainfall. plant biomass using a remote sensing tool.

Keywords: teledetection, wáter disponibility, geographic information system

INTRODUCCIÓN

México tiene alta vulnerabilidad a la presencia de sequias constantes y extendidas que generan daños económicos, sociales y ambientales (Ortega-Gaucin et al., 2018). Las sequias se han presentado de forma recurrente, actualmente se han intensificado por los procesos de deforestación y el aumento de temperaturas en el mar que ha afectado el ciclo hidrológico generando cambios en el movimiento de humedad y el aire (Corrales-Suastegui et al., 2022). El estado de Chihuahua es constantemente afectado con sequias, históricamente ha mermado la producción de alimentos básicos, proliferación de enfermedades y muerte de ganado y conflictos por el agua (Endfield & Tejedo, 2006). Chihuahua ha permanecido con hasta el 90% de su superficie con afectaciones de sequía desde el año 2020 (SENASICA, 2022), lo que representa un riesgo en la actividad pecuaria y agrícola, por lo que se han implementado estrategias como el bombardeo de nubes y cultivos de bajo consumo hídrico. El pastizal natural en el estado de Chihuahua está distribuido en 55 municipios que ocupa una superficie de 26,360.87 Km², que corresponde a 10.67% de la superficie estatal, donde el municipio con mayor área de pastizal es Janos y Chihuahua (INEGI, 2018), donde se realizan las actividades de crianza de ganado y fauna silvestre. La sequía es un déficit hídrico causado por precipitaciones y temperaturas anómalas o un periodo largo de tiempo donde no hay lluvia (WRN, 2022). El objetivo del presente trabajo fue determinar los índices espectrales que permitan identificar la presencia de sequía en el sur del municipio de Satevó en las áreas de pastizal mediante imágenes del satélite Sentinel 2.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio de Satevó se encuentra en la región central del estado de Chihuahua, donde la mayor parte de su superficie se encuentra con vegetación de pastizal natural

Se descargaron tres imágenes de satélite Sentinel 2 con nivel de procesamiento 1C de los meses de febrero terminando el invierno, 08 de mayo que se considera el mes más seco y el 25 de septiembre el mes más lluvioso y donde ya se termina la época de lluvias. Dichas imágenes se encuentran orto rectificadas y distribuidas por la Agencia Espacial Europea, a través del portal <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Se procesaron en el programa Qgis versión 3.26.3-Buenos Aires con la instalación del complemento Semi-Automatic Classification Plugin, posteriormente se realizó el pre procesamiento de las imágenes donde se aplicó una corrección atmosférica DOS1. Se calcularon cinco índices que nos permiten identificar la presencia de sequía en la vegetación, siendo: Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), índice de Estrés Hídrico (MSI), Índice de Diferencia Normalizada de

Humedad (NDMI), índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI), mediante la calculadora raster (Cuadro 1).

Cuadro 1. Índices y su ecuación utilizando imágenes Sentinel 2 para identificar áreas con sequía.

Índice	Ecuaciones
NDVI	$(B8 - B4) / (B8 + B4)$
SAVI	$(B08 - B04) / (B08 + B04 + L) * (1+L)$ Factor de corrección de la luminosidad del suelo (L) = 0.428
NDWI	$(B3 - B8) / (B3 + B8)$
MSI	$B11 / B08$
NDMI	$(B8 - B11) / (B8 + B11)$

B=Bandas

Se hizo el recorte de las imágenes con los índices calculados, usando una máscara de archivo vectorial del área sur del municipio de Satevó, posteriormente se sometió a reclasificación de los valores de la tabla y finalmente se transformaron los archivos raster en archivos vectoriales, para calcular el área de cada clase.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El municipio de Satevó tiene una superficie de 355,497.42 hectáreas, el área de estudio es la porción sur tiene una superficie de 163,527.509 hectáreas, que corresponde al 46% del municipio. El área de estudio donde los pastizales predominan, se calculó que los pastizales ocupan 87257.19 hectáreas, que corresponde al 54% de la superficie. En cuanto a los índices, el cálculo de NDVI en los tres periodos de evaluación, destaca septiembre con los valores más altos después del periodo de lluvias comprendido de julio a septiembre, con precipitaciones de 98.9 mm, 131.0 mm y 95.7 mm respectivamente (SMN, 2022), se considera que no existe la presencia de sequía, mientras que en febrero y mayo los valores indican escasa vegetación y por lo tanto baja biomasa vegetal como se observa en la figura 1.

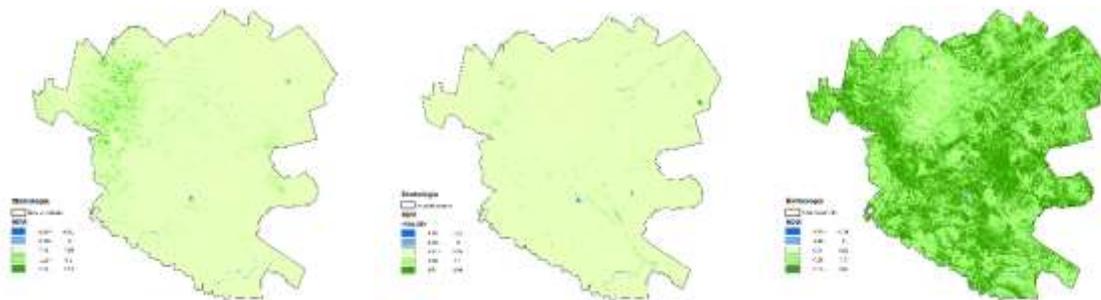


Figura 1. Mapas NDVI de los meses de febrero, mayo y septiembre en el sur de Satevó

El índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI) es un parámetro que se usa para evaluar la escasa vegetación para regiones áridas y semiáridas generalmente para herbáceas, su cálculo es

similar al NDVI, pero se aplica un factor de corrección de la luminosidad del suelo en las imágenes Sentinel 2 de 0.428. Con los resultados de SAVI se observa que los meses de febrero y mayo presentan una cantidad de biomasa y por lo tanto, menor producción de material vegetal, mientras que en septiembre en la figura 3 se muestra valores muy similares al NDVI, que indica que las precipitaciones mejoraron la vegetación presente.

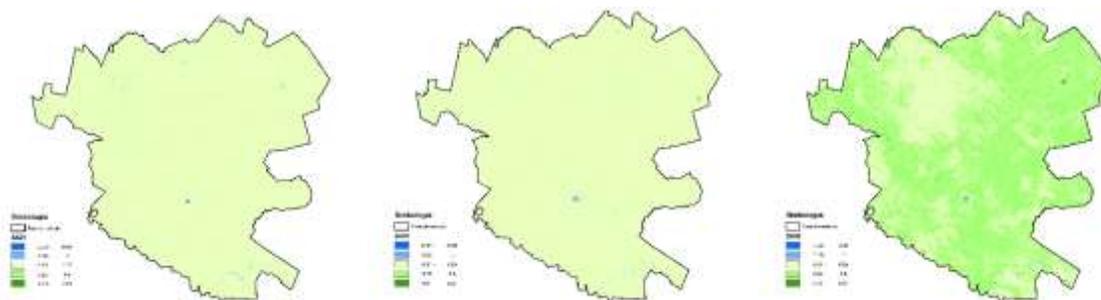


Figura 2. Mapas de SAVI de los meses de febrero, mayo y septiembre en el sur de Satevó

De acuerdo con los cálculos del Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI) en los meses de enero y mayo se presentó sequía, mientras que septiembre se recupera los valores del índice, logrando un mayor vigor de la vegetación y por lo tanto, se puede considerar que hubo suficientes lluvias para reactivar la actividad fotosintética de las herbáceas. El NDWI nos indica la presencia de sequía con valores menores de 0 y -1 donde se observa una mayor afectación por sequía en el mes de octubre, lo que corresponde con la presencia de la calidad de la vegetación anteriormente evaluada por el NDVI.

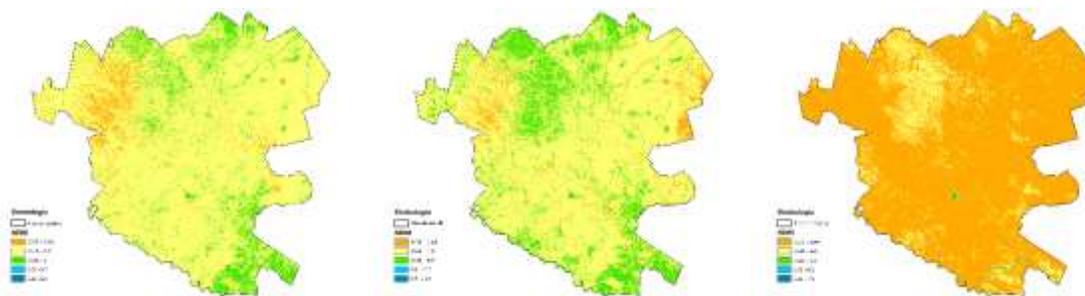


Figura 3. Mapas NDWI de los meses de febrero, mayo y septiembre en el sur de Satevó

En la estimación del Índice de Estrés Hídrico (MSI), donde se considera que valores superiores a 2.1 son indicativo de presencia de sequía, en la figura 5 en los meses de febrero y mayo, se observa sequía en el sur, mientras que, en el mes de septiembre, con la presencia de lluvias durante julio, agosto y septiembre, la vegetación no se encuentra sometida al estrés por falta de agua.



Figura 4. Mapas de MSI de los meses de febrero, mayo y septiembre en el sur de Satevó

En cuanto al Índice de Diferencia Normalizada de Humedad (NDMI), donde los valores -1 a 0.2 muestran suelo desnudo o muy escasa presencia de vegetación que se presenta en los meses de febrero y mayo, mientras que los valores de -0.2 a 0.4 indican estrés por falta de agua, es importante observar que en septiembre ya hay presencia de estrés hídrico y que probablemente se convierta en sequía grave en el invierno y la primavera del 2023.

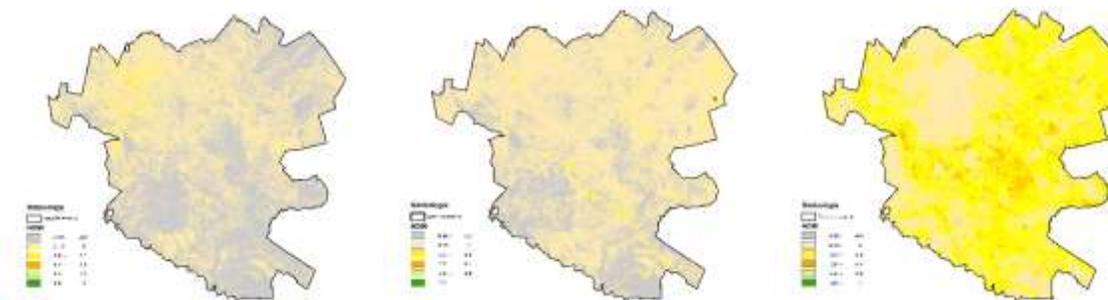


Figura 5. Mapas de NDMI de los meses de febrero, mayo y septiembre en el sur de Satevó

Se estimó que los periodos de febrero y mayo tienen presencia de sequía y solamente en septiembre después del periodo de lluvias la vegetación no se encuentra sometida a estrés hídrico.

Es importante realizar estudios con los valores de las superficies afectadas por sequía. De acuerdo con NOAA, se han definido cuatro tipos: sequía meteorológica cuando los patrones de clima seco dominan un área, sequía hidrológica, cuando hay una disminución en arroyos, presas y agua subterránea, sequía agrícola, cuando los cultivos se afectan y sequía socioeconómica relacionada con la oferta y demanda de productos básicos (NOAA, 2022). Aunado a fomentar el uso de la información disponible en los archivos del monitor de sequía de México accediendo por el sitio FTP (CONAGUA, 2021), que puede dar un mayor acercamiento a monitorear la sequía.

CONCLUSIONES

El uso de índices puede ayudar a determinar la presencia de sequías en la vegetación como los pastizales y el cálculo de los cinco índices: NDVI, SAVI, NDWI, MSI, NDMI evaluados en diferentes épocas del año permite identificar en las imágenes, las áreas donde se presenten bajas precipitaciones y, por lo tanto, presencia de escasa biomasa vegetal, esto mediante herramientas de percepción remota como es el uso de las imágenes de satélite de diferentes sensores y con

programas de sistemas de información geográfica como Qgis o Arc GIS, por lo tanto, es una alternativa de monitoreo constante. Se requiere evaluar la sequía usando otras metodologías como la establecida por la NOAA y con la información de monitor de sequía de México que puedan fortalecer los análisis del comportamiento de la sequía.

LITERATURA CITADA

- Corrales-Suastegui, A., Fuentes-Franco, R., Pavia, E. G., Torres-Alavez, J. A., Vichot-Llano, A., Cavazos, T., & Giorgi, F. (2022). The effect of sea surface temperature and deforestation on the mid-summer drought over Mexico and Central America. *International Journal of Climatology*, 1(17).
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/joc.7671>
- Endfield, G. H., & Tejedo, I. F. (2006). Decades of drought, years of hunger: Archival investigations of multiple year droughts in late colonial Chihuahua. *Climatic Change*, 75(4). <https://doi.org/10.1007/s10584-006-3492-7>
- NOAA, 2022. Definition of Drought. National Oceanic and Atmospheric Administration
 Recuperado el día 03 de octubre de 2022.
<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/dyk/drought-definition>
- Ortega-Gaucin, D., Bartolón, J. de la C., & Bahena, H. V. C. (2018). Drought vulnerability indices in Mexico. *Water (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/w10111671>
- SENASICA, 2022. Sequía en Chihuahua afecta 90% de superficie agrícola. Recuperado el día 01 de octubre de 2022. <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=16230>
- WRN, 2022. What is meant by the term drought?. National Weather Service. Recuperado el día 04 de octubre de 2022. https://www.weather.gov/bmx/kidscorner_drought

ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI) COMO ESTIMADOR DEL RENDIMIENTO DE 4 VARIEDADES DE ZACATE DEL GENERO BOUTELOUA

NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) LIKE A YIELD ESTIMATOR OF 4 VARIETIES OF THE GENUS BOUTELOUA

Alfonso Serna Pérez¹, José Israel Casas Flores¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹.

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas.

serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

El uso de nuevas tecnologías, como vuelos nos tripulados (drones), permite la obtención de fotografías multiespectrales en áreas de estudio. A partir de ese tipo de imágenes es posible obtener índices de vegetación que destacan gráficamente píxeles relacionados con parámetros de cobertura vegetal, índice de área foliar y actividad clorofílica. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), permite medir el verdor y la densidad de la vegetación captada dentro de la imagen. En el presente estudio se estimó la correlación entre el índice de vegetación NDVI y el rendimiento de materia verde de un experimento con 4 variedades de pastos del género Bouteloua, mediante el monitoreo de la variable de respuesta y de imágenes multiespectrales en siete eventos durante la etapa de crecimiento. Esto con la finalidad de usar el índice NDVI para estimar el rendimiento. Con la excepción de dos eventos, el índice NDVI en general no mostró una buena y consistente correlación con el rendimiento de materia verde. Incluso al final de la estación de crecimiento la correlación entre ambas variables fue muy poco satisfactoria, por lo que se concluyó que el índice NDVI como única variable para estimar el rendimiento no es recomendable en variedades de pasto de género Bouteloua bajo las condiciones de nuestro experimento.

Palabras Clave: Índice de vegetación, UAV, Monitoreo de pastos

ABSTRACT

The use of new technologies, such as unmanned flights (drones), allows obtaining multispectral photographs in study areas. From this type of images it is possible to obtain vegetation indices that graphically highlight pixels related to plant cover parameters, leaf area index and chlorophyll activity. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), allows to measure the greenness and the density of the vegetation captured within the image. The objective of this work was to estimate the correlation between the NDVI vegetation index and the green matter yield of an experiment with 4 varieties of grasses of the Bouteloua genus, by monitoring the response variable and multispectral images in seven events during the growth stage. This in order to use the NDVI index for yield estimation. With the exception of two events, the NDVI index in general did not show a good and consistent correlation with green matter yield. Even at the end of the growing season, the correlation between both variables was very unsatisfactory, so it was concluded that the NDVI index as the only variable to estimate yield is not recommended in grass varieties of the Bouteloua genus under the conditions of our experiment. .

Keywords: Vegetation Index, UAV, Grass monitoring.

INTRODUCCION

La teledetección y el uso de sensores remotos en vehículos aéreos no tripulados han ayudado en eficientar la obtención de datos de vegetación, aprovechando las imágenes de alta resolución que se pueden obtener (González *et al.*, 2020) Estas nos permiten calcular índices de vegetación, que son valores digitales útiles para medir la biomasa o vigor vegetal. (Kharuf-Gutierrez *et al.*, 2018). Usualmente los índices de vegetación son producto de varios valores espectrales que son sumados, divididos, o multiplicados en una forma diseñada para producir un número que indique la cantidad o vigor de vegetación dentro de un píxel (Candiago *et al.*, 2015). El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permite identificar el nivel de estrés del cultivo y la posible presencia de enfermedades y/o problemas de desarrollo en el cultivo (Berrio *et al.*, 2018). Además de que es el índice más utilizado para la estimación de rendimiento en diferentes cultivos (Rivas *et al.*, 2011). Con el objetivo de estimar el rendimiento de variedades de pastos del género *Bouteloua* mediante el índice NDVI, se realizó un estudio de campo con cuatro variedades de pastos en donde se evaluó la producción de materia verde, seca y la estimación de índices NDVI a partir de imágenes multiespectrales obtenidas mediante vuelos no tripulados en siete eventos de muestreo a lo largo de la estación de crecimiento de la planta.

MATERIALES Y METODOS

En el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP en febrero de 2019 se estableció un experimento de riego con dos especies de pastos y dos variedades por especie (Hachita y Cecilia de pasto navajita, y Vaugh y Diana de pasto banderita). La unidad experimental fue de tres surcos de 76 cm y 12 m de largo, 30 centímetros entre plantas y parcela útil de 5 m del surco central. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego: 100, 66, 33 y 0 % de la humedad o lámina de riego consumida. Además de tres tratamientos de fertilización N-P-K: 0-0-0, 60-60-60 y 90-90-90 kg·ha⁻¹. El riego se aplicó por goteo con cintilla de plástico a partir del mes de febrero de 2019. El total de unidades experimentales fue de 144 en un arreglo experimental de parcelas sub-sub divididas. El monitoreo de pastos se realizó de mayo a agosto de 2021, evaluando producción de materia verde y seca (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio dentro del Campo Experimental Zacatecas (Vuelo 5).

En el área experimental se realizaron siete vuelos aéreos no tripulados, con una frecuencia de 15 días a través del área experimental, iniciando el 26 de mayo y finalizando el 20 de agosto de 2021. Para ello se utilizó un dron rotomotor P4 Multiespectral DJI, con una cámara RGB y un conjunto multiespectral de 5 cámaras que cubre las bandas Azul, Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo cercano. Se voló a una altura de

37.8 m para alcanzar una resolución espacial de 2 cm² por pixel en el ortomosaico del área experimental por vuelo.

A partir del ortomosaico obtenido para cada fecha de vuelo y utilizando las propiedades del software DJI TERRA BASIC (SZ DJI Technology Co, 2021) se calculó el índice de vegetación NDVI, realizando una extracción por valor de pixel utilizando el programa estadístico R (R CORE TEAM 2020). Para la extracción por pixel se eligió un tamaño de 10 cm como buffer, considerando los 144 puntos de muestreo contenidos en un archivo shapefile. Con los puntos de muestreo sobre puestos en el ortomosaico obtenido del índice de vegetación, se calculó el promedio de los pixeles que se encuentran en el rango de 10cm, obteniendo una matriz con los valores promedio de NDVI para cada uno de los puntos muestreados.

Se realizó el análisis de varianza para las variables producción de materia verde, seca e índices de vegetación GNDVI para los resultados obtenidos en cada uno de los siete muestreos y ortomosaicos obtenidos por vuelo de dron. También se realizó un análisis de correlación Pearson (r) para obtener el coeficiente de determinación (R²) entre el rendimiento de materia verde y su correspondiente coeficiente GNDVI, utilizando el software R (The R Foundation. 1993).

RESULTADOS

El comportamiento del índice NDVI en el área experimental en los siete eventos de muestreo o vuelos a través del ciclo del cultivo se presenta en la Figura 2.

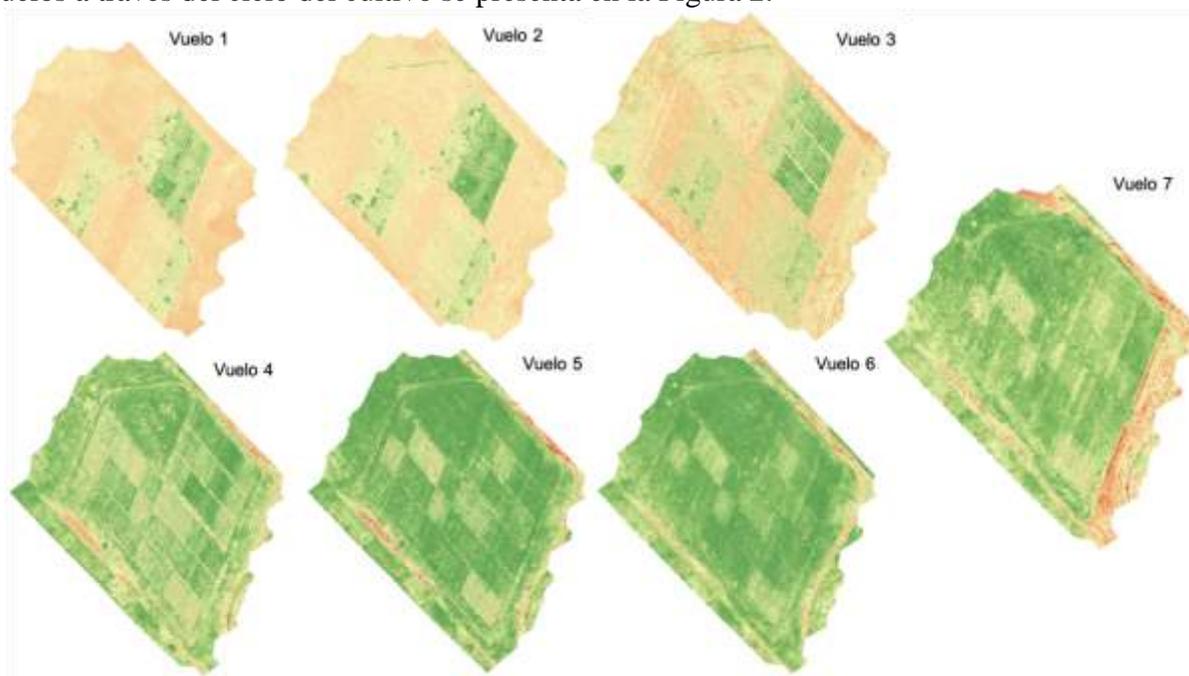


Figura 2. Índice NDVI monitoreado a través de los 7 vuelos realizados en la estación de crecimiento.

Durante los primeros vuelos, de manera visual fue evidente el efecto de los tratamientos de riego, sobresaliendo las áreas con la aplicación de mayores volúmenes de agua de riego que se expresaron con el color verde que corresponde a una respuesta positiva del índice NDVI. Tal condición cambió de manera drástica a partir de la primera decena de julio de 2021 (Vuelo 4), fecha en la que se

estableció el temporal para ese año. De aquí en adelante los índices NDVI crecieron en todos los tratamientos de riego, por lo que las diferencias visuales tendieron a reducirse como se observa en la Figura 2.

A partir del análisis de varianza se mostraron diferencias estadísticas significativas ($P=0.05$) entre las variedades de Bouteloua para el índice NDVI en los eventos de muestreo 1, 2, 4, 5 y 7; cinco de los siete eventos (Cuadro 1). Sin embargo, el orden de magnitud descendente de la media de NDVI no conservo el orden de aparición de las variedades a través de todos y cada uno de los eventos de muestreo. Además, el orden de magnitud descendente de la media de rendimiento de materia verde de las variedades no igualo con su correspondiente de variedades de NDVI para los eventos de muestreo del 4 al 7, que fueron estadísticamente significativos ($P=0.05$) de acuerdo con el análisis de varianza (dato no presentado). Lo que dio evidencia de posibles inconsistencias entre los pares de valores entre rendimiento e índice NDVI por variedad de pasto del genero Bouteloua.

Cuadro 1. Nivel de significancia estadística entre variedades del genero Bouteloua por evento de muestreo obtenido a partir del análisis de varianza, y orden de magnitud descendente de la media de NDVI para cada variedad evaluada.

Evento de muestro	1	2	3	4	5	6	7
NDVI	0.05 [£]	0.05	NS	0.05	0.05	NS	0.05
Variedades	3 [¥]	4	-	4	4	-	1
valor	4	3	-	3	3	-	2
descendente	1	1	-	1	1	-	4
de NDVI	2	2	-	2	2	-	3

[£]El análisis de varianza mostro diferencia estadística significativa entre variedades al 0.05 % de probabilidad para NDVI, NS diferencia no significativa. [¥]Variedades: 1 Vaugh, 2 Diana, 3 Hachita y 4 Cecilia.

Debido a las inconsistencias encontradas anteriormente se realizó un análisis de correlación entre los datos de índice NDVI y sus correspondientes de rendimiento de materia verde a través de las 144 unidades experimentales y los siete eventos de muestreo. Los resultados se muestran en el Cuadro 2. Con la excepción de los eventos de muestreo 2 y 3, el índice NDVI en general no mostró una buena y consistente correlación con el rendimiento de materia verde de las variedades del genero Bouteloua. Incluso al final de la estación de crecimiento la correlación entre ambas variables fue muy poco satisfactoria.

Cuadro 2. Coeficientes de Correlacion de Rendimiento (r) vs NDVI por evento de muestreo.

Evento de muestreo	1	2	3	4	5	6	7
r	0.38	0.64	0.61	0.24	0.10	0.15	0.20

Gonzalez y colaboradores (2020) encontraron que el índice NDVI fue útil para estimar la producción de pastos rye grass en Ecuador. Siempre que ésta variable se asocie con características relativas al sitio como la fertilidad o características locales de topografía. En este estudio no se involucró ninguna variable propia del sitio, por lo que es muy probable que la estimación del rendimiento por el índice NDVI podría ser mejorado al incluir variables del sitio que podrían explicar el comportamiento del rendimiento obtenido.

CONCLUSIONES

El índice NDVI en general no mostró una buena y consistente correlación con el rendimiento de materia verde. Incluso al final de la estación de crecimiento la correlación entre ambas variables fue muy poco satisfactoria, por lo que se concluyó que el índice NDVI como única variable para estimar el rendimiento no es recomendable en variedades de pasto de género *Bouteloua* bajo las condiciones de nuestro experimento.

BIBLIOGRAFIA

- Berrio, V., Alzate, D. A., Ramon, J. A., & Ramon, J. L. (2018). Sistema de optimización de las técnicas de planificación en agricultura de precisión por medio de drones. *Revista ESPACIOS*, 39(45).
- Candiago, S., Remondino, F., de Giglio, M., Dubbini, M., & Gattelli, M. (2015). Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sensing* 2015, Vol. 7, Pages 4026-4047, 7(4), 4026–4047. <https://doi.org/10.3390/RS70404026>
- Gonzalez, I. S., Yáñez, D., Grefa, J. L., Arza, M., & Gil-Docampo, M. (2020). ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PASTO MEDIANTE NDVI CALCULADO A PARTIR DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV). *Revista Geoespacial*, 17(1), 25–38. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v17i1.1640>
- Kharuf-Gutierrez, S., Hernández-Santana, L., Orozco-Morales, R., Aday Díaz, O. de la C., & Delgado Mora, I. (2018). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 39(2), 79–91. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282018000200007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rivas, R., Ocampo, D., & Carmona, F. (2011). Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión.

ECOLOGÍA DE COMUNIDADES ARBUSTIVAS DE SOTOL (*Dasyilirion spp.*) EN EL NORTE DE MÉXICO

ECOLOGY OF THE SHRUBY COMMUNITIES OF SOTOL (*Dasyilirion spp.*) IN NORTH OF MEXICO

Martín Martínez Salvador¹, Raúl Corrales Lerma¹, Natalie Socorro Hernández Quiroz¹, Carlos Raúl Morales Nieto¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El sotol (*Dasyilirion spp*) es una especie que crece de manera silvestre en comunidades arbustivas de las zonas áridas de México. Esta especie se aprovecha de manera comercial para elaborar una bebida alcohólica conocida como sotol. Se realizó un estudio para conocer la estructura de las comunidades arbustivas de los ecosistemas donde habita el sotol, así como características de los sitios donde crece la especie en el norte de México. Se construyeron tablas de valor de importancia, así como índices de diversidad. El sotol crece en el desierto Chihuahuense desde zonas de valles con pendientes de 2% hasta laderas de más de 35% de pendiente, en suelos con profundidad somera con profundidades menores a 40 cm, comúnmente en terrenos con cobertura de copa aproximada del 30%. La comunidad arbustiva con las que crece el sotol están compuestas de hasta 45 especies típicas del matorral desértico rosetófilo y matorral desértico micrófilo, donde las especies con mayores valores de importancia fueron *Agave lechuguilla* y *Larrea tridentata*. Las comunidades mostraron índices de diversidad de Shannon de 2.4 y de Simpson de 0.8. Esta información es importante para el manejo y conservación de las poblaciones y comunidades de sotol en el área de estudio.

ABSTRACT

Sotol (*Dasyilirion spp*) is a wild species that grows in shrubby communities in the arid lands of Mexico. This species is used as commercial way to make an alcoholic beverage known as “stool”. A study was carried out to determine the structure of the shrubby communities of the ecosystems where the sotol inhabits, as well as the characteristics of the sites where the sotol grows in northern Mexico. Importance value tables were constructed, as well as diversity indices. Sotol grows in the Chihuahuan desert from valleys with slopes of 2% up to slopes higher than 35%, also in shallow soils with depths lesser than 40 cm. It grows in areas with a canopy cover of about 30%. The shrub community is composed of up to 45 species, which characterize the rosetophyllous desert scrub and microphyllous desert scrub, where the species with the highest values of importance were *Agave lechuguilla* and *Larrea tridentata*. The communities showed a Shannon diversity index of 2.4 and a Simpson's of 0.8. This information is important for the management and conservation of sotol populations and communities in the study area.

INTRODUCCIÓN

El género *Dasyilirion* es una especie que se distribuye ampliamente en las zonas áridas y semiáridas de México, así como en algunas áreas de bosque templado seco (Sosa, 2012; Flores *et al.*, 2011). Este género se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América hasta el sur de México. Las

principales entidades federativas donde se encuentra distribuidas esta especie son: Chihuahua, Nuevo León, Coahuila, Durango y Zacatecas (Villarreal Quitanilla, 2016). Las especies del género *Dasyilirion* en su hábitat nativo son cosechadas para diversos usos, lo cual puede ser riesgoso por desconocimiento de sus poblaciones y comunidades. En los estados de Durango, Coahuila y Chihuahua hay una gran riqueza de especies llamadas sotol. El género *Dasyilirion* tiene al menos 16 especies, distribuidas desde el sur de Estados Unidos hasta en las regiones montañosas áridas y semiáridas del norte de México (Melgoza, 2003); sin embargo, tres de las especies con mayor importancia en las industrias licorera son: *Dasyilirion cedrosanun*, *Dasyilirion palmeri* y *Dasyilirion leiophyllum* (Henrickson y Johnston, 1977; Bogler, 1994). En el Desierto Chihuahuense las especies conocidas como sotol crecen principalmente en comunidades de matorral desértico rosetófilo, micrófilo y espinoso, siendo el género *Dasyilirion* una de las principales especies que caracterizan el matorral desértico rosetófilo (Granados, 2011). Conocer las características estructurales de sotol como altura, diámetros, y pesos de las plantas es información considerada valiosa por parte de los artesanos que elaboran sotol; sin embargo el conocer las características estructurales de la comunidad en general, así como describir las condiciones en las que crecen las especies de este género son necesarias como una forma de evaluar las condiciones actuales de los matorrales donde la cosecha potencial de esta especie podría modificar la estructura de sus comunidades y poner en riesgo a sus poblaciones. El estudio se realizó sobre comunidades arbustivas donde crece el sotol, para conocer la estructura de la comunidad, así como características ecológicas del sitio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en comunidades arbustivas en las que se desarrolla el sotol. Se establecieron 6 conglomerados formados por 16 sitios circulares de 250 m². Cada conglomerado está compuesto por cuatro transectos de 4 sitios separados 100 m lineales entre sitio y 200 metros lineales entre transectos, por lo que por cada conglomerado se muestreo una superficie aproximada de 20 ha. Dentro de cada sitio se colocó un sitio de 4 m² donde se midieron variables de sitio (pendiente, profundidad de suelos, altura sobre el nivel del mar, % de hojarasca, % de pedregosidad % de área basal, % de suelo desnudo. Dentro de cada sitio de 205 m² se contaron todas las especies arbustivas y/o arbóreas y para cada especie y se identificó la planta moda por especie, a la cual se le midieron las variables altura total, diámetro de la base medido 10 cm sobre el suelo y diámetros de copa. Para conocer la estructura de las comunidades arbustivas se estimó la abundancia (No de Individuos por hectárea), Dominancia (Cobertura de copa en m²) y frecuencia (Probabilidad de que aparece la especie i en la comunidad con base en el número de sitios de presencia). Con esta información se construyó la tabla de valores de importancia (Cottam y Curtis, 1956), así como los índices de diversidad de Shannon W y de Simpson (Del Río *et al.*, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro del área de estudio el sotol se distribuye en un amplio gradiente que abarca desde zonas de pastizal en los valles, hasta ecosistemas de transición donde se generan ecotonos entre matorral desértico y bosques de encino. En este gradiente registramos presencia de las especies de *Dasyilirion* en altitudes que van desde los 867 msnm hasta los 1675 msnm. Algunos registros muestran que las especies de sotol también se distribuyen en ecosistemas de bosque templado en alturas cercanas a los 2000 msnm (Melgoza, 2003); sin embargo, las poblaciones más extensas se

localizan en las zonas semiáridas. El Cuadro 1 muestra algunas características de parámetros físicos de las zonas de muestreo de sotol en las zonas semiáridas de los estados de Chihuahua, Coahuila y Durango. Observamos que sus poblaciones se encuentran en pendientes suaves típicas de valles, hasta más pronunciadas típicas de laderas o cimas de sierras, en profundidades de suelo generalmente someras, hasta suelos de 40 cm. Mientras que, al analizar los tipos de cobertura de los sitios con presencia de sotol, se observó que la especie crece principalmente en suelos de tipo pedregoso y gravoso, con porcentajes de suelo desnudo cercanos al 30%. Es de destacar que estas características de los sitios en los que se desarrollan las especies de sotol han sido descritas por diversos autores (Melgoza, 2003; Bogler, 1994; Granados, 2011), los cuales coinciden en el hecho de que las condiciones extremas en cuanto a profundidades de suelo y aridez son características de las zonas de distribución de las especies de sotol. Además.

Cuadro 1. Variables de sitio de comunidades de Sotol (*Dasyllirion* spp).

VARIABLE	ESTADÍSTICAS				
	MEDIA	MÍNIMO	MÁXIMO	DESVIACIÓN	C.V.
Altitud (msnm)	1296.6	867.0	1675.0	267.3	20.6
Pendiente (%)	16.7	2.0	35.0	9.1	54.6
Profundidad de suelo (cm)	19.2	5.0	40.0	7.9	41.0
%suelo desnudo	30.5	0.1	80.0	24.6	80.7
%hojarasca	8.4	0.1	45.0	7.8	92.3
%pedregosidad	24.9	0.1	80.0	22.2	89.2
%cobertura basal	11.3	0.1	40.0	10.6	93.9
Regeneración	0.2	0.0	2.0	0.4	231.0

La comunidad arbustiva en la que se desarrollan las especies de sotol en las zonas semiáridas del norte de México son principalmente de los tipos de matorral desértico rosetófilo, matorral desértico micrófilo y matorral espinoso. El Cuadro 2 muestra las características estructurales de la comunidad arbustiva en la zona de estudio. Se puede observar que las especies de sotol cohabitan con al menos 42 especies a lo largo de su gradiente de distribución. Además, la comunidad arbustiva en la que se desarrolla el sotol es de porte bajo, las alturas más frecuentes son menores a 1 metro, mientras que las especies con alturas mayores son las de los géneros *Quercus*, *Prosopis*, *Juniperus*, *Chilopsis*. Mientras que las copas más comunes fueron de 1.20 metros. Por su parte los diámetros de las bases son superiores a 10 centímetros, en esta última variable se destaca que los diámetros se midieron 10 cm por arriba del suelo. Gran parte de los arbustos ramifican desde la base, por lo que el dato de área basal incluye más de un tallo para algunas especies.

Cuadro 2. Características de las especies de comunidades de Sotol (*Dasyllirion* spp).

ESPECIE	ALTURA (m)	DIÁMETRO BASAL (m)	DIÁMETRO COPA 2 (m)
<i>Acacia berlandieri</i>	1.53	0.42	1.97
<i>Acacia greggii</i>	1.41	0.24	1.11
<i>Acacia neovernicosa</i>	1.09	0.22	1.09
<i>Acacia rigidula</i>	1.46	0.28	1.30
<i>Agave lechuguilla</i>	0.41	0.19	0.40
<i>Agave salmiana</i>	0.47	0.24	0.64
<i>Aloe</i> spp	0.50	0.10	0.25
<i>Atriplex canescens</i>	0.89	0.20	0.83

<i>Berberis trifoliolata</i>	0.85	0.10	1.00
<i>Bouteloua barbata</i>	0.48	0.25	0.41
<i>Castela tortuosa</i>	1.33	0.38	1.16
<i>Celtis pallida</i>	1.80	0.43	1.77
<i>Chilopsis linearis</i>	2.75	0.50	2.70
<i>Cowania ericifolia</i>	1.77	0.42	2.27
<i>Dasyilirion</i> spp	1.44	0.67	1.35
<i>Echinocereus longisetus</i>	0.10	0.07	0.20
<i>Echinocereus</i> spp	0.52	0.31	0.83
<i>Eschinocactus</i> spp	0.08	0.15	0.15
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	0.55	0.23	0.48
<i>ferocactus latispinus</i>	0.10	0.08	0.11
<i>Flourenzia cernua</i>	1.16	0.23	1.00
<i>Fouquieria splendens</i>	2.16	0.24	1.47
<i>Hechtia glomerata</i>	0.43	0.25	0.44
<i>Jatropha dioica</i>	0.52	0.19	0.44
<i>Juniperus</i> sp	2.14	0.41	2.45
<i>Koeberlinia spinosa</i>	1.00	0.23	0.79
<i>Larrea tridentata</i>	1.19	0.25	1.17
<i>Leucophyllum minus</i>	0.53	0.13	0.44
<i>Lippia graveolens</i>	0.67	0.17	0.50
<i>Mamilaria</i> spp	0.15	0.07	0.06
<i>Opuntia imbricata</i>	1.25	0.10	0.75
<i>Opuntia leptocaulis</i>	0.83	0.17	0.84
<i>Opuntia microdasys</i>	0.97	0.23	1.27
<i>Opuntia rastrera</i>	0.61	0.41	0.92
<i>Parthenium argentatum</i>	0.55	0.18	0.50
<i>Parthenium incanum</i>	0.59	0.14	0.58
<i>Prosopis</i> spp	1.79	0.33	2.03
<i>Quercus</i> sp	2.05	0.75	2.55
<i>Rhus microphylla</i>	1.06	0.23	1.08
<i>Tiquilia canescens</i>	0.05	0.24	0.23
<i>Viguiera cordifolia</i>	0.37	0.11	0.28
<i>Yucca filifera</i>	1.55	0.32	1.13

El Cuadro 3 muestra los valores de importancia de las especies con las que convive el género *Dasyilirion*. Se observa que las poblaciones más importantes por frecuencia, dominancia y abundancia son las de *Agave lechuguilla*, *Larrea tridentata*, *Acacia rigidula* y *Flourenzia cernua*. Estas dos especies son las que dominan gran parte del Desierto Chihuahuense. La especie *Agave lechuguilla* es la especie más importante en el matorral rosetófilo, mientras que *Larrea tridentata* es la especie dominante del matorral desértico micrófilo. El resto de especies obtienen valores de importancia menores a 12.08 con valores de frecuencia dominancia y abundancia relativamente menor. Un gran número de especies presentaron valores de importancia muy bajos (menores a 3), lo cual puede deberse a la distribución restringida de estas especies. Ya que el muestreo se realizó en tres áreas distantes una de otra, por lo que algunas especies se encuentran distribuidas de manera más localizada. En este sentido es de destacarse que las especies del género *Dasyilirion* presentan una amplia distribución y conviven principalmente con especies de los matorrales desértico rosetófilo, micrófilo y espinoso, pero no todas las especies se distribuyen en toda el área de

distribución del sotol, lo cual puede corroborarse al observar los valores de frecuencia y los valores de importancia de las especies.

Por otra parte, los totales presentados en el cuadro 3 muestran que en términos de frecuencia las especies con una probabilidad del 33% es posible encontrar poblaciones de sotol si tiramos sitios aleatoriamente. Además, se observa que sus copas pueden ocupar hasta 104 metros cuadrados por hectárea con una abundancia de 64 individuos por hectárea. Estos datos ponen de manifiesto que las abundancias de esta especie son bajas en la comunidad; sin embargo, es importante puntualizar que las poblaciones de sotol tienen una distribución localizada en manchones. En términos de la comunidad se encontró que los arbustos cubren una superficie de 2,397 metros cuadrados, con un número de 4,197 arbustos por hectárea. Este dato muestra que la mayor parte del suelo se encuentra desprovisto de cobertura de copa al menos durante la época de sequía.

Cuadro 3. Valor de Importancia de comunidades de Sotol (*Dasyllirion* spp).

ESPECIE	FECC %	DOM m2/ha	ABU Ind/ha	Valores relativos			
				Frec	Dom	Abu	IVI
<i>Agave lechuguilla</i>	50.00	181.39	1521.25	7.88	7.57	36.25	51.69
<i>Larrea tridentata</i>	35.42	489.94	389.58	5.58	20.43	9.28	35.30
<i>Acacia rigidula</i>	45.83	417.88	282.08	7.22	17.43	6.72	31.37
<i>Flourenzia cernua</i>	35.42	226.08	203.33	5.58	9.43	4.84	19.86
<i>Fouquieria splendens</i>	30.21	136.04	69.17	4.76	5.67	1.65	12.08
<i>Prosopis</i> spp	22.92	173.91	42.08	3.61	7.25	1.00	11.87
<i>Dasyllirion</i> spp	33.33	104.07	63.75	5.25	4.34	1.52	11.11
<i>Euphorbia antisiphilitica</i>	21.88	36.50	195.42	3.45	1.52	4.66	9.63
<i>Bouteloua barbata</i>	13.54	34.69	249.58	2.13	1.45	5.95	9.53
<i>Jatropha dioica</i>	26.04	48.77	137.08	4.11	2.03	3.27	9.41
<i>Opuntia rastrera</i>	36.46	30.72	38.33	5.75	1.28	0.91	7.94
<i>Bouteloua curtipendula</i>	13.54	7.28	225.83	2.13	0.30	5.38	7.82
<i>Parthenium incanum</i>	19.79	36.64	130.83	3.12	1.53	3.12	7.77
<i>Acacia neovernicosa</i>	19.79	71.40	59.58	3.12	2.98	1.42	7.52
<i>Hechtia glomerata</i>	13.54	17.27	128.75	2.13	0.72	3.07	5.92
<i>Atriplex canescens</i>	15.63	29.45	44.17	2.46	1.23	1.05	4.74
<i>Juniperus</i> sp	10.42	68.01	10.00	1.64	2.84	0.24	4.72
<i>Parthenium argentatum</i>	12.50	18.53	64.17	1.97	0.77	1.53	4.27
<i>Rhus microphylla</i>	9.38	45.60	30.00	1.48	1.90	0.71	4.09
<i>Opuntia leptocaulis</i>	18.75	11.42	20.83	2.96	0.48	0.50	3.93
<i>Viguiera cordifolia</i>	10.42	6.86	66.25	1.64	0.29	1.58	3.51
<i>Acacia greggii</i>	12.50	18.38	13.33	1.97	0.77	0.32	3.05
<i>Agave salmiana</i>	12.50	7.95	22.92	1.97	0.33	0.55	2.85
<i>Chaparro amargoso</i>	9.38	14.01	23.75	1.48	0.58	0.57	2.63
<i>Opuntia imbricata</i>	13.54	4.06	8.33	2.13	0.17	0.20	2.50
<i>Yucca filifera</i>	10.42	12.45	11.25	1.64	0.52	0.27	2.43
<i>Acacia berlandieri</i>	5.21	32.79	7.08	0.82	1.37	0.17	2.36
<i>Lippia graveolens</i>	11.46	3.34	12.92	1.81	0.14	0.31	2.25
<i>Yucca</i> spp	6.25	17.01	12.50	0.99	0.71	0.30	1.99
<i>Echinocereus</i> spp	8.33	5.54	6.25	1.31	0.23	0.15	1.69
<i>Cowania ericifolia</i>	3.13	23.42	5.42	0.49	0.98	0.13	1.60
<i>Koerberlinia spinosa</i>	7.29	6.14	7.92	1.15	0.26	0.19	1.59
<i>Tiquilia canescens</i>	3.13	1.90	41.25	0.49	0.08	0.98	1.55
<i>Quercus</i> sp	2.08	22.36	5.00	0.33	0.93	0.12	1.38

<i>Opuntia microdasys</i>	5.21	4.75	3.75	0.82	0.20	0.09	1.11
<i>Leucophyllum minus</i>	3.13	3.35	16.67	0.49	0.14	0.40	1.03
<i>Castela tortuosa</i>	4.17	6.00	4.17	0.66	0.25	0.10	1.01
<i>Chilopsis linearis</i>	2.08	14.07	2.92	0.33	0.59	0.07	0.98
<i>Bouteloua gracilis</i>	4.17	0.22	13.33	0.66	0.01	0.32	0.98
<i>Celtis pallida</i>	4.17	4.46	1.67	0.66	0.19	0.04	0.88
<i>Berberis trifoliolata</i>	2.08	3.01	2.50	0.33	0.13	0.06	0.51
<i>ferocactus latispinus</i>	3.13	0.01	0.83	0.49	0.00	0.02	0.51
<i>Mamilaria spp</i>	2.08	0.04	0.42	0.33	0.00	0.01	0.34
<i>Eschinocactus spp</i>	2.08	0.01	0.42	0.33	0.00	0.01	0.34
<i>Echinocereus longisetus</i>	2.08	0.01	0.42	0.33	0.00	0.01	0.34
TOTAL	634.375	2397.743	4197.08		100	100	100
					100	100	300

*FRECC= Frecuencia, ABU= Abundancia, DOM=Dominancia

En relación con los índices de diversidad se encontró que el índice de Shannon obtuvo un valor de 2.54 por lo que se considera que la comunidad presenta un índice de diversidad medio, lo cual se pudo corroborar al observar la equitatividad con el índice de Simpson el cual presenta un rango de 0 a 1. Para el caso de la comunidad de sotol, el índice de diversidad de Simpson obtuvo un valor de 0.83.

CONCLUSIONES

El género *Dasyliirion* convive con al menos 45 especies arbustivas en el norte de México, las cuales mantienen diferentes valores de importancia, donde las especies con mayores valores son las que se distribuyen con mayor probabilidad en toda el área de distribución del sotol. Las características de los sitios donde crece el sotol en las zonas áridas son suelos poco profundos, pendientes de hasta 35%, terrenos con bajas coberturas donde se encontraron hasta 4,197 individuos por hectárea. En el área de estudio se encontraron hasta 64 individuos de sotol por hectárea los cuales cubren una cobertura de 104 m².

LITERATURA CITADA

- Bogler, B. 1994. Taxonomy and phylogeny of *dasyliirion* (Nolinaceae). Ph. Dissertation. University Of Texas at Austin Texas U.S.A.
- Cottam, G. y Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37:451- 460.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales*, 12(1), 159-176.
- Flores, G. J. 2011. Flora Endémica de Nuevo León, México y estados colindantes. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 275-298.
- Granados, S. D. 2011. Ecología de la vegetación del desierto Chihuahuense. *Ciencias Forestales y del Ambiente*, 111-130.
- Henrickson, J. y. 1977. A Flora of the chihuahuan desert region. 1.2.
- Melgoza, C. A. 2003. contribución al conocimiento y distribución de las especies de *Dasyliirion* spp (sotol) en Chihuahua, México. *Ciencia Forestal en México*, 25-40.
- Sosa, V. y. 2012. Endemic angiosperm lineages in México: hot spots for conservation. *Acta Botanica*, 293-316.
- Villarreal Quitanilla J.A., E. C. 2016. *Dasyliirion micropterum* (Asparagaceae), a new species from Sierra Madre Oriental, Mexico. 139-146.

GRADOS DE AFECTACIÓN DE LA REGIÓN ECOLÓGICA CUCHILLAS DE LA ZARCA MEDIANTE DATOS DEL MONITOR DE SEQUÍA DE MÉXICO

DEGREES OF AFFECTATION OF THE CUCHILLAS DE LA ZARCA ECOLOGICAL REGION THROUGH DATA FROM THE MEXICO DROUGHT MONITOR

Yenifer Moreno-Sepúlveda¹, Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán^{2*}, Arturo Bustamante-Andrade², Amaury Esquivel-Romo², María Esther Ríos-Vega², Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez³

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón - San Pedro De las Colonias Km 7.5, Ejido Ana, 27170 Torreón, Coah.

²Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Ej. Venecia, Gómez Palacio. Dgo.

³Campo experimental Valle de Culiacán-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Km 17.5 carr. Culiacán -El Dorado y Forestales. Culiacán, Sinaloa.

ulises.gutierrez@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue analizar la evolución de la sequía a través de datos obtenidos del Monitor de Sequía de México para el área de Cuchillas de la Zarca durante un periodo de 12 años. El área de estudio está comprendida entre los estados de Chihuahua y Durango, comprende una superficie: 4,261 km², se considera como región prioritaria para la conservación de pastizales. La ganadería extensiva es una de las actividades económicas de mayor tradición en esta área sustentada bajo el sistema vaca-cría. Para determinar los diferentes grados de afectación por sequía, se descargaron del sitio FTP los shapefiles del Monitor de sequía en México mensual disponibles para el período enero 2008- agosto 2022, se utilizó el programa ArcGis 10.2 para hacer el recorte del mapa nacional y obtener la información para el área de estudio. Al analizar dicha información se presentaron cuatro de cinco grados de afectación por sequía. El nivel anormalmente seco (D0) presentó la mayor incidencia de sequía al registrar alrededor de 72 eventos representando un 40.91% de ocurrencia, las mayores intensidades de esta categoría se presentaron en los años 2008, 2011-2013 y 2020-2022 con el 100% del área afectada. En cuanto a sequia excepcional D4, no se presentó durante el periodo de estudio. Se concluye que mediante la metodología empleada fue posible determinar la tendencia de la sequía en cuanto su magnitud, distribución e intensidad. Esta información sirve de base importante para entender los patrones de eventos extremos de sequía a nivel región.

Palabras clave: Pastizales, sequía, porcentaje de ocurrencia.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the evolution of drought through data obtained from the Mexico Drought Monitor for the Cuchillas de la Zarca area over a 12-year period. The study area is between the states of Chihuahua and Durango, covers an area: 4,261 km², is considered a priority region for grassland conservation. Extensive cattle ranching is one of the most traditional economic activities in this area, supported by the cow-calf system. To determine the different degrees of affectation by drought, the shapefiles of the monthly Drought Monitor in Mexico available for the period January 2008-August 2022 were downloaded from the FTP site, the ArcGis 10.2 program was used to cut out the national map and obtain the information for the study area.

When analyzing said information, four out of five degrees of affectation by drought were presented. The abnormally dry level (D0) presented the highest incidence of drought by registering around 72 events representing 40.91% of occurrence, the highest intensities of this category were presented in the years 2008, 2011-2013 and 2020-2022 with 100% of the affected area. As for exceptional drought D4, it did not occur during the study period. It is concluded that through the methodology used it was possible to determine the trend of the drought in terms of its magnitude, distribution, and intensity. This information serves as an important basis for understanding the patterns of extreme drought events at the regional level.

INTRODUCCIÓN

El riesgo de sequía es una propiedad del sistema natural que refleja la interacción entre el clima y la vulnerabilidad de la población, ecosistemas, y economías expuestas a éste (Sayers et al., 2016). Durante los últimos veinte años, las sequías han provocado pérdidas económicas de 5,000 millones de dólares anuales a nivel mundial, y han sumado 1,100 millones de personas afectadas, En ese periodo, los efectos de la sequía cobraron la vida de 22,000 personas (CRED, 2015). La manifestación inicial de la sequía es un déficit prolongado de precipitación, usualmente acompañado por altas temperaturas en el aire, a lo que se le conoce como sequía meteorológica. La consecuente reducción del contenido de humedad en el suelo provoca un crecimiento de la vegetación más lento. Las caídas críticas de los niveles de almacenamiento de agua en forma superficial (ríos, presas, etc.) y subsuperficial (zona no saturada) son agrupadas dentro de la clasificación de sequía hidrológica (Pedrozo et al., 2017). Durante los últimos 20 años han surgido diversos índices de sequía que incorporan múltiples fuentes de información. Estos tipos de índices combinan típicamente datos meteorológicos con información de la superficie terrestre derivada de percepción remota, el Monitor de Sequía en México (MSM) del SMN se encarga de detectar el estado actual y la evolución de este fenómeno, de acuerdo con la escala de intensidades estableció las categorías de anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) hasta sequía excepcional (D4) (MSM, 2022). En el estado de durango y parte de chihuahua se encuentra la región conocida como Cuchillas de la Zarca, es un importante ecosistema de pastizales naturales, la ganadería extensiva es una de las actividades económicas de mayor tradición en esta área sustentada bajo el sistema vaca-cría, los pastizales constituyen la principal fuente de alimentación de este sistema (Chávez y González, 2009). Sin embargo, al igual que otros ecosistemas terrestres son afectados por los fenómenos como la sequía, esta región se ve afectada principalmente en la disminución de la productividad de los pastizales, como consecuencia disminución en los parámetros productivos del sistema de producción que ahí se practica. Bajo le escenarios futuros del cambio climático mencionan periodos de sequía más recurrentes y de mayor intensidad para ecosistemas de zonas áridas y semiáridas (IPCC, 2007; 2013). El objetivo de este trabajo es hacer un análisis sobre los diferentes grados de afectación que ha sufrido esta región por el fenómeno de la sequía en el periodo de los últimos 12 años.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las Cuchillas de la Zarca se ubica geográficamente entre Latitud N: 25° 13' 52" a 26° 31' 60" Longitud W: 104° 19' 08" a 105° 11' 33", comprendida entre los estados de Chihuahua y Durango. La conforman los siguientes municipios: Coronado, Hidalgo, Inde, Nazas, Ocampo, Rodeo, San

Luis del Cordero, San Pedro del Gallo y Parral. Comprende una superficie: 4,261 km² y tiene un valor para la conservación: 3 (mayor a 1,000 km²). Se considera como región prioritaria para la conservación de los pastizales asociados a la vertiente oriental de la Sierra Madre Occidental en los estados de Chihuahua y Durango (Figura 1). La diversidad de origen de los suelos contribuye a la formación de los pastizales con diferente composición de especies. Existe además una alta riqueza de aves. La región se delimita hacia el oeste y el norte por subcuencas donde el parteaguas llega hasta la cota de los 2,000 msnm que coincide con bosques bajos-abiertos de encinos, y hacia el este y sur con pastizales naturales (SEMARNT, 2022).



Figura 1. Ubicación del área de estudio

Metodología

Para determinar los diferentes grados de afectación por sequía en el área de estudio, se descargaron del sitio FTP los shapefiles del Monitor de sequía en México mensual disponibles para el período de 2008 a la fecha (SMN-CNA, 2022), se descargaron un total de 176 mapas a nivel nacional, se extrajo la información del área de estudio mediante el mapa base obtenido de la CONABIO, su procesamiento se realizó en el software QGIS Desktop 3.16.9, en el cual se realizó la extracción de datos únicamente para la capa de estudio “Cuchillas de la Zarca”, las capas shapefile proporcionadas estaban divididas para cada fecha por intensidad de sequía, lo cual fue necesaria la unión de todas las capas a través de un proceso vectorial del programa, el algoritmo consiste en combinar múltiples capas vectoriales con el mismo tipo de geometría y obtener un solo archivo de salida, y posteriormente con las herramientas de geo procesos realizar el corte y extracción para el área de estudio. A cada una de las capas se le calculó el área de afectación para cada grado de sequía, a través de una calculadora de campos. Una vez extraída la información se generó una base de datos en el programa Excel para su posterior análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como punto de partida del análisis, se presentaron cuatro de cinco grados de afectación por sequía en el área de estudio (Cuadro 1). El nivel anormalmente seco (D0) presentó la mayor incidencia de sequía al registrar alrededor de 72 eventos representando un 40.91% de ocurrencia, es decir,

poco menos de la mitad del tiempo del análisis el área se encuentra sometido a estrés hídrico. Las mayores intensidades de esta categoría se presentaron en los años 2008, 2011-2013 y 2020-2022 con el 100% del área afectada. En cuanto al nivel D1 sequía moderada, se contabilizó un total de 51 eventos, los periodos con afectación del 100% fueron 2008, 2011-2012, 2021 y 2022. Nivel D2 sequía severa la ocurrencia fue del 12% con su mayor impacto en los años 2011-2012. D3 sequía extrema, solo afectó un 2.84%, el área de afectación fue menor al 100% en dos periodos cortos 2008 y 2011-2012. En cuanto a sequia excepcional D4, no se presentó durante el periodo de estudio.

Cuadro 1. Porcentaje de ocurrencia de las diferentes categorías de sequía en el área Cuchillas de la Zarca durante el periodo enero de 2008 a agosto de 2022.

Categoría	Ocurrencia en meses	Porcentaje de ocurrencia
D0	72/176	40.91
D1	51/176	28.98
D2	22/176	12.50
D3	5/176	2.84
D4	0/176	0.00

D0 (anormalmente seco), D1 (sequía moderada), D2 (sequía severa), D3 (sequía extrema), D4 (sequía excepcional)

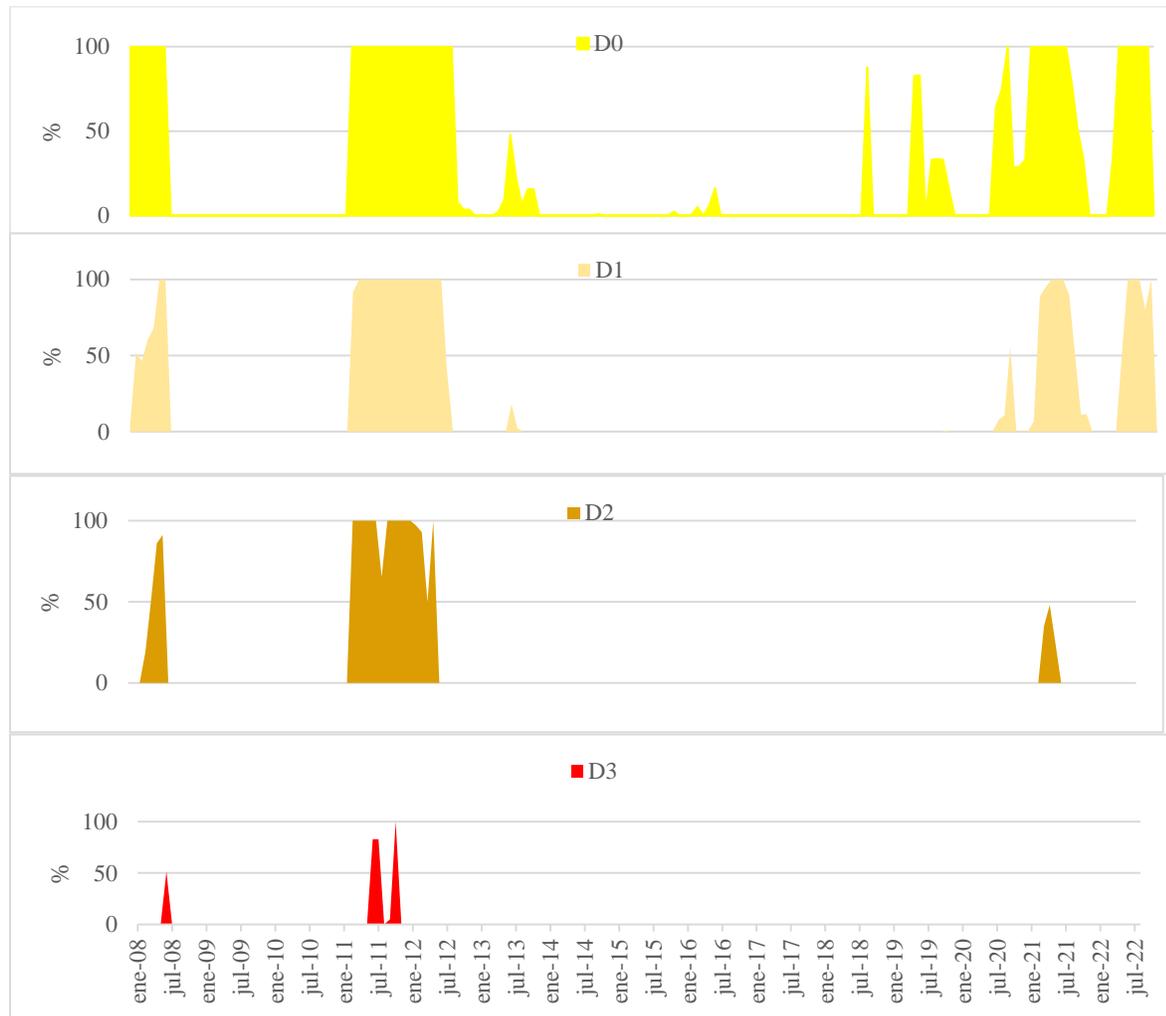


Figura 2. Distribución temporal de las diferentes categorías de afectación por sequía en el área de la Cuchillas de la Zarca durante el periodo enero de 2008 a agosto de 2022.

A pesar de que los reportes climáticos indican que tres de cada cinco años son secos y que las sequías pueden ser estacionales, anuales o multianuales, los ganaderos no consideran la sequía como parte de las condiciones ambientales a enfrentar y la consideran con frecuencia como eventos esporádicos, después de las cuales las condiciones regresarán a lo “normal” (Pinedo et al., 2013). Los informes del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2013) indican que el cambio climático afectará las actividades productivas, generando riesgos altos para el desarrollo de estas funciones productivas en el área agropecuaria. Los cambios en los patrones de precipitación y temperatura asociados al cambio climático modificarán el manejo de la ganadería, requiriendo el desarrollo de estrategias de adaptación y mitigación para poder reducir los impactos negativos del cambio climático. Este panorama se percibe aún más alarmante al tomar en cuenta que los pastizales se encuentra entre los ecosistemas de México más vulnerables ante el cambio climático. El impacto se vincula a la probable mayor incidencia y severidad de sequías (PACP-Ch, 2011).

CONCLUSIONES

Mediante el análisis de los datos del Monitor de sequía de México se pudo determinar la tendencia de la sequía en cuanto su magnitud, distribución e intensidad mes a mes durante periodo de estudio de 12 años. Esta información sirve de base importante para entender los patrones de eventos extremos de sequía a nivel región.

LITERATURA CITADA

- Chávez, S.A.H y G.F. González. 2009. Estudios Zootécnicos (Animales en Pastoreo). En; Chávez, S.A.H. (ed). Rancho Experimental La Campana, 50 años de Investigación y Transferencia de Tecnología en Pastizales y Producción Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias. Pp 113-206.
- CRED. (2015). The human cost of weather related disasters: 1995-2015. The UN Office for Disaster Risk Reduction. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- IPCC. (2013). Cambio Climático 2013-Bases Físicas. Resumen para responsables de política. Estados Unidos de América. Sitio web: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_SPANISH.pdf
- IPCC. (2007), Cambio climático y biodiversidad. Sitio web: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg2-sum-vol-sp.pdf>
- Monitor de Sequía de México (MSM-SMN). (2022). Monitor de Sequía en México. Porcentaje de área afectada con sequía en México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- 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. Guzmán-Aranda J.C., J. Hoth y E. Blanco (Eds). (Imprenta: Gobierno del Estado de Chihuahua), México. 44 pp
- Pedrozo, A. A.; Breña N. J. A., Domínguez S. T. A., Flores G. Ú. y Real R. R. A. (2017). Estudio para Desarrollar el Manejo o Gestión de Riesgos ante Sequía. Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 189. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/367143/Informe_2017-ESTUDIO_PARA_DESARROLLAR_EL_MANEJO_O_GESTI_N_DE_RIESGOS_ANTE_SEQU_A.pdf
- Pinedo, A.C., Q.N.S. Hernández, C.A Melgoza, V.M. Rentería, S.V.C. Vélez, N.C. Morales, R.M. Quintana, E.E. Santellano y E.Esparza. 2013. Diagnóstico Actual Y Sustentabilidad de los Pastizales del estado de Chihuahua ante el Cambio Climático. Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16). Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Mex. Sitio web:

<http://fz.uach.mx/investigacion/2013/05/22/Diagn%C3%B3stico%20final%20PASTIZALES-%20SEQUIA.pdf>

SEMARNAT (2022) Atlas Digital Geográfico.

<http://gisviewer.semarnat.gob.mx/aplicaciones/Atlas2015/biodiversidad.html#:~:text=Las%20Regiones%20Terrestres%20Prioritarias%20de,delimitadas%20bajo%20criterios%20de%20tipo>

Servicio Meteorológico Nacional, Comisión Nacional del Agua (SMN-CNA). (2022). Monitor de Sequía de México.

DIVERSIDAD DE AVES MIGRATORIAS EN PASTIZALES CON INVASIÓN DE ZACATE ROSADO (*Melinis repens*) EN CHIHUAHUA

MIGRATORY BIRD DIVERSITY IN GRASSLANDS WITH INVASION OF NATAL GRASS (*Melinis repens*) IN CHIHUAHUA

Cielo Marisol Aragón Gurrola¹, Mieke Titulaer¹, Ángela A. Camargo Sanabria^{1,2} Alicia Melgoza
Castillo¹, Nathalie Hernández Quiroz¹

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chihuahua. ² Cátedra-
CONACYT.

RESUMEN

El declive en las poblaciones de aves de pastizal se ha relacionado con la problemática que atraviesan los pastizales naturales en Norteamérica, como la invasión de especies herbáceas y arbustivas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el impacto del pasto invasivo *Melinis repens* sobre las poblaciones de aves invernantes en pastizal del Desierto Chihuahuense, esperando una menor abundancia y diversidad de aves relacionado con una mayor cobertura de *Melinis repens*. Se realizaron muestreos invernales (enero-marzo 2022) de aves en 10 cuadrantes (1 km²) con 3 transectos de línea cada uno, con un diseño de mosaico aleatorio estratificado generalizado, en 2 ranchos (Tinaja; 1425.96 ha y Laja; 4535.87 ha) en el estado de Chihuahua. Además, se realizaron muestreos de vegetación en 4 círculos con un radio de 5 m y 50 m sobre cada transecto, para determinar cobertura (%) y altura (cm) de pasto, hierba, arbusto, suelo desnudo y cobertura *Melinis repens* y se determinaron las 2 especies dominantes de pastos y arbustos. Se detectaron un total de 1287 individuos de aves en ambos sitios (849 en Tinaja y 438 en Laja) y una cobertura promedio de *Melinis repens* de 7.53% (DE 5.78) y 10.83% (DE 13.52), respectivamente. Los índices de diversidad de Hill (número efectivo de especies) de orden $q = 0$ (riqueza), 1 (exponencial de Shannon), 2 (inversa de Simpson), muestran que la diversidad de aves en Tinaja fue 37, 10.58, 6.47, y en Laja fue 42, 19.61, 13.28, respectivamente.

PALABRAS CLAVE: Aves migratorias de pastizal, Desierto Chihuahuense, Diversidad, *Melinis repens*.

ABSTRACT

The decline in grassland bird populations has been linked to the problems facing native grasslands in North America, such as the invasion of herbaceous and shrub species. The objective of this study was to evaluate the impact of the invasive grass species *Melinis repens* on wintering bird populations in the Chihuahuan Desert grasslands, expecting lower bird abundance and diversity with an increase in *Melinis repens* cover. Winter bird surveys (January-March 2022) were conducted in 10 grid cells (1 km²) with 3 line transects each, using a generalized stratified random mosaic design, in 2 ranches (Tinaja 1425.96 ha and Laja 4535.87 ha) in the state of Chihuahua. Vegetation surveys were conducted in four 5m and 50m radius circles on each transect, to determine cover (%) and height (cm) of grasses, forbs, shrubs, bare ground, and *Melinis repens*, and the 2 dominant grass and shrub species were identified. A total of 1287 individual birds were detected in both sites (849 in Tinaja and 438 in Laja). The average cover of *Melinis repens* was 7.53% (SD 5.78) and 10.83% (SD 13.52), in Tinaja and Laja, respectively. Hill's diversity indices (effective number of species) of order $q = 0$ (richness), 1 (exponential of Shannon), 2 (inverse of

Simpson), showed that bird diversity in Tinaja was 37, 10.58, 6.47, and in Laja 42, 19.61, 13.28, respectively.

KEY WORDS: Migratory grassland birds, Chihuahuan Desert, Diversity, *Melinis repens*.

INTRODUCCIÓN

El declive en las poblaciones de aves de pastizal se ha relacionado con la problemática que atraviesan los pastizales naturales en Norteamérica, como la invasión de especies herbáceas y arbustivas. No obstante, las aves de pastizal han perdido más poblaciones que ningún otro grupo de aves de América del Norte (Rosenberg *et al.*, 2019), especialmente las especies migratorias que invernán en el Desierto Chihuahuense (NABCI, 2016). Algunas especies han perdido hasta 80% de sus poblaciones durante los últimos 40 años (Sauer *et al.*, 2017). Un factor importante en la pérdida es la baja supervivencia invernal, ya que las aves pasan el mayor tiempo de su ciclo anual (aprox. 8 meses) en su hábitat invernal (Strasser *et al.*, 2018). La cobertura y composición de especies herbáceas es un factor clave para la supervivencia de las aves, por el refugio térmico (Perez Ordoñez *et al.*, 2022), protección a depreciación (Strasser *et al.*, 2018) y la provisión de semillas para la dieta invernal granívora (Titulaer *et al.*, 2018). Durante el invierno, se ha detectado mayor diversidad y abundancia de aves de pastizal en los campos con especies nativas a comparación de los campos con especies exóticas (Thompson *et al.*, 2009). Un estudio en cautiverio demostró que 3 especies de gorriones de pastizal no pueden aprovechar semillas de *Pennisetum ciliare* y *Eragrostis lehmanniana*, pero mostró una preferencia para la semilla de *Melinis repens* debido a su fácil manipulación (Titulaer *et al.* 2018b). Sin embargo, no se han realizado estudios de campo para evaluar el impacto de la especie invasora *Melinis repens* sobre las poblaciones silvestres de las aves de pastizal. Los objetivos del presente trabajo son; 1) estimar la diversidad de aves invernales migratorias de pastizal en 2 ranchos con invasión de *Melinis repens* en el estado de Chihuahua, y 2) evaluar la relación entre la cobertura de *Melinis repens* y la diversidad de las aves migratorias de pastizal. Se presentan datos preliminares respecto al objetivo 1.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El Rancho la Tinaja (1425.96 ha) se ubica en el Municipio de Santa Isabel, Chihuahua (373958.32 m, 3137434.99 m Fig. 1), y el rancho la Laja (4535.87 ha) se ubica en el Municipio de Satevó, Chihuahua (372493.57, 3055743.46 Fig. 1). La temperatura media anual es de 17.3 °C con variaciones de temperaturas mínimas de -8 °C en las y máximas de 46 °C, con una precipitación anual promedio de 260mm hasta 482mm, y con presencia de temporadas de heladas de diciembre a febrero (INEGI, 2017).

Colección de datos

El diseño de muestreo aplicado para este estudio fue un diseño de mosaico aleatorio estratificado generalizado de 10 cuadrantes (1 km²) con 3 transectos de línea de 800 metros cada uno, separados 250 metros y divididos por 4 segmentos cada 200 metros, con una orientación de este a oeste, siguiendo el protocolo de Bird Conservancy of the Rockies (2021) (Fig.1). Los muestreos de las

aves se hicieron 15 minutos después de amanecer y hasta 4 horas después. Se registró cada especie detectada, la distancia perpendicular de la detección a la línea del transecto, el tamaño de parvada, y la forma de detección (visual, sonido, vuelo, otro).

Se realizaron muestreos de vegetación en el punto central de cada segmento de los transectos (Fig. 1) a 3 niveles; 5 metros, 50, y 100 metros, para estimar cobertura (%) y altura (cm) de pastos, arbustos, suculentas, hierbas, suelo desnudo, *Salsola*, *Melinis repens* y otra cobertura (5m), cobertura (%) y altura (cm) de arbustos (50 m) y el tipo de hábitat principal (100m)(Bird Conservancy of the rockies, 2021).

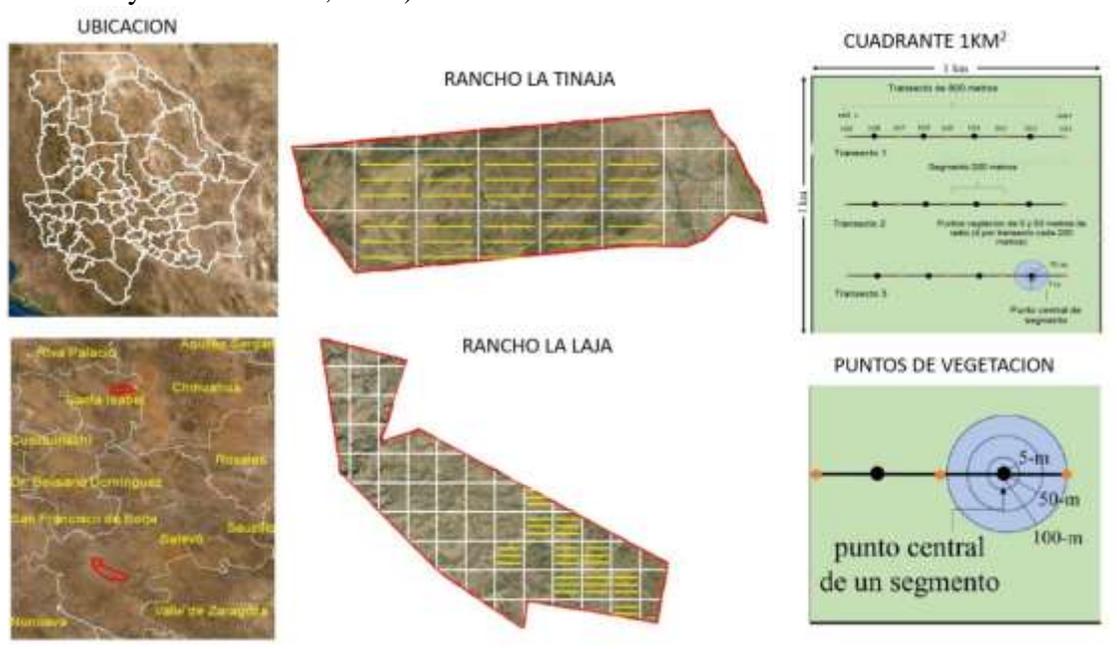


Figura 1. Localización del estudio y diseño de muestreo.

Análisis de diversidad

La diversidad fue calculada con números de Hill expresada en unidades llamadas número efectivo de especies (Hill, 1973; Jost, 2006). Se utilizó el paquete iNEXT (Hsieh *et al.*, 2016) en programa R (R Core Team, 2021) donde se obtuvieron los 3 órdenes del parámetro q de diversidad; q=0 (riqueza de especies), q=1 (exponencial de Shannon, considera las especies de acuerdo con su abundancia relativa), q=2 (inversa de Simpson, enfoque en especies dominantes). Se compararon las abundancias relativas en ambos sitios con una curva de rango-abundancia, que sirve para representar la uniformidad y la riqueza de especies.

RESULTADOS

En total, se detectaron 1287 individuos de 57 especies de aves; 849 individuos de 37 especies en Tinaja y 438 individuos de 42 especies en Laja.

Los índices de diversidad de Hill del orden q = 0, 1, 2, muestran que la diversidad de aves en Tinaja fue ${}^0D=37$, ${}^1D=10.58$, ${}^2D=6.47$, y en Laja fue ${}^0D=42$, ${}^1D=19.61$, ${}^2D=13.28$ (Fig. 2).

La curva de rango-abundancia (Fig. 3) mostró que en ambos sitios existe dominancia de la especie *Zenaida macroura* con 215 y 71 individuos en Tinaja y Laja, respectivamente, seguido de las especies *Spizella pallida*, *Spizella breweri*, *Poocetes gramineus*.

DISCUSION

Se encontró mayor diversidad de aves en el rancho Laja en comparación con el rancho Tinaja en los 3 órdenes de q para la diversidad efectiva. Esto implica una mayor riqueza de especies en Laja ($q=0$) y mayor equitatividad, mientras la comunidad de aves en el rancho Tinaja está dominada por un menor número de especies comunes mientras la mayoría son especies raras con pocos individuos. La diferencia en diversidad de aves entre las comunidades de los dos ranchos se debe probablemente a la mayor diversidad estructural en la vegetación en Laja (Anderson y Steidl, 2019), lo que está asociada con mayor diversidad de aves de acuerdo a la hipótesis de heterogeneidad de hábitat (MacArthur y MacArthur, 1961). El análisis de rango-abundancia mostró que las especies más comunes en los dos ranchos son aves generalistas, como *Zenaida macroura* y *Spizella passerina*, o asociadas con arbustivas, como *Spizella breweri*. Casi no se detectaron aves especialistas de pastizal, lo que indica falta de suficiente cobertura de pastizal abierto en buena condición (Macías-Duarte et al., 2017; Anderson y Steidl, 2019). Esto posiblemente indica un grado alto de perturbación, por ejemplo, en Tinaja fue notable la invasión de arbustos.

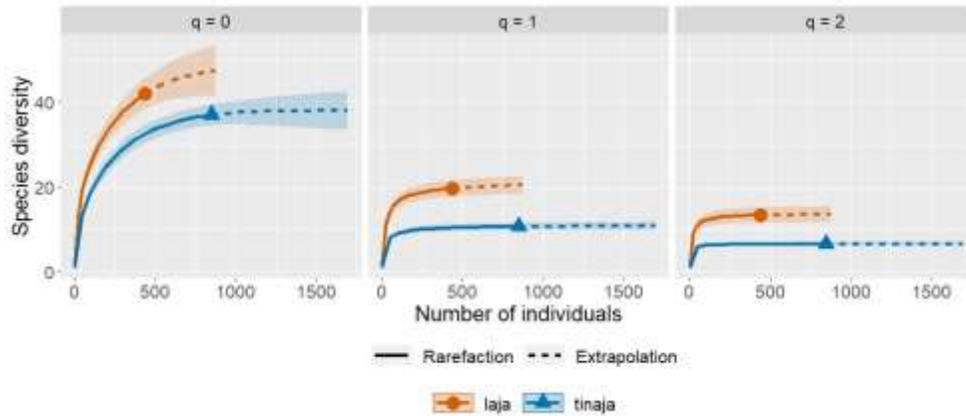


Figura 2. Diversidad de aves expresada en números efectivos de especies (números de Hill); $q=0$ representa riqueza, $q=1$ representa número efectivo de especies comunes (toma en cuenta la abundancia relativa de todas las especies) y $q=2$ y representa número efectivo de especies dominantes.

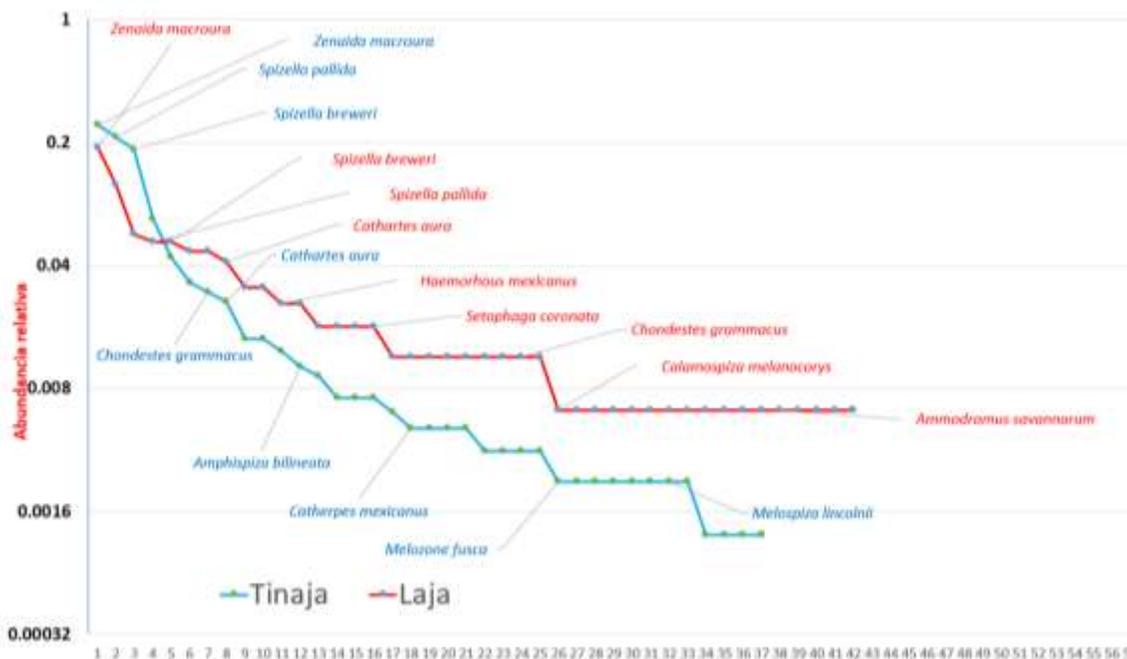


Figura 3. Curva de rango-abundancia de las especies de aves en Laja y Tinaja en Chihuahua. Las especies están ordenadas de acuerdo con su abundancia relativa.

LITERATURA CITADA

- Anderson, E. M. and R. J. Steidl. 2019. Woody plant encroachment restructures bird communities in semi-arid grasslands. *Biological Conservation* 240, 108-276.
- Bird Conservancy of the Rockies. 2021. Protocolo de monitoreo de aves invernales Actualizado noviembre de 2021.
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54, 427-432.
- Hsieh, T.C., Ma, K.H. and Chao, A. 2016. iNEXT: An R package for interpolation and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7, 1451-1456.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375.
- Macías-Duarte, A, A.O. Panjabi, E. H. Strasser, G. J. Levandoski, I. Ruvalcaba-Ortega, P. F. Doherty and C. I. Ortega-Rosas. 2017. Winter Survival of North American grassland birds is driven by weather and grassland condition in the Chihuahuan Desert. *Journal of Field Ornithology* 88, 374-386.
- MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On bird species diversity. *Ecology*, 42(3), 594-598.
- North American Bird Conservation Initiative. 2016. The State of the Birds, United States of America, 2016. StateoftheBirds.org
- Pérez-Ordoñez, D. J., M. Titulaer, M. D. Correll, E. H. Strasser, F. Baeza-Tarin, R. L. Martin, and L. A. Harveson. 2022. The role of temperature and microclimate in the survival of wintering grassland birds. *Avian Conservation and Ecology* 17(1):1.
- Rosenberg, K. v., Dokter, A. M., Blancher, P. J., Sauer, J. R., Smith, A. C., Smith, P. A., Stanton, J. C., Panjabi, A., Helft, L., Parr, M., and Marra, P. P. 2019. Decline of the North American avifauna. *Science*, 366(6461), 120–124. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>
- Strasser, E. H., Ecologist, A., and Collins, F. 2018. Winter monitoring of grassland birds in the Chihuahuan Desert 2018 Annual Report Primary contact : 80521(970).
- Team, R. C. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2012.
- Thompson, T. R., B. C. W, and L, D. 2009. Grassland bird associations with introduced and native grass conservation reserve program fields in the southern high plains. *Western North American Naturalist*, 69(4), 481–490.

- Titulaer, M., Melgoza-Castillo, A., Macias-Duarte, A., and Panjabi, A. O. (2018). Seed size, bill morphology, and handling time influence preferences for native vs. nonnative grass seeds in three declining sparrows. *Wilson Journal of Ornithology*, 130(2), 445–456.
- Trevizo-Hernández, E., Melgoza-Castillo, A., Morales-Nieto, C., Ortega-Gutiérrez, J. A., y Fernández, J. A. 2018. impacto ecológico del zacate rosado (*Melinis repens*(wild.) Zizka) con diferentes años de invasión en pastizales de Chihuahua, México. Universidad autónoma de chihuahua facultad de zootecnia y ecología.

ESTRÉS HÍDRICO EN PASTOS NATIVOS DE ZONAS ÁRIDAS

DROUGHT IN NATIVE TO ARID LANDS GRASSES

María J Carrillo-Llanos¹, Milton J Luna-Guerrero¹, Adrián R Quero-Carrillo¹, Cándido López-Castañeda¹, Leonor Miranda-Jiménez¹, Amalio Santacruz-Varela, Martha Hernández-Rodríguez¹.

¹Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo.

RESUMEN

Se evaluaron cuatro ecotipos de tres especies originados de diversas zonas del país: Banderita (Bc), Tempranero (Sm) y Gigante (Ld). Plantas individuales se establecieron en macetas PVC de 0.90 m de alto y 4", conteniendo suelo de textura franco-arenosa (CC y PMP de 50 y 43%), tamizado y seco. Los tratamientos incluyeron 1) riego, (T_R) y 2) sequía (T_S). Las plantas en T_S se sometieron a 88 días sin riego, fertilización de 80-40-00. Para T_R, semanalmente se midió y adicionó el consumo de agua; mientras que en T_S, únicamente se registró peso. Se midió en T_R y T_S ψ , π , p y contenido relativo de agua (CRA), por repetición, ecotipo y especie. Se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre tratamientos para ψ , π y p , en T_R y fecha de muestreo. Los datos se analizaron mediante diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 (dos condiciones de humedad x tres especies). Se observaron diferencias entre ecotipos ($P < 0.05$). Los genotipos de Bc presentaron mayor tolerancia a T_S a 71d de sequía, mejor ψ , π y p , respecto al resto. En T_S, P-73 mostró alto ψ y π ($p \leq 0.05$). Para cociente raíz: parte aérea y CRA no se observaron diferencias ($p > 0.05$), debido a las condiciones óptimas de humedad. En DH, se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para TR y TV entre ecotipos. No se observaron diferencias para RMST en los primeros estratos (20, 40cm) y, en dos estratos, siguientes se observaron ($p \leq 0.05$), donde Ld resultó mejor.

SUMMARY

Four ecotypes from each of three species native to several regions of Mexico: Banderita (Bc), Tempranero (Sm) and Gigante (Ld) were evaluated. Individual plants were established within PVC 0.9 x 0.1m (tall and diameter), filled with sandy-silty soil (apparent density, 0.89 ton m⁻³; CC and PMP of 50 and 43%) sifted and dried. Treatments included 1) irrigation (T_R) and 2) drought (T_S). Plants under T_S were subjected to 88 days without watering and received 80-00-00 as fertilisation once. Water status was measured and added to T_R on a weekly basis but T_S pots (weighted without water addition). Response variables for T_R and T_S included ψ , π , p as well as water relative content (CRA) by ecotype, repetition and species. Data was analysed through a completely randomised design with factorial arrangement 2X3 (two water levels and three plant species). Differences among ecotypes were detected ($P < 0.05$). Bc genotypes showed higher TS tolerance regarding ψ , π and p . P-73 showed higher ψ and π ($P < 0.05$). Ratio root: aerial part and CRA no differences were detected ($P > 0.05$), due to optimal humidity conditions. For T_S, differences do exist ($P < 0.05$) for reproductive and vegetative tillers among ecotypes. No differences were detected for total root dry matter on the first strata (20, 40 cm) and differences do exist for the next strata ($P < 0.05$) and Ld was best.

INTRODUCCIÓN

El estudio de regiones áridas y semiáridas es de gran importancia; lo anterior, debido a las condiciones ambientales adversas que limitan el crecimiento, producción y sobrevivencia de

plantas. La inducción, por mal manejo, al cambio climático, resulta en condiciones extremas, causando elevado déficit hídrico (DH; Fleeta-Soriano y Munné-Bosch, 2016). El DH es el factor ambiental más común afectando la productividad (Gupta *et al.* 2014) y sucede por anomalías en precipitación (Gilbert y Medina, 2016). El efecto del DH vegetal depende de factores (externos e internos) relacionados a 1) tipo de planta, 2) densidad de siembra, 3) condiciones climáticas (t° , humedad, viento, irradiancia) y 4) factores de suelo (contenido de agua, presión osmótica, propiedades físicas y composición; Duca 2015). Los efectos del DH se manifiestan cuando existe desbalance entre el agua perdida por transpiración y aquella asimilada desde el suelo, resultando en pérdida de turgencia en tejidos vegetales y marchitamiento (Scharwies y Dinneney, 2019). La respuesta del sistema radical ante DH, es elongación de éste ante potenciales hídrico bajos. Un sistema radical robusto es importante para tolerar DH, ya que mejora de manera efectiva, la adquisición de nutrientes inmóviles (Muler *et al.*, 2014; Liu, 2015). El DH restringe supervivencia, crecimiento y productividad vegetal. La identificación de mecanismos de adaptación vegetal a la sequía es esencial para mejorar resistencia (Zhang *et al.*, 2019). El estatus hídrico de plantas cultivadas generalmente se define en términos de contenido de agua (ψ) y/o sus componentes: potencial osmótico (π) y potencial de turgencia (P ; Turner, 1986). Estos parámetros fisiológicos guardan estrecha relación con la tasa de transpiración y procesos de flujo hídrico en el sistema vascular vegetal. Las gramíneas varían ampliamente en tolerancia a estrés por DH; en algunos casos, estas experimentan cambios de adaptación o escape a efectos negativos ocasionados por el DH. Algunos de los aspectos vegetales que se ven afectados incluyen: turgencia celular, eficiencia metabólica y procesos bioquímicos (Santos *et al.*, 2013). Los pastos de zonas áridas han evolucionado a condiciones de estrés por millones de años (James *et al.*, 2011) y la exacerbación del DH inducida por cambio climático requiere de la búsqueda de resistencia para conservación y/o nueva funcionalidad ecológica que afectará al pastizal (James *et al.*, 2019). Los objetivos del presente trabajo fueron definir la capacidad específica de resistencia a sequía y los mecanismos de adaptación en las relaciones hídricas vegetales ante los efectos de DH en tres especies nativas de zonas áridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en invernadero en Montecillo, Texcoco, Edo. de México. Se evaluaron cuatro ecotipos de cada especie, originados de diversas regiones del país: Banderita *Bouteloua curtipendula* (Bc), Tempranero *Setaria macrostachya* (Sm) y Gigante *Leptochloa dubia* (Ld). La siembra se realizó en almácigos, con carióspsides. Plantas individuales se establecieron en tubos de PVC de 0.90 m de alto y 4" de diámetro, conteniendo bolsa plástica cilíndrica llena con suelo de textura franco-arenosa (79, 12 y 9% para arena, limo y arcilla; densidad aparente, 0.89 ton m⁻³; CC y PMP de 50 y 43%) tamizado y secado al sol durante 15 días. Los tratamientos incluyeron 1) riego, (T_R) con humedad constante cercana a CC y 2) sequía (T_S). Las plantas en T_S se sometieron a 88 días sin riego (del 295 al 383 días después de siembra -dds). Se aplicó fertilización única de 80-40-00 (post-trasplante). Antes de T_S, se podaron ambos tratamientos a 5cm sobre la corona. Semanalmente se midió consumo de agua (método gravimétrico), utilizando balanza electrónica BVINS-40 modelo VINS-40, serie 6134-2194 (\pm 5g), agregando para T_R, la cantidad evapotranspirada por unidad experimental, para mantener el contenido de humedad edáfica cercana a CC; mientras que en T_S, se registró únicamente peso. En el periodo de T_S se realizaron mediciones en T_R y T_S para potencial hídrico foliar (ψ), osmótico (π), de turgencia (P) y contenido relativo de agua (CRA) a 15, 42, 71 y 91 días después de inicio de sequía (ddse); los cuales, fueron

para dos sobresalientes y dos más sensibles morfológicamente, tanto en T_R como T_S . Para medir ψ (MPa), se cortaron láminas foliares bien expandidas y bajo plena radiación solar (11:00 y 13:00 h) y se midió la presión, utilizando bomba Scholander. Se midió π en las láminas utilizadas para medir de ψ (MPa): las hojas se colocaron en microtubos plásticos de 5 ml, se cubrieron de papel aluminio y se introdujeron a nitrógeno líquido (-195 °C) por 5 minutos (para detener el metabolismo), se colocaron en gradillas y se maceraron a laboratorio. A partir de una alícuota de 100 μ l por muestra, se determinó π en osmómetro Typ 6M 10/25 μ l Löser (Alemania; en el Laboratorio de Resistencia a Sequía). El P (MPa) se calculó por diferencia entre potenciales ψ y π ($P = \psi - \pi$; Begg y Turner, 1976). El CRA se midió con láminas extendidas, se separó una hoja por repetición y muestra, se cortó en cuadros pequeños (0.5 cm), se colocaron en microtubos y, en laboratorio, utilizando báscula de precisión BEL Engineering Modelo M254A (250 g \pm 0.1mg), se tomó el peso inicial o fresco (PF; mg), se colocaron en atmósfera saturada (cajas petri con agua destilada) dejándola en contacto 18 horas a la luz, hasta absorción de agua y turgencia completa (PT); posteriormente, se escurrieron con papel absorbente, se registró PT y la muestra se secó en estufa por 24 horas, se registró peso seco (PS). Se calculó $CRA = ((PF-PS)/(PT-PS))*100$. La t° mínima y máxima se registraron en invernadero (Datalogger HOBO Modelo UX100-003), cada 30 min y a 1.8 m del piso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias entre tratamientos ($P < 0.05$; Cuadro 1), para ψ , π y p , en T_R , y cuatro fechas de muestreo (15, 42, 71 y 91) días después de inicio sequía (ddse), con valores para T_R entre -0.93 a -1.06; -2.12 a -2.21; 1.13 a 1.24 MPa y media de -1.0, -2.17, 1.16 MPa, respectivamente. Para T_S se observaron para ψ , π y p , valores de -1.29 a -3.26, -2.21 a -3.57, 0.31 a 0.98, media de -2.21, -2.81 y 0.60 MPa. Se observaron diferencias ($P < 0.05$; Cuadro 1) entre especies para T_R , en ψ , π y p y cuatro fechas; sin embargo, 71 ddse en p no se observó significancia ($P > 0.05$); mientras que, para T_S se observaron diferencias ($P < 0.05$) entre variedades en las mediciones para condiciones de déficit hídrico (DH) y después del riego de recuperación; los valores fueron menores, en comparación con T_R . A inicios de la sequía (15 ddse) los valores de ψ , π y p disminuyeron de -1.55, -2.21 y 0.66 a -3.26, -3.57 y 0.31 MPa para la última medición en T_S (71ddse; Cuadro 1). Entre especies (Cuadro 2), se presentaron diferencias ($P < 0.05$), en T_R , para las fechas de medición; similarmente, en T_S , se detectaron diferencias, la ψ disminuyó en la última medición (71 ddse) antes de recuperación, Bc -1.04 a -3.19, Sm de -0.99 a -3.24 y Ld de -0.93 a -3.35. Para π , los valores de las tres especies (Bc, Sm y Ld), pasaron de -2.17 a -3.16, de -2.11 a -3.51 y de -2.07 a -3.60, respectivamente. Se presentaron diferencias entre ecotipos ($P < 0.05$); en el primer muestreo 15 (ddse), en T_R , el genotipo P-191 de Sm fue el mejor en ψ y en T_S , para ψ , π , tres de los genotipos de Sm resultaron los mejores; mientras P-202, P-199, P-191, para el segundo (71ddse) y tercer (91ddse) muestreo T_S P-191 resultó bueno para ψ y π . Los ecotipos de Sm en T_R en la primera fecha de muestreo, 15ddse ψ , π y p fueron -1.06, -2.17 y 0.97 MPa, en promedio; mientras en T_S , el ψ , π y p disminuyeron ($P < 0.05$) a -1.06, -1.77 y 0.71 MPa. En T_R a 42 ddse, los valores de ψ , π y p -0.97, -2.17, 1.20 y en T_S disminuyeron para ψ , π -2.67, -3.11 y p 0.45 MPa. Para el DH a 71 ddse, los valores de T_R de ψ , π y p -2.11, 1.12, -1.01 MPa y en T_S disminuyeron a -3.24, -3.51, 0.27 MPa. Los genotipos de Bc presentaron mayor tolerancia a T_S a 71ddse, mejor ψ , π y p respecto al resto, en ψ y π : P-68 y 1627 y en p : P-72 y P-68. Al inicio de T_S , 15ddse el ψ , π y p fueron -1.14, -2.27 y 1.14 MPa, en promedio; mientras en T_S , ψ , π y p disminuyeron ($P < 0.05$) -1.67, -2.45 y 0.79 MPa. En T_R , 42 ddse, los valores de ψ , π y p -0.71, -2.01, 1.30 y en T_S disminuyeron para ψ , π -2.72, -3.26 y p 0.54 MPa. En el último muestreo de DH, 71 ddse, los

valores de T_R para ψ , π y ρ -1.04, -2.17, 1.14 MPa y en T_S disminuyeron a -3.19, -3.61, 0.42 MPa. En T_S P-73 mostró alto ψ y π ($p \leq 0.05$) a 42ddse; P-72 mostró valores de ψ , π y ρ de -3.70, -4.25 y 0.55 a 71 ddse. Para E-1627, se observaron valores a 15ddse, para ψ , π y ρ , de -1.83, -2.43, -0.60 MPa y al último muestreo de DH, 71 ddse, los valores disminuyeron ($p \leq 0.05$) a -3.07, -3.25, 0.18 MPa, E-1627 mostró ψ , π similar a P-73 a 71 ddse. P-72 mostró valores de ψ , π y ρ -1.58, -2.52, 0.94 MPa, en el primer muestreo y para 71ddse, -3.70, -4.25, 0.55 MPa. El genotipo de Ld, P-120, fue el mejor para π , a 71 ddse. En T_R (Cuadro 3) no se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) entre variedades para tallos reproductivos TR y vegetativos TV. Para rendimiento de MS total (RMST), Ld fue mejor. La MS de raíz PSR y raíz por estratos (20, 40, 6, 80, 100 cm) en PSR, Ld fue mejor, al igual que en PSR por estratos, donde solo hubo en los primeros estratos por condiciones apropiadas de humedad y no hubo necesidad de exploración de más estratos. Para cociente raíz: parte aérea y CRA no hubo diferencias ($p > 0.05$), debido a las condiciones óptimas de humedad. En DH (Cuadro 3), se observaron diferencias ($p \leq 0.05$) para TR y TV entre variedades. No se observaron diferencias para RMST en los primeros estratos (20, 40cm) y, para los dos estratos, siguientes se observaron diferencias ($p \leq 0.05$), donde Ld resultó mejor.

Cuadro 1. Potencial hídrico (Ψ), osmótico (π) y de turgencia (P) en riego y sequía en tres especies forrajeras en tres especies de gramíneas nativas de zonas áridas.

Ec.	15ddse			42ddse			71ddse			91ddse			Media		
	Ψ	π	ρ	Ψ	π	ρ	Ψ	π	ρ	Ψ	π	ρ	Ψ	π	ρ
T_R	-1.06 ^a	-2.21 ^{ns}	1.15 ^a	-0.93 ^a	-2.17 ^a	1.24 ^a	-0.99 ^a	-2.12 ^a	1.13 ^a	-1.04 ^a	-2.17 ^a	1.13 ^a	-1.00	-2.17	1.16
T_S	-1.55 ^b	-2.21 ^{ns}	0.66 ^b	-2.76 ^b	-3.21 ^b	0.45 ^b	-3.26 ^b	-3.57 ^b	0.31 ^b	-1.29 ^b	-2.28 ^b	0.98 ^b	-2.21	-2.82	0.60

Literales diferentes dentro de columna indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$). T_R , riego; T_S , sequía.

Cuadro 2. Potencial hídrico (Ψ), osmótico (π) y de turgencia (P) en riego y sequía en tres especies forrajeras

Ec.	15ddse			42 ddse			71 ddse			91 ddse			Media		
	Ψ	π	P	Ψ	π	P	Ψ	π	P	Ψ	π	P	Ψ	π	P
$T_R Bc$	-1.14 ^b	-2.27 ^b	1.14 ^b	-0.71 ^a	-2.01 ^a	1.30 ^a	-1.04 ^b	-2.17 ^b	1.14 ^{ns}	-0.95 ^a	-2.12 ^a	1.17 ^b	-0.96	-2.14	1.18
$T_R Sm$	-1.06 ^b	-2.17 ^a	1.12 ^b	-0.97 ^{ab}	-2.17 ^{ab}	1.20 ^b	-0.99 ^{ab}	-2.11 ^{ab}	1.12 ^{ns}	-1.01 ^a	-2.11 ^a	1.10 ^a	-1.01	-2.14	1.13
$T_R Ld$	-0.98 ^a	-2.18 ^a	1.20 ^a	-1.11 ^b	-2.32 ^b	1.21 ^b	-0.93 ^a	-2.07 ^a	1.14 ^{ns}	-1.17 ^b	-2.29 ^b	1.13 ^a	-1.05	-2.21	1.17
$T_S Bc$	-1.67 ^b	-2.45 ^b	0.79 ^a	-2.72 ^{ab}	-3.26 ^b	0.54 ^a	-3.19 ^a	-3.61 ^b	0.42 ^a	-1.15 ^a	-2.34 ^b	1.20 ^a	-2.18	-2.92	0.73
$T_S Sm$	-1.06 ^a	-1.77 ^a	0.71 ^a	-2.67 ^a	-3.11 ^a	0.45 ^{ab}	-3.24 ^b	-3.51 ^a	0.27 ^b	-1.08 ^a	-1.84 ^a	0.76 ^c	-2.01	-2.56	0.55
$T_S Ld$	-1.91 ^b	-2.39 ^b	0.48 ^b	-2.89 ^b	-3.24 ^b	0.36 ^b	-3.35 ^c	-3.60 ^b	0.25 ^b	-1.65 ^b	-2.65 ^c	0.99 ^b	-2.45	-2.97	0.52

Literales diferentes dentro de columna indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$). T_R , riego; T_S , sequía. Bc, Banderita; Sm, Tempranero; Ld, Gigante.

Cuadro 3. Tallos reproductivos (TR), tallos vegetativos (TV), rendimiento de materia seca total (RMST), peso seco de raíces (PSR), en estratos de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 y 80-100 cm, peso seco total de raíces (PSTR), cociente raíz/parte aérea (CRPA) y contenido relativo de agua (CRA) en cuatro fechas de muestreo (1,2,3 y 4), en tres especies forrajeras en riego y sequía en invernadero

	Peso seco de raíces (g)									CRA (%)				
	TR	TV	RMST	0-	20-	40-	60-	80-	PSR	CRPA	1	2	3	4
			(g)	20	40	60	80	100	(g)					
$T_R Bc$	26 ^a	37 ^a	21.1 ^b	13.2 ^b	11.5 ^a	2.8 ^b	.	.	22.6 ^b	0.44 ^a	86.6 ^a	87.7 ^a	89.2 ^a	83 ^a
$T_R Sm$	27 ^a	24 ^a	26 ^{ab}	14.6 ^b	4.0 ^b	3.9 ^b	.	.	19.1 ^b	0.53 ^a	84.5 ^a	84 ^a	89.3 ^a	86.5 ^a

TrLd	37 ^a	35 ^a	30.5 ^a	25.2 ^a	7.08 ^a	7.2 ^a	.	.	33.2 ^a	0.60 ^a	84.6 ^a	85.5 ^a	97.7 ^a	100 ^a
TsBc	21 ^{ab}	24 ^a	20.6 ^a	12.7 ^a	7.5 ^a	4.8 ^{ab}	3.2 ^{ab}	4.1 ^a	27.0 ^{ab}	1.09 ^a	90.3 ^a	73.7 ^a	76.1 ^a	80.1 ^b
TsSm	17 ^b	16 ^b	21.1 ^a	8.5 ^a	4.9 ^a	3.3 ^b	2.7 ^b	3.8 ^a	19.3 ^b	0.77 ^b	88.8 ^{ab}	74.9 ^a	74.1 ^a	88 ^a
TsLd	28 ^a	27 ^a	21.3 ^a	11.5 ^a	7.7 ^a	5.0 ^a	4.0 ^a	3.1 ^a	29.7 ^a	0.57 ^b	85.7 ^b	71.2 ^a	76.9 ^a	77.1 ^b

Literales diferentes dentro de columna indican diferencia estadística ($P \leq 0.01$). Tr, riego; Ts, sequía. Bc, Banderita; Sm, Tempranero; Ld, Gigante.

CONCLUSIÓN

La sequía incrementó el peso seco de raíces en los últimos dos estratos del suelo y también en cociente de raíz parte aérea. Banderita, en sequía incrementó el peso seco de raíces en los tres últimos estratos de suelo, cociente raíz: parte aérea, redujo el rendimiento de MS total y número de tallos reproductivos y vegetativos. También disminuyó el contenido relativo de agua en condiciones de estrés hídrico. Existen diferencias de especie en resistencia a sequía.

LITERATURA CITADA

- Barrios, GEJ, C López C, J Kohashi S. 2011. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo “Flor de Mayo”. *Agronomía Costarricense* 35(1): 131-145
- Duca, M. 2015. *Plant Physiology*. Springer International Publishing. Plant Phys. Vol. 126. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17909-4>.
- Fleta, SE and BS Munne. 2016. Stress memory and inevitable effects of drought: a physiological perspective. *Front Plant Sci*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00143>.
- Gilbert, ME and V Medina. 2016. Drought adaptation mechanisms should guide experimental design. *Trends in Plant Sci*. 21(8): 639-647.
- Gupta, N, SK Thind, and NS Bains. 2014. Glycine betaine application modifies biochemical attributes of osmotic adjustment in drought stressed wheat. *Plant Growth Regulation*. 72(3): 221-228.
- James, JJ, TJ Svejcar, and MJ Rinella. 2011. Demographic processes limiting seedling recruitment in arid grassland restoration. *J Applied Ecology*. 48: 961-969.
- James, JJ, RL Sheley, EA Leger, PB Adler, SP Hardegree, ES Gornish, MJ Rinella. 2019. Increased soil temperature and decreased precipitation during early life stages constrain grass seedling recruitment in desert restoration. *J App. Ecol*. 56: 2609-19.
- Liu, J, W Wang, L Wang, and Y Sun. 2015. Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato. *Plant Growth Regulation* 77(3): 317-326.
- Muller, O, CM Cohu, JJ Stewart, JA Protheroe, B Demmig-Adams, WW Adams. 2014. Association between photosynthesis and contrasting features of minor veins in leaves of summer annuals loading phloem via symplastic vs. apoplastic routes. *Plant Physiol*. 152: 174-183.
- Scharwies, JD and JR Dinneny. 2019. Water transport, perception, and response in plants. *J Plant Res*. 132(3): 311-324.
- Santos, P. 2013. Response mechanisms of *Brachiaria brizantha* cultivars to water deficit stress. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 42(11): 767-773.
- Turner NC. 1986. Crop water deficits: A decade of progress. *Adv. in Agron*. 39: 1-51.
- Zhang C., Shi, S, Liu., Z., Yang, F. and Yin, G. 2019. Drought tolerance in alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties is associated with enhanced antioxidative protection and declined lipid peroxidation. *J. Plant Physiol*. 232:226-240.

METODOLOGÍA APLICADA EN LA DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE DE TASA DE CAPTURA DE CARBONO EN AGOSTADEROS DE LAS APFF MADERAS DEL CARMEN Y OCAMPO, COAHUILA, MEXICO

Autores: Francisco Torralba González¹, Yanet Hernández Gaspar¹, Karla Liliana López García²
y Dulce Flores Rentería²

1. Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, CONANP

2. CINVESTAV

francisco.torralba@conanp.gob.mx

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los pastizales se encuentran entre los ecosistemas más extensos y cubren un área de alrededor de 3,500 millones de hectáreas (ha), representando el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial (FAO, 2008). Los suelos, tienen la capacidad de almacenar el carbono (C) de la atmósfera, para que esto suceda, el C que se encuentra como dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera, es secuestrado a través del proceso de fotosíntesis en las plantas. Después la planta se incorpora al suelo en su fase de descomposición y se conoce como materia orgánica del suelo (MOS), está es asimilada por los microorganismos del suelo para utilizarla como fuente de energía. La MOS, es desintegrada y transformada a compuestos inorgánicos y otra parte se integra al suelo como carbono orgánico del suelo (COS). El C total del suelo está formado por el COS) y carbono inorgánico del suelo (CIS), siendo el COS considerado como un indicador del estado del suelo por influir en su estructura, la retención y uso de agua, la retención de nutrientes, la actividad microbiana, y en la capacidad de secuestro y posterior almacenamiento de C (Lal *et al.*, 2018). Para las APFF Maderas del Carmen y APFF Ocampo, uno de los principales objetivos de conservación es preservar los hábitats naturales y los ecosistemas más frágiles, asegurar el equilibrio y la continuidad de sus procesos evolutivos ecológicos y aprovechar racional y sostenidamente sus recursos naturales. Una de las principales actividades productivas es la ganadería, la cual a través de los años y debido a que tradicionalmente se ha realizado con escasa planificación de los ecosistemas presentes dentro y fuera de las áreas naturales protegidas (ANP). Por lo anterior, se ha buscado diferentes estrategias para que los productores puedan modificar sus prácticas para que, de ser una amenaza pase a ser una herramienta de regeneración de los ecosistemas, lo cual trae múltiples beneficios, entre ellos la captura de carbono.

En lo relacionado a este tema, se han trabajado con propietarios de terrenos ejidales y privados a diferentes escalas, con buenas prácticas ganaderas como pastoreo planificado, genética adaptada y capacitación constante, las cuales tratan de cumplir con tres ejes para tener un desarrollo sustentable: medio ambiental, social y económico. Estos han tenido resultados a simple vista, uno de ellos es el incremento de cobertura vegetal lo cual desencadena una mayor captura de carbono. Por lo cual, el objetivo del estudio fue determinar la línea base de tasa de captura de carbono en estos predios y a medida que los ecosistemas se vayan regenerando con estas prácticas, se puedan medir en los años siguientes, la capacidad de los suelos bajo cierto manejo, la cantidad de carbono que capturan, y validar el protocolo de monitoreo sugerido para su aplicación a largo plazo; todo

esto, con el apoyo del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional Unidad Saltillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Maderas del Carmen y el APFF Ocampo, ubicadas al noroeste del estado de Coahuila, ambas áreas suman una superficie aproximada a las 552,664 hectáreas. Estas ANP son una porción representativa del desierto Chihuahuense, donde los tipos de vegetación predominantes son los matorrales desérticos micrófilo, rosetófilo y el pastizal (Ochoa et al, 2018). El estrato de vegetación dominante es el de las arbustivas, donde la gobernadora (*Larrea tridentata*), el hojaseñ (*Flourenzia cernua*) y el mezquite (*Prosopis glandulosa*), son algunas de las más representativas, mientras que en el estrato herbáceo las gramíneas más representativas son las del género *Bouteloua*, *Arisitida* y otras como *Setaria*, *Pappophorum* y *Digitaria* complementan la riqueza específica del lugar.



Imagen 1. Ubicación de las APFF Maderas del Carmen y Ocampo

Durante el verano temprano del 2022 (Julio) se evaluaron un total de cinco localidades y 45 sitios de muestreo, con diferentes historiales de uso (Cuadro 1), las mediciones se llevaron a cabo dentro de un rango de horario a lo largo del día entre las nueve de la mañana y las cinco de la tarde, en donde se llevaron a cabo las siguientes mediciones:

- Respiración del suelo: para determinar la respiración del suelo se midió el flujo de CO₂ con la cámara de respiración del equipo EGM-5 (PP Systems, USA) y con la cámara dinámica SRC-2 en cada punto durante 60 segundos. A la par se determinó la temperatura y humedad del suelo con un sensor Hydraprobe II (Stevens).
- Temperatura y humedad relativa del aire: se midió con una microestación WatchDog al momento del muestreo del sitio.
- Radiación fotosintéticamente activa: se midió con un sensor MQ-20 al momento del muestreo del sitio.

Además, se tomaron muestras de suelo en cada sitio, aproximadamente 500 g de los primeros 10 cm del suelo para su caracterización fisicoquímica y una submuestra que se congeló a -20 °C.

Para la evaluación del manejo sostenible de pastizales ganaderos con manejo regenerativo, se utilizaron los siguientes indicadores del protocolo de evaluación de la FAO “Protocol for the assessment of Sustainable Soil Management”:

- a) Productividad del suelo. Se tomó una muestra de la biomasa de los pastos presentes en peso seco en 3 subparcelas de 1 m². Se utilizó el horno de convección Thermo Scientific™ y el horno de aire forzado Thermo Scientific™ para secar la vegetación a una temperatura de 70° C hasta llegar a peso constante.
- b) Densidad aparente. Se analizó con el método de la probeta mediante el análisis del suelo a un volumen conocido.
- c) Contenido de carbono total en el suelo. Se utilizó el método de combustión seca Dumas, el cual consiste en calentar la muestra de suelo a altas temperaturas (>900 °C) para descomponer el C y transformarlo a óxidos (como CO₂). Para analizar la cantidad de óxidos de carbono de la muestra se utilizó un autoanalizador Elemental Thermo Scientific™ FlashSmart™ 2000 con configuración analítica CHNS/O.
- d) Contenido de materia orgánica. Se utilizó el método gravimétrico o pérdida por ignición. La muestra se pesó antes de colocarla en la mufla a 400 °C por 4 h, una vez finalizado el proceso de ignición se pesó la muestra y se comparó con el peso inicial
- e) Biomasa microbiana del suelo. Se utilizó el método de fumigación-extracción. En este método, una muestra de suelo es fumigada con cloroformo (CHCl₃) para lisar las células microbianas y el C es expulsado de la biomasa microbiana. El C se extrae con sulfato potásico (K₂SO₄) 0.5 M. La concentración de C extraído de la biomasa microbiana es cuantificada mediante un espectrofotómetro, donde se comparan muestras fumigadas y no fumigadas.

Para la evaluación de la actividad biológica se incluye la respiración del suelo en los indicadores de la FAO, se realizó en campo como se describe con anterioridad.

Indicadores complementarios. De manera adicional se midió en el laboratorio:

- Humedad del suelo, con el analizador de humedad MB120 OHAUS.
- pH del suelo, se midió en una suspensión suelo:agua 1:2 utilizando un medidor de pH digital (ORION STAR A211). Con la misma solución se midió la conductividad eléctrica con el equipo ORION Thermo Scientific.
- Nitrógeno del suelo, se utilizó un autoanalizador Elemental Thermo Scientific™ FlashSmart™ 2000 con configuración analítica CHNS/O.
- Contenido de nutrientes del suelo, con el espectrómetro de absorción atómica Thermo Scientific™ iCE™ 3300 AAS y espectrómetro ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy) PerkinElmer™ Optima 8300.
- Textura del suelo (contenido de arena, limo y arcilla) se determinó con un analizador de tamaño de partícula LA-950 HORIBA Scientific™.

LOCALIDAD	HISTORIAL DE USO	NO.
1	Pastoreo rotacional/8 meses descanso/mediana densidad	5
2	Pastoreo rotacional/3meses descanso/alta densidad	5
3	Quema prescrita 2021/sin pastoreo	5
4	Quema prescrita 2022/sin pastoreo	5
5	Testigo sin pastoreo	5
6	Incendio histórico 2011/sin pastoreo	5
7	Pastoreo continuo/baja densidad	5
8	Testigo sin pastoreo	5
9	Pastoreo continuo/alta densidad	5

Cuadro 1. Historial de uso localidades

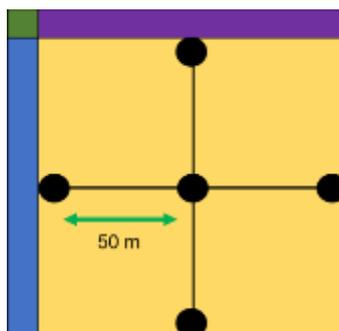


Imagen 2. Diseño de muestreo por parcela.

RESULTADOS

El historial de uso localidad 3 registró la mayor concentración de CO₂ (0.104 ppm) y en el 4 mayor respiración del suelo, mientras que la localidad 1 tuvo un menor concentración (0.016 ppm) y menor respiración del suelo, en los dos primeros casos se usó el fuego como medio de control de poblaciones de arbustos y teniendo un descanso de más de 20 años; en el segundo, se hizo pastoreo con mediana densidad y hasta la fecha de las mediciones llevaba 8 meses descanso, sin embargo por años se vio castigado por sobrepastoreo. En el mismo sentido los escenarios de uso de las localidades 3, 5 y 6 registraron notablemente mayor concentración y respiración que las localidades en áreas ejidales donde la presión de pastoreo y la baja frecuencia de descanso son el factor común

Localidad	CO ₂ (ppm)		H Suelo (%)	T Suelo (°C)	T Ambiente (°C)		H Ambiente (%)		PAR	
	X	DS			X	DS	X	DS	X	DS
	1	0.016	0.02	4.2	38.2	40.8	2.7	29.1	2.6	2147
2	0.036	0.04	N/E	N/E	37.7	0.6	30.7	2.9	1638	294.1
3	0.092	0.02	2.2	32.2	32.6	1.2	45.3	2.6	1055	40.1
4	0.104	0.02	1.0	32.7	33.3	0.3	43.6	2.4	1287	136.0
5	0.072	0.04	2.1	28.6	29.6	1.2	50.3	2.2	719	103.1
6	0.054	0.03	1.3	34.9	35.3	2.9	41.6	6.6	1509	556.7
7	0.032	0.04	0.8	38.7	40.5	1.4	34.9	5.5	1768	756.0
8	0.030	0.03	4.8	42.1	44.2	1.6	28.2	2.0	1766	784.4
9	0.036	0.04	4.3	37.8	41.1	3.1	26.8	2.9	1562	152.3

Cuadro 2. Datos obtenidos.

Localidad	Respiración del suelo promedio (g C m ⁻² h ⁻¹) ± error estándar
1	0.025 ± 0.004
2	0.05 ± 0.011
3	0.082 ± 0.014
4	0.121 ± 0.02
5	0.062 ± 0.015
6	0.07 ± 0.012
7	0.056 ± 0.002
8	0.052 ± 0.008
9	0.056 ± 0.016

Cuadro 3. Respiración de suelo en localidades



Imagen 3. Ubicación de localidades dentro de las APFF Maderas del Carmen y APFF Ocampo.

CONCLUSIONES

Si bien los datos que se presentan son aún preliminares y requieren de un análisis más profundo, sientan un precedente como línea base de lo que se pretende sea una evaluación de largo plazo diferente a las utilizadas tradicionalmente para evaluar la productividad del agostadero. La aplicación del indicador de captura de carbono orgánico (MOS) en predios ganaderos, permite conocer el impacto que tiene un sistema de pastoreo planificado, u otras prácticas de manejo del pastizal como herramienta de restauración y también como un mecanismo de mitigación a los efectos del cambio climático.

LITERATURA CITADA

FAO, 2008

FAO. 2017. Carbono Orgánico del Suelo: el potencial oculto. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura Roma, Italia

Ochoa Espinoza, J.J., C. Cantú Ayala, E. Estrada Castellón, F. González Saldivar, J. Uvalle Saucedo, E. Jurado, L. Chapa Vargas, E. Mélenmdez Jaramillo, y E. Ortíz Hernández. 2017. Livestock effect on floristic composition and vegetation structure of two desert scrublands in northwest Coahuila, México. *The Southwestern Naturalist* 62(2):138-145. DOI.10.1894/0038-4909-62.2.138

ANÁLISIS DEL CONSUMO DEL AGUA EN EL SECTOR AGRICOLA DE CHIHUAHUA.

ANALYSIS OF THE CONSUMPTION OF WATER IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF CHIHUAHUA

Gilberto Sandino Aquino de Los Rios¹, Leonor Cortés Palacios¹, Lauro Manuel Espino Enríquez¹, Gabriel Isaac López Porras¹.

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de un análisis primario alrededor del sector agrícola, su consumo de agua y el discurso de sequía meteorológica en el estado de Chihuahua. El estudio se desarrolla a partir de dos momentos principales: primero, la búsqueda y selección de datos oficiales. El segundo momento se refiere a un análisis comparado de los datos, en los que se observan los diversos productos agrícolas que se generan en el estado desde su consumo hídrico, contrastados con la precipitación anual. Concluimos en la necesidad de generación de un modelo multicriterio que permita la obtención de datos sobre el estatus que mantienen las fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas. A su vez, observamos desde una suerte de balanza comercial del agua un posible déficit económico entre la precipitación y la producción agrícola.

ABSTRACT

This work aims to develop a primary analysis of the agricultural sector, its water consumption, and the discourse about meteorological drought in Chihuahua. The study design is divided into two key stages: firstly, the search and selection of official data. The second stage refers to comparative data analysis. There, we analyze agricultural production in Chihuahua according to its water consumption and annual precipitation. We conclude that developing a multicriteria model, which enables data collection on the status of water sources, both surface and groundwater, is urgently needed. Ultimately, from a "water-market balance" approach, we identify a potential economic deficit between precipitation and agricultural production.

INTRODUCCIÓN

Los límites del desarrollo, en convergencia con la búsqueda de un crecimiento económico sostenido en los diversos modelos de producción que componen las regiones del país traen implícita la necesidad de cuestionar la sostenibilidad futura de los mismos. El caso del estado de Chihuahua, en su gran extensión de territorio, muestra diferentes discursos que promueven, en palabras del quehacer político diversas vocaciones productivas. Dichas vocaciones no están determinadas y/o fundamentadas en el manejo sustentable de los ecosistemas. Sin embargo, el modelo responde a una forma de valorización económica y acumulación (Salas & García, 2022). Si bien, por su amplitud, el estado de Chihuahua aloja diversos modelos productivos regionales, los que destacan por su identidad regional. Se resumen en: la ganadería extensiva, agricultura, la minería y, en la última década la intensificación del sector secundario. El tema del agua como sostén de la economía, tiene fuertes implicaciones, si hacemos una distinción de su uso que por

definición propone Arrojo Agudo, (2008); primeramente, es posible identificar el agua-ciudadanía; en la propuesta del autor, tiene conexiones con el desenvolvimiento de la vida urbana. Es decir, la disposición de agua para el uso de las y los ciudadanos. A su vez, es posible encontrar el agua-crecimiento o también agua-economía que sus funciones son de crecimiento económico, por tanto, usada para fines productivos en el proceso de creación, reproducción y acumulación de capital. Ésta última definición es la que debe ser analizada pues su disposición del recurso hídrico genera una mayor carga y pone en estrés las diversas fuentes de agua (superficiales y subterráneas). Bajo el argumento anterior, la sequía puede ser definida de acuerdo con su uso social y/o económico. Es decir, se puede observar primeramente la sequía meteorológica, que es una forma de representar la desviación estadística con respecto a la media histórica de precipitación anual.

Otra definición específica es la sequía agrícola que tiene que ver con la falta de humedad para el desarrollo de algún cultivo específico. La última definición, está relacionada con la anterior por la agricultura de riego y se refiere a la sequía hidrológica, que se puntualiza en el déficit de aguas superficiales y/o subterráneas; fuentes primarias de alimentación de los cultivos de riego en la actualidad (Valiente, 2001). En ese tenor, el discurso de sequía puede desvirtuar una situación de riesgo de cara al uso y disposición de agua en años próximos. Cuando se habla de sequía en el estado de Chihuahua, generalmente es un discurso erróneo que se refiere a la sequía meteorológica. El discurso no debería ser enfocado a la sequía meteorológica, sí en sequía hidrológica. Por ello, el presente documento analiza el uso del agua en el sector agrícola del estado de Chihuahua como una forma de puntualizar que en los últimos años no hemos sufrido de sequía meteorológica. Sin embargo, la disposición de agua-crecimiento mantendrá en estrés la categoría de sequía hidrológica y, en el corto plazo pondrá riesgo el uso del agua-ciudadanía. Por ello, es necesario el desarrollo de información oportuna, correctamente definida en categorías conceptuales que distingan el problema a abordar, para de esa forma poder implementar acciones que privilegien la toma certera de decisiones. Por tanto, mantener como objetivo un manejo sustentable del recurso hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolla en dos momentos metodológicos de importancia. El primero, hace referencia a un estudio de gabinete de doble naturaleza. Por un lado, la búsqueda y selección de categorías conceptuales de abordaje que definen el uso social y económico del recurso agua. Por otro lado, la obtención y selección de indicadores para el estado de Chihuahua para ser trabajados conforme a los argumentos categórico-conceptuales. El segundo momento metodológico se refiere a la definición de los supuestos de partida para la determinación de sequía meteorológica, uso de agua-crecimiento comparado a la posibilidad de sequía hidrológica y análisis estadístico. Los mismos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Estadística del agua

Precipitación normal anual 2002-2021	479 mm
--------------------------------------	--------

Escorrentamiento medio superficial, 2018	7,874 hm ³ /año
Número de acuíferos	61
Recarga media de acuíferos, 2018	3,885 hm ³ /año
Presas principales de almacenamiento	9
Capacidad al NAMO (hm ³)	3,937
Volumen almacenado al 3/12/2018	3,160 hm ³ /año
Uso agrícola (hm ³)	4,826
Abastecimiento público (hm ³)	492
Industria autoabastecida (hm ³)	56
E. eléctrica (hm ³)	28

Fuente: (Comisión Nacional Del Agua - Sistema Nacional de Información Del Agua, SINA, 2019)

De esta forma se desarrolla el análisis que desde lo estadístico permite la distinción categórica y, por tanto, busca otras formas de abordar la sequía, que contribuyan de manera efectiva a la toma de decisiones para el manejo integral y sustentable del recurso hídrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estado de Chihuahua tiene un clima semidesértico con una precipitación media anual de 479 mm. en estos 20 últimos años. Debido a su extensión territorial se presentan grandes variabilidades en las precipitaciones anuales dentro del estado (160-700 mm). Además, por su ubicación geográfica presenta un régimen de lluvias del tipo monzónico que se caracteriza por concentrar en 4 meses el 75% de la precipitación anual acumulada. Provocando que el riego de cultivos se realice en los meses restantes. Bajo estos primeros aportes y con uso de los datos de la Comisión Nacional del Agua se llevó a cabo un análisis de la precipitación anual con límites inferiores y superiores para determinar los años por debajo de la precipitación promedio, mostrados en la figura 1.

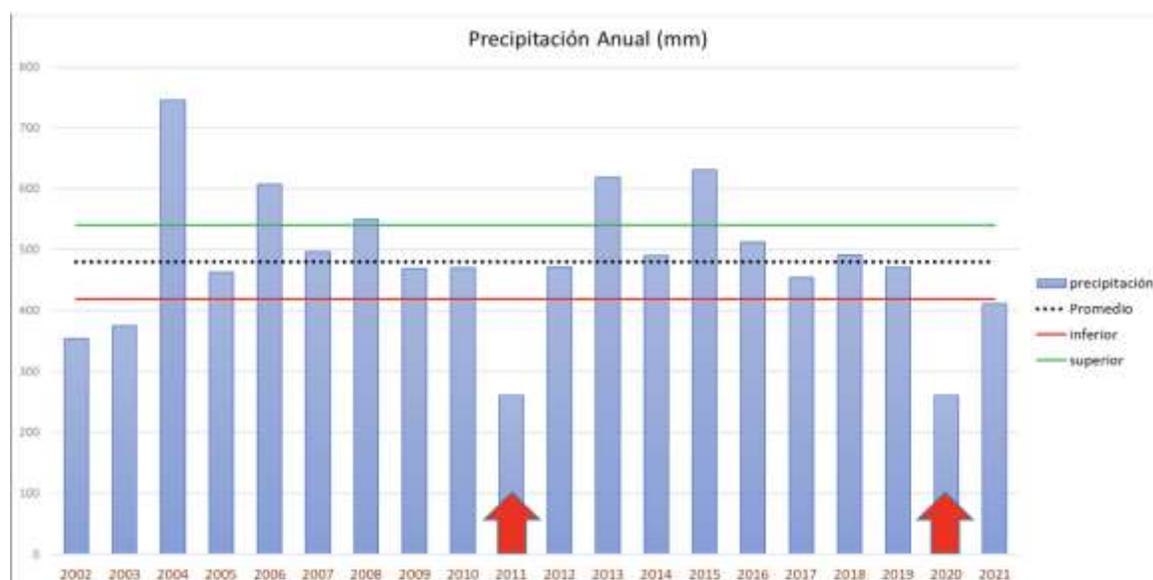


Figura 1. Precipitación en el estado de Chihuahua, Fuente: elaboración propia con base en el Sistema Meteorológico Nacional

Por tratarse de un territorio con una gran extensión territorial y diverso, tomamos como referencia para determinar sequía meteorológica aquella precipitación por debajo del límite inferior. En ese tenor, los únicos años con sequía notable en el estado durante el periodo 2002-2021 fueron 2011 y 2020. En el caso de 2002 y 2003 de igual forma se observó el fenómeno aunque con menor intensidad. El resto de los años, en el discurso, hablar de sequía meteorológica sería erróneo.

El estado de Chihuahua cuenta con un volumen de agua concesionado para uso agrícola del 89% (CONAGUA, 2019). Debido a su capacidad productiva el sector agrícola se encuentra posicionado en el cuarto lugar a nivel nacional. Sin embargo, ya que se tiene una precipitación escasa se presenta un riesgo alto de que esta productividad no sea sustentable, principalmente en la etapa de riego del cultivo. Lo que pone en la mesa el uso de agua subterránea y superficial, específicamente traer el concepto de sequía hidrológica causada por agua-crecimiento. Para ello, primeramente, se estimó la huella hídrica de la producción agrícola del estado de Chihuahua y se comparó con la precipitación promedio anual. La tabla 2 muestra la producción estatal en el año (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | SIAP 2021) y la huella hídrica promedio comparando litros necesarios para un kilogramo de producto.

Tabla 2. Producción estatal y consumo por unidades

Producto	Producción Estatal 2021 (ton)	Consumo promedio lts/kg
Alfalfa verde	7,780,182.40	600
Algodón	646,768.32	3000
Avena forrajera	2,483,474.64	413
Avena grano	55,680.05	420
Cebolla	296,271.38	170
Chile verde	578,521.77	180
Manzana	490,669.59	400
Nuez	77,826.35	6971

Trigo forrajero	390,389.10	181
Maiz forrajero	1,016,599.50	300
Maiz en grano	1,501,315.61	350

Fuente: elaboración propia con base en (Barnes et al, 2020; Call et al, 2006; Montemayor et al, 2010; Parra et al, 2009; Ríos et al, 2015)

La tabla anterior por si misma no muestra la disposición de uso de agua a partir de la precipitación anual. Sin embargo, si muestra una idea de las producciones específicas con un alto consumo hídrico. Tal es el caso de la alfalfa verde, el algodón y la nuez. Esta última como el producto principal de la producción de una porción importante del territorio Chihuahuense por su alta valorización en los mercados internacionales. Lo que determina un alto consumo de agua-crecimiento de exportación a partir de las condiciones preestablecidas del inventario hídrico en el estado.

Así, para corroborar de nueva cuenta el uso indiscriminado de la categoría de sequía meteorológica, la figura 2 muestra un comparativo de la producción anual de los cinco productos principales en su necesidad de recurso hídrico y la precipitación en cada uno de esos años.

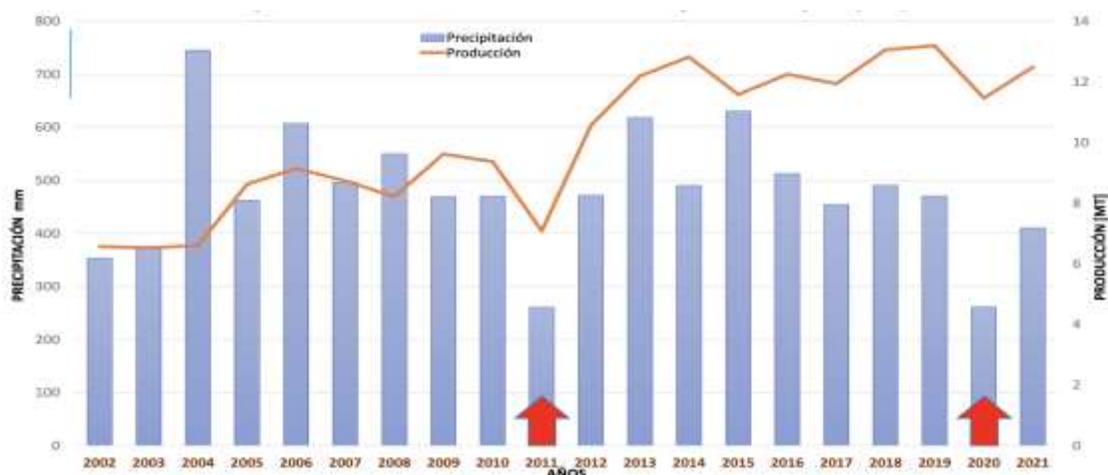


Figura 2. Precipitación vs producción de los cinco productos agrícolas principales, Fuente: Elaboración propia con base en (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | Gob.Mx, 2022)

Es posible observar que el agua-crecimiento está por encima de la precipitación anual, por lo que el uso de agua para éste fin viene también de alguna de las nueve presas de almacenamiento o bien de agua subterránea. Lo que pone sobre la mesa evidencia y necesidad del uso del término de sequía hidrológica.

CONCLUSIONES

Es importante para una correcta política y manejo sustentable del agua un uso correcto de las categorías teóricas que, a su vez impacten en nuevos estudios de carácter regional. El estado de Chihuahua tendrá que preocuparse por la sequía hidrológica en el corto plazo y su relación con el uso de agua-crecimiento. Es necesaria la generación de modelos multicriterio que permitan la obtención de datos más certeros que aún no existen sobre la explotación de las fuentes de agua

subterráneas y superficiales. El presente trabajo sólo estima la huella hídrica agrícola y por tanto observa un déficit si se hace referencia a la precipitación anual.

LITERATURA CITADA

- Agudo, P. A. (2008). LA NUEVA CULTURA DEL AGUA DEL SIGLO XXI. Sociedad Estatal Zaragoza, EXPO AGUA . https://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/cajaAzul/palabras/Arrojo_ES.pdf
- Barnes, E. M., Campbell, B. T., Vellidis, G., Porter, W., Payero, J., Leib, B., ... & Thorp, K. (2020). Forty years of increasing cotton's water productivity and why the trend will continue. *Applied Engineering in Agriculture*, 36(4), 457-478.
- Call, R., Gibson, R., & Kilby, M. (2006). Pecan production guidelines for small orchards and home yards. Comisión Nacional del Agua - Sistema Nacional de Información del Agua | SINA. (2022). Recuperado el 22 de octubre de 2022, a partir de <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Marcos Valiente, Ó. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. *Investigaciones Geográficas*, 26, 59-80.
- Montemayor Trejo, J. A., Aguirre Aguiluz, H. W., Olague Ramírez, J., Román López, A., Rivera González, M., Preciado Rangel, P., ... & Yescas Coronado, P. (2010). Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 1(2), 145-156.
- Parra Quezada, R. Á., Ortiz Franco, P., Amado Álvarez, J. P., & Chávez Sánchez, N. (2009). Productividad y crecimiento de manzano bajo déficit de riego controlado. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 337-343.
- Ríos, F., Torres, M., Castro, F., & Ruiz, T. (2015). Determination of blue water footprint in forages crops from irrigation district 017, Comarca Lagunera, Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 47(1), 93-107.
- Salas, J. A., & García, T. J. (2022). La crisis del agua en la región centro sur del estado de Chihuahua y la convención de la ONU de 1997 . *Chihuahua Hoy*.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx. (s/f). Recuperado el 22 de octubre de 2022, a partir de <https://www.gob.mx/siap>

COSTRAS BIOLÓGICAS DEL SUELO Y LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN TRES SITIOS DE PASTIZAL EN ZACATECAS

BIOLOGICAL SOIL CRUST AND SOIL CHARACTERISTICS FROM THREE GRASSLANDS SITES IN ZACATECAS

Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹, Luís Roberto Reveles Torres¹, Alfonso Serna Pérez¹, Lizbeth Palma Gaytan²

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas. ²URUZA, Universidad Autónoma de Chapingo.
echavarria.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las costras biológicas del suelo (CBS) están compuestas de hongos, cianobacterias, líquenes y briofitas. Las CBS viven asociados, formando comunidades que viven en la capa superficial del suelo. Se le atribuye la capacidad de modificar la fertilidad y la estabilidad del suelo. Para caracterizar los suelos donde se desarrollan las CBS, se realizó un muestreo en tres sitios contrastantes del estado de Zacatecas, considerando la posición fisiográfica, la condición del suelo y el grado de consolidación de la misma. Se muestrearon tres sitios contrastantes del estado de Zacatecas, en el municipio de Mazapil, otro en el municipio de Pinos y en el Municipio de Valparaíso. Se estratificó el paisaje considerando la ladera, el pie de monte y la terraza. Dentro de esas tres categorías, se dividió en tres más, como la isla de fertilidad, suelo desnudo y sobre roca. Un tercer nivel incluyó las características de las CBS y finalmente se colectó dentro y afuera de la CBS. Un total de 216 muestras fueron colectadas y los datos mediante un análisis anidado. Los suelos de los sitios variaron en pH en solución y en suelo, la CE, el calcio, sodio, potasio y fósforo, así como el contenido de arena y limo. Los valores contrastantes se encontraron en el sitio de Valparaíso. La posición fisiográfica mostró valores altos de magnesio en la ladera en Valparaíso y cloro en la ladera y Pie de monte de Mazapil. Los resultados muestran el grado de variabilidad de suelos en que progresan las CBS.

Palabras Clave: Estratificación, Fisiografía, anidado, CBS.

ABSTRACT

Biological soil crusts (SBCs) are composed of fungi, cyanobacteria, lichens, and bryophytes. The CBS live associated, forming communities that live in the superficial layer of the soil. It is credited with the ability to modify the fertility and stability of the soil. To characterize the soils where the SBCs are developed, a sampling was carried out in three contrasting sites in the state of Zacatecas, considering the physiographic position, the soil condition and the degree of consolidation of the same. Three contrasting sites were sampled in the state of Zacatecas, in the municipality of Mazapil, another in the municipality of Pinos and in the Municipality of Valparaíso. The landscape was stratified considering the hillside, the foothills and the terrace. Within those three categories, it was divided into three more such as fertility island, bare ground, and on rock. A third level included the characteristics of the CBS and was finally collected inside and outside the CBS. A total of 216 samples were collected and data using a nested analysis. Site soils varied in solution and soil pH, EC, calcium, sodium, potassium, and phosphorus, as well as sand and silt content. Contrasting values were found at the Valparaíso site. The physiographic position showed high values of magnesium on the slope in Valparaíso and chlorine on the slope and foothills of Mazapil. The results show the degree of soil variability in which SBCs may grow.

Keywords: Stratification, Physiography, Nested, SBC.

INTRODUCCION

El estado de Zacatecas cuenta con 5.5 millones de hectáreas dedicadas al pastoreo extensivo, de ellas, 2,3 millones se consideran con un alto nivel de degradación (Echavarría, et al., 2009). El continuo deterioro debido al mal manejo de los recursos naturales y los efectos climáticos, han repercutido sobre la condición del pastizal y el matorral. La producción de materia seca de los pastizales de Zacatecas, ha ido disminuyendo de manera gradual, como consecuencia de la continua degradación. La erosión hídrica y eólica, sumado al sobrepastoreo y la reducción de la cobertura vegetal, inducen una menor captación de humedad al incrementar el escurrimiento y una menor fertilidad, lo que conduce a mayor deterioro y reducción de la productividad. Las costras biológicas del suelo (CBS) están compuestas de hongos, cianobacterias, líquenes, briofitas y algas en proporciones variables. Por lo común, estos microorganismos viven asociados, formando comunidades que viven en la capa superficial del suelo. Las cianobacterias son un grupo de procariontes que se originaron hace 3.5 mil millones de años, pueden encontrarse en una gran variedad de hábitats, como las zonas áridas y sobrevivir independientemente y/o en asociación con otros organismos (Chouhan *et al.*, 2013). A las costras se les atribuyen cualidades capaces de modificar la fertilidad y la estabilidad del suelo (Manuell-Cacheux, 2004). En cuanto a su fertilidad, se afirma que las bacterias autótrofas son capaces de fijar nitrógeno y captar carbono en el suelo, contribuyendo a mantener la vegetación nativa de las zonas áridas. Con el objetivo de caracterizar los suelos donde se desarrollan las CBS, se realizó un muestreo de suelos en tres sitios contrastantes del estado de Zacatecas, considerando la posición fisiográfica, la condición del suelo y el grado de consolidación de la misma.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en tres sitios contrastantes, uno ubicado en la región norte, en el municipio de Mazapil ($101^{\circ} 30'24''$ N y $24^{\circ}38'57''$ W), otro en el municipio de Pinos ($101^{\circ} 19'36''$ N y $22^{\circ}44'49''$ W) y al Este, en el Municipio de Valparaíso ($103^{\circ}37'36''$ N y $22^{\circ} 48'23''$ W) del estado de Zacatecas, la región norte, específicamente bajo la condición de clima subtropical semiárido cálido (Medina, 1998) que a la vez es parte del altiplano Potosino-Zacatecano y la región Oeste, bajo la condición del subtropical semiárido templado. En los tres sitios se realizaron recorridos para ubicar las CBS de acuerdo con una estratificación del paisaje y características superficiales de las CBS: la fisiografía del paisaje incluyó la ladera, el pie de monte y la terraza. Dentro de esas tres categorías, se dividió en tres más, que correspondió al nivel de condición, la que incluyó CBS dentro de la isla de fertilidad, suelo desnudo y sobre roca. El tercer nivel consideró las características de las CBS y se seleccionó una costra consolidada y una costra incipiente o de cubierta superficial. Cada muestra se colectó dentro y afuera de la CBS. Esto representó 36 muestras por sitio 2 repeticiones, lo que hace un total de 216 muestras. Se registró información adicional, las características físicas de las CBS como son la resistencia de la costra a la penetración (penetrómetro), el grosor de la misma (vernier) y la densidad aparente del suelo. Además, se realizó el análisis químico de la fertilidad, presencia de sales, así como la textura del suelo (análisis físico). Las determinaciones de laboratorio se realizaron de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis, el cual se llevó a cabo en el laboratorio de suelo y agua del

campo experimental INIFAP Zacatecas. El análisis de datos se realizó mediante un diseño anidado (SAS, 2012). Con la aplicación de este análisis de componentes de varianza anidados fue posible encontrar las diferencias entre los diferentes niveles mencionados (sitios, fisiografía/sitios, condición/fisiografía/sitios y consolidación/condición/fisiografía/suelos). El análisis de medias se realizó con la prueba de tukey.

RESULTADOS

El Cuadro 1 resume los análisis de varianza realizados con los datos obtenidos del análisis de químico-físico del suelo muestreado en los tres sitios de estudio. En general, solo las variables de contenido de bicarbonatos (HCO_3), Materia orgánica (MO) y porcentaje de arcilla no presentaron diferencias significativas en ninguno de los niveles de anidamiento estudiadas. Esto es un indicador de que las costras progresan en sitios de valores semejantes de estas determinaciones.

Sitios

En lo que se refiere al nivel de comparación entre sitios, se observa que existen diferencias ($P < 0.05$) en el pH de la solución del suelo, en los niveles de Conductividad Eléctrica (CE), en el contenido de Calcio (Ca), en el contenido de Sodio (Na) y en el contenido de potasio (K). En lo referente a fertilidad del suelo, se observaron en el pH del suelo y el contenido de Fósforo (P_2O_5). Asimismo, en las variables asociadas a la textura del suelo, se encontraron diferencias en el contenido de Arena y Limo. Los valores medios del pH del suelo en la solución (Cuadro 2), se encontró que el sitio 1 (Pinos, Zac) y el sitio 3 (Mazapil, Zac) presentaron valores más altos (8.35 y 8.23, respectivamente) y estadísticamente iguales. El contraste es el valor del sitio 2 (Valparaiso), cuyo valor de pH de la solución del suelo es de 7.09, lo que lo hace diferente ($P < 0.05$).

Cuadro 1. Análisis de varianza realizados a determinaciones de muestras de suelo asociadas a CBS colectadas en los diferentes niveles de anidamiento, en de tres sitios en estado de Zacatecas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SITIO	POSICIÓN FISIOGRAFICA	UBICACIÓN	GRADO DE CONSOL.
PH EN SOLUCIÓN	**	NS	**	**
CE	*	NS	NS	**
Ca	**	NS	NS	NS
Mg	NS	**	NS	NS
Na	**	NS	NS	NS
K	**	NS	NS	**
CO3	NS	NS	NS	**
HCO3	NS	NS	NS	NS
Cl	NS	**	NS	NS
SO4	NS	NS	NS	**
PH EN SUELO	**	NS	**	NS
MO	NS	NS	NS	NS
N	NS	NS	NS	**
P2O5	**	NS	*	NS
ARENA	**	NS	NS	NS
ARCILLA	NS	NS	NS	NS
LIMO	**	NS	NS	NS
** P<0.01, *P<0.05, NS=No significativo				

En el mismo Cuadro 2 se presentan los valores medios de las determinaciones de CE realizadas en los tres sitios estudiados. Igual que en el caso anterior, los valores de CE siguen el mismo comportamiento, ya que el valor mas alto corresponde al sitio 1 con un valor de 0.497, seguido del valor de 0.341 del sitio 3, siendo el valor mas bajo de CE el del sitio 2 (0.325). Esto se asocia con el valor anterior y muestra una correspondencia en lo que se refiere a valores altos de pH y CE, lo que indica que los sitios 1 y 3 son los de una condición salina mayor y el sitio 2, con valores menores.

Cuadro 2. Valores medios de las determinaciones de suelo que fueron significativas (P<0.05) en muestras asociadas a CBS en tres sitios del estado de Zacatecas.

FUENTE DE VARIACIÓN	SITIOS		
	SITIO 1	SITIO 2	SITIO 3
PH EN SOLUCIÓN	8.35 A*	7.09 B	8.23 A
CE	0.497 A	0.325 B	0.341 A
Ca	4.72 A	1.97 B	4.38 A
Na	0.199 AB	0.2777 A	0.032 B
K	0.88 A	0.87 A	0.17 B
PH EN SUELO	8.55 A	6.54 B	8.39 A
P	8.07 A	2.61 B	2.14 B
ARENA	45.9 B	62.5 A	44.1 B
LIMO	39.3 A	19.5 B	34.5 A

* Letras diferentes en el mismo renglon significa diferencias significativas (P<0.05)

La siguiente determinación de suelo que mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) es el sodio (Na), en el que contrariamente al patrón indicado arriba, en este caso el valor mas alto corresponde al sitio 2 (0.27), seguido del sitio 1 (0.199) y con un valor bajo en el sitio 3 (0.03 me/lit). La siguiente determinación significativa en la comparación de los tres sitios es el potasio (K), cuyos valores mas altos nuevamente aparecen en los sitios 1 y 2 (0.88 y 0.87, respectivamente) y mas abajo el sitio 3 con un valor de 0.17 me/lit. En lo referente a pH medido directamente en el suelo, el valor mas alto corresponde al sitio 1 (8.55), seguido del sitio 3 (8.39) y el mas bajo es el valor del sitio 2 (6.54). Esto corresponde a lo observado en la determinación de pH en la solución del suelo. Un siguiente valor significativo ($P < 0.05$) es la determinación de Fósforo (P_2O_5), con valores altos en el sitio 1 (8.07 ppm), seguido del sitio 2 (2.61 ppm) y el sitio 3 (2.14 ppm). Finalmente, el valor de arena en el suelo mostró significancia ($P < 0.05$), con valores altos en el sitio 2 (62.5%), seguido del sitio 2 (45.9%) y el sitio 3 (44.1%). Por el contrario, son el sitio 1 y 3 los que muestran los valores mas altos de limo (39.3% y 34.5%, respectivamente) y los mas bajos el sitio 2 (19.5%).

Posición fisiográfica

En lo referente a las diferencias atribuidas a la posición fisiográfica donde se realizaron los muestreos en los tres sitios (Ladera, Pie de monte y Terraza), el Cuadro 3 muestra diferencias ($P < 0.05$) en el contenido de Magnesio (Mg) y en el Cloro (Cl). El magnesio presenta los valores altos ($P < 0.05$) en la ladera y pie de monte del sitio 2 (3.58 y 2.45 me/lit) y en la terraza del sitio 1 (2.48 me/lit). En lo que se refiere al cloro los valores mas altos se ubicaron en la ladera del sitio 3 (4.14 me/lit), el pie de monte del sitio 2 (4.1 me/lit), la ladera del sitio 2 (4 me/lit), seguido de la terraza del sitio 2 (3.79 me/lit) y la ladera del sitio 1 (3.77 me/lit).

Condición de desarrollo

En el tercer nivel de anidamiento, el que se refiere a la condición donde se localizó la CBS desarrollandose y que consideró la isla de fertilidad, suelo desnudo y la roca. En este nivel jerarquico, solo fueron significativas ($P < 0.05$), los valores de pH (en solución y en suelo) y los valores de fósforo (P_2O_5). El Cuadro 4 presenta los valores medios de las determinaciones evaluadas. En este nivel jerarquico se detectan valores diferentes ($P < 0.05$). Sobresale los valores mas altos en suelo desnudo de la terraza del sitio 1 (8.41), así como los valores mas bajos medidos en la roca de la terraza del sitio 2 (4.92) y en la roca de la ladera del sitio 2 (6.33).

Cuadro 3. Valores medios de las determinaciones de suelo que fueron significativas ($P < 0.05$) en muestras asociadas

MUESTREO		FUENTE DE VARIACIÓN	
		P<0.05	
SITIO	POSICIÓN	Mg	Cl
PINOS	LADERA	1.95 BC*	3.77 AB
VALPARAISO	LADERA	3.58 A	4 AB
MAZAPIL	LADERA	1.33 BC	4.14 A
PINOS	PIE DE MONTE	1.91 BC	3.33 ABC
VALPARAISO	PIE DE MONTE	2.45 ABC	4.1 A
MAZAPIL	PIE DE MONTE	0.88 C	2.47 C
PINOS	TERRAZA	2.48 AB	2.62 C
VALPARAISO	TERRAZA	1.46 BC	3.79 AB
MAZAPIL	TERRAZA	1.25 BC	3.0 BC

* Letras diferentes en la misma columna significa diferencias ($P < 0.05$)

a CBS en tres posiciones fisiográficas dentro de tres sitios del estado de Zacatecas.

Cuadro 4. Valores medios de las determinaciones de suelo que fueron significativas ($P < 0.05$) en muestras asociadas a CBS en tres condiciones de desarrollo (ubicación), anidado en posiciones fisiográficas dentro de tres sitios del estado de Zacatecas.

MUESTREO			FUENTE DE VARIACIÓN		
			P<0.05		
SITIO	POSICIÓN	UBICACIÓN	PH EN SOLUCIÓN	PH EN SUELO	FOSFORO
PINOS	LADERA	ISLA	8.27 ABC*	8.48 A	4.51 BC
PINOS	LADERA	SUELO DESNUDO	8.34 AB	8.53 A	8.03 ABC
PINOS	LADERA	ROCA	8.31 AB	8.46 A	7.79 ABC
PINOS	PIE DE MONTE	ISLA	8.37 AB	8.61 A	6.83 ABC
PINOS	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	8.29 AB	8.5 A	4.36 BC
PINOS	PIE DE MONTE	ROCA	8.34 AB	8.48 A	9.47 AB
PINOS	TERRAZA	ISLA	8.39 A	8.68 A	8.66 ABC
PINOS	TERRAZA	SUELO DESNUDO	8.41 A	8.67 A	8.34 ABC
PINOS	TERRAZA	ROCA	8.38 AB	8.56 A	14.69 A
VALPARAISO	LADERA	ISLA	7.22 DEF	6.38 CD	7.76 ABC
VALPARAISO	LADERA	SUELO DESNUDO	8.03 ABCDE	7.2 B	1.6 BC
VALPARAISO	LADERA	ROCA	6.33 F	5.97 ED	4.19 BC
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ISLA	7.44 ABCDE	6.83 BC	2.71 BC
VALPARAISO	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	7.38 BCDE	6.76 BC	1.05 C
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ROCA	8.18 ABCD	7.12 B	2.12 BC
VALPARAISO	TERRAZA	ISLA	7.07 EF	6.56 BCD	1.34 C
VALPARAISO	TERRAZA	SUELO DESNUDO	7.28 CDEF	6.65 BCD	1.37 C
VALPARAISO	TERRAZA	ROCA	4.92 G	5.36 E	1.34 C
MAZAPIL	LADERA	ISLA	8.21 ABCD	8.43 A	3.06 BC
MAZAPIL	LADERA	SUELO DESNUDO	8.14 ABCD	8.36 A	3.6 BC
MAZAPIL	LADERA	ROCA	8.2 ABCD	8.46 A	2.96 BC
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ISLA	8.28 ABC	8.52 A	2.93 BC
MAZAPIL	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	8.27 ABC	8.41 A	1.09 C
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ROCA	8.32 AB	8.36 A	1.62 BC
MAZAPIL	TERRAZA	ISLA	8.23 ABC	8.41 A	1.59 BC
MAZAPIL	TERRAZA	SUELO DESNUDO	8.25 ABC	8.42 A	1.11 C
MAZAPIL	TERRAZA	ROCA	8.17 ABCD	8.16 A	1.36 C

* Letras diferentes en la misma columna significa diferencias ($P < 0.05$)

Cuadro 5. Valores medios de las determinaciones de suelo que fueron significativas ($P < 0.05$) en muestras asociadas al grado de consolidación de las CBS en tres condiciones de desarrollo (ubicación), anidado en posiciones fisiográficas dentro de tres sitios del estado de Zacatecas

MUESTREO				FUENTE DE VARIACIÓN				
				P<0.05				
SITIO	POSICIÓN	UBICACIÓN	CONSOLIDACIÓN	PH EN SOLUCIÓN	CE	K	SO4	N
PINOS	LADERA	ISLA	SI	8.26	0.47125	0.83	0.8175	25.6575
PINOS	LADERA	ISLA	NO	8.285	0.36175	0.5825	0.615	19.245
PINOS	LADERA	SUELO DESNUDO	SI	8.2975	0.475	0.4075	0.8375	14
PINOS	LADERA	SUELO DESNUDO	NO	8.4	0.57	0.845	0.7375	15.165
PINOS	LADERA	ROCA	SI	8.2975	0.401	0.6475	0.68	12.83
PINOS	LADERA	ROCA	NO	8.34	1.03875	2.6075	1.6975	16.335
PINOS	PIE DE MONTE	ISLA	SI	8.355	0.35775	0.485	0.58	9.3275
PINOS	PIE DE MONTE	ISLA	NO	8.395	0.448	0.9425	0.825	16.33
PINOS	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	SI	8.3225	0.451	0.6075	0.735	20.4125
PINOS	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	NO	8.275	0.561	1.1575	0.9225	25.08
PINOS	PIE DE MONTE	ROCA	SI	8.245	0.62475	1.0025	1.0525	20.995
PINOS	PIE DE MONTE	ROCA	NO	8.4475	0.3825	0.5225	0.675	14.58
PINOS	TERRAZA	ISLA	SI	8.4275	0.41825	0.7775	0.685	9.3325
PINOS	TERRAZA	ISLA	NO	8.365	0.44825	0.96	0.775	10.4975
PINOS	TERRAZA	SUELO DESNUDO	SI	8.4	0.48625	0.7	0.8025	13.995
PINOS	TERRAZA	SUELO DESNUDO	NO	8.43	0.4875	0.89	0.85	15.16
PINOS	TERRAZA	ROCA	SI	8.41	0.4265	0.7725	0.67	13.4075
PINOS	TERRAZA	ROCA	NO	8.35	0.55125	1.1625	0.8975	15.7375
VALPARAISO	LADERA	ISLA	SI	7.6	0.21825	0.7275	0.4625	25.08
VALPARAISO	LADERA	ISLA	NO	6.845	0.39075	1.17	0.6325	16.9125
VALPARAISO	LADERA	SUELO DESNUDO	SI	7.975	0.393	1.1375	0.655	8.165
VALPARAISO	LADERA	SUELO DESNUDO	NO	8.09	0.6875	1.2275	1.1275	17.485
VALPARAISO	LADERA	ROCA	SI	5.68	0.60525	1.215	1.38	33.2425
VALPARAISO	LADERA	ROCA	NO	6.9875	0.23525	0.7075	0.4625	11.08
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ISLA	SI	7.4525	0.33475	1.0825	0.535	20.98
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ISLA	NO	7.4325	0.35075	0.575	0.5725	9.3275
VALPARAISO	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	SI	7.1225	0.169	0.55	0.3	15.745
VALPARAISO	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	NO	7.655	0.23725	0.5125	0.385	9.9125
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ROCA	SI	8.32	0.7295	1.0475	1.23	16.91
VALPARAISO	PIE DE MONTE	ROCA	NO	8.0575	0.2735	0.6	0.4525	12.245
VALPARAISO	TERRAZA	ISLA	SI	6.865	0.18225	0.8375	0.3275	13.9875
VALPARAISO	TERRAZA	ISLA	NO	7.2775	0.2785	1.015	0.4375	13.99
VALPARAISO	TERRAZA	SUELO DESNUDO	SI	7.5875	0.28275	1.3125	0.4875	18.0775
VALPARAISO	TERRAZA	SUELO DESNUDO	NO	6.99	0.145	0.44	0.6925	13.99
VALPARAISO	TERRAZA	ROCA	SI	4.9425	0.21825	1.1625	0.38	13.9925
VALPARAISO	TERRAZA	ROCA	NO	4.9075	0.12875	0.4125	0.29	10.4925
MAZAPIL	LADERA	ISLA	SI	8.1875	0.365	0.245	0.8675	15.7325
MAZAPIL	LADERA	ISLA	NO	8.2375	0.29625	0.095	0.725	15.7425
MAZAPIL	LADERA	SUELO DESNUDO	SI	8.135	0.399	0.1475	0.895	16.9
MAZAPIL	LADERA	SUELO DESNUDO	NO	8.15	0.3075	0.0725	0.8125	9.9025
MAZAPIL	LADERA	ROCA	SI	8.195	0.3765	0.4525	0.9275	14.5725
MAZAPIL	LADERA	ROCA	NO	8.22	0.3705	0.3375	0.9	8.155
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ISLA	SI	8.25	0.3	0.0975	0.6525	9.9075
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ISLA	NO	8.32	0.291	0.06	0.455	16.315
MAZAPIL	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	SI	8.2725	0.37825	0.1275	0.7025	19.23
MAZAPIL	PIE DE MONTE	SUELO DESNUDO	NO	8.27	0.333	0.14	0.53	18.065
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ROCA	SI	8.32	0.32775	0.0475	0.565	15.16
MAZAPIL	PIE DE MONTE	ROCA	NO	8.33	0.377	0.22	0.5825	18.6475
MAZAPIL	TERRAZA	ISLA	SI	8.24	0.392	0.4475	0.7125	20.41
MAZAPIL	TERRAZA	ISLA	NO	8.23	0.4605	0.29	0.8525	18.6475
MAZAPIL	TERRAZA	SUELO DESNUDO	SI	8.245	0.33125	0.135	0.575	18.065
MAZAPIL	TERRAZA	SUELO DESNUDO	NO	8.2575	0.2915	0.05	0.4925	18.0475
MAZAPIL	TERRAZA	ROCA	SI	8.145	0.30775	0.225	0.54	15.155
MAZAPIL	TERRAZA	ROCA	NO	8.195	0.241	0.035	0.43	17.4875

En lo referente al pH del suelo valores altos de 8.68 y 8.67 en IF y SD del sitio 1, ambos en terraza. También los valores bajos extremos de 5.36 y 5.97, ambos en roca, en ladera y terraza del sitio 2. En lo referente a valores fósforo muy altos en la roca de la terraza del sitio 1 (14.69 ppm), los que contrastan con el suelo desnudo del sitio 3 en pie de monte y terraza (1.09 y 1.11, respectivamente).

Grado de consolidación de CBS

Un cuarto nivel de anidamiento se refiere al nivel de consolidación de la CBS, el cual puede tener solo dos valores, consolidado e incipiente o no consolidado. Esto ayuda a distinguir el grado de desarrollo, así como el nivel de sucesión de la CBS. En el Cuadro 5 se presentan los valores medios y las determinaciones de suelo que fueron significativas. Sin embargo, para distinguir la influencia de grado de consolidación será necesario analizar por separado.

CONCLUSIONES

Los suelos de los sitios estudiados, donde se desarrollan las CBS, varían en pH en solución y en suelo, la CE, los contenidos de calcio, sodio, potasio y fósforo, así como el contenido de arena y limo. Los valores contrastantes se encontraron en el sitio de Valparaíso. La posición fisiográfica mostró valores altos de magnesio en la ladera en Valparaíso y cloro en la ladera y Pie de monte de Mazapil. En el nivel de ubicación de CBS, se presentaron valores altos de pH del suelo en todas las posiciones (Isla, Suelo desnudo y Roca) en los sitios de Pinos y Mazapil, así como valores altos de Fosforo en CBS sobre roca en Pinos. El grado de consolidación de las CBS mostró diferencias en pH en solución, en CE, potasio, sulfatos y nitrógeno.

LITERATURA CITADA

- Chouhan P.K., Patidar Y., Patidar D., Nigam S. 2013. Study of soil cyanobacteria to evaluate metabolite production during various incubations in their culture filtrate. Sch. Acad. J. Biosci., 2013; 1(5): 154-158 p.
- Echavarría C., F.G., G. Medina G., A. F. Rumayor R., A. Serna P., H. Salinas G., J.G. Bustamante W. (2009). Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP. CIRNOC. Libro Técnico N°10.
- Medina, G. G., Ruiz C., J.A., Martínez, P., R.A. 1998. Los climas de México. Una estratificación ambiental basada en el componente climático. INIFAP- CIRPAC. Libro Técnico Num 1.104 pp.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, 2003. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación 3 de abril de 2003.
- Rivera A., V., I. Manuell Cacheux, H. Godínez A. 2004. Las costras biológicas del suelo y las zonas áridas. *Ciencias* 75, julio-septiembre, 24-27. [En línea]
- SAS INSTITUTE. SAS system for Windows. Version 9.3 (TS1M2) Cary: SAS Institute. 2013.

COBERTURA DEL SUELO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN ÁREAS DE EXCLUSIÓN AL PASTOREO

Héctor Ramírez-Garduño*, Gabriel Sosa Pérez, David Efraín Herмосillo Rojas.
 Campo Experimental La Campana, CIRNOC. INIFAP
ramirez.hector@inifap.gob.mx

RESUMEN

El descanso de potreros usados comúnmente para el pastoreo de ganado es importante para el rebrote de especies forrajeras y protección del suelo. Sin embargo, rara vez se dejan descansar los potreros al uso excesivo del pastoreo. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de excluir áreas al pastoreo por cuatro años en la cobertura del suelo y producción de forraje. El estudio se llevó a cabo en un bosque de transición de pino-encino donde se excluyeron totalmente al azar dos parcelas al pastoreo y se dejaron dos parcelas libres al pastoreo. Se realizó un análisis de varianza para detectar diferencias entre medias con un valor de alfa de 0.05. La cobertura no fue diferente entre las áreas excluidas y las no excluidas. Sin embargo, las herbáceas fueron las que más tendieron a cubrir el suelo con un 14% seguida de rocas (6.8 %) y en menor porcentaje de zacates perennes (5.7 %). Por otro lado, en promedio, la producción de forraje fue mayor en las áreas excluidas al pastoreo (277 kg/ha) comparado a las áreas sin excluir (99.28 kg/ha). Aunque la cobertura del suelo se compuso mayormente de herbáceas, la producción de forraje casi se triplicó debido al descanso de los potreros y algunas especies forrajeras como las *Boutelouas* que tuvieron el descanso suficiente para rebrotar o emerger del banco de semillas presente en los potreros excluidos.

Palabras clave: bosque de pino-encino, zona de transición, zacates perennes

ABSTRACT

The rest of the paddocks commonly used for cattle grazing is important for the regrowth of forage species and soil protection. However, paddocks are rarely left to rest due to the overuse of grazing. The objective of the present study was to evaluate the effect of excluding grazing areas for four years on soil cover and forage production. The study was carried out in a transitional pine-oak forest where two plots were completely randomly excluded from grazing and two plots were left free for grazing. An analysis of variance was performed to detect differences between means with an alpha value of 0.05. Soil cover was not different between excluded and non-excluded areas. However, herbaceous plants were the ones that most tended to cover the ground with 14%, followed by rocks (6.8%) and a lower percentage of perennial grasses (5.7%). On the other hand, on average, forage production was higher in areas excluded from grazing (277 kg/ha) compared to areas without exclusion (99.28 kg/ha). Although the ground cover was composed mostly of herbaceous plants, forage production almost tripled due to the rest of the paddocks and some forage species such as the *Boutelouas* that had enough rest to regrow or emerge from the seed bank present in the excluded paddocks.

Keywords: Pine-oak forest, transition zone, perennial grasses

INTRODUCCIÓN

El descanso de potreros o áreas al pastoreo es importante para mejorar la condición del pastizal y las plántulas de zacates puedan crecer de nuevo. Sin embargo, el descanso de potreros rara vez se aplica debido a que los productores requieren producir kilogramos de carne o mantener en cierto estado corporal a su ganado. Por ende, las tierras de pastoreo llegan a tener una baja productividad de forraje para sustentar al ganado y la degradación de los suelos es aparente (Mulholland y Fullen, 1991). La cobertura del suelo disminuye debido al uso excesivo del forraje como alimento a la vez que las especies forrajeras son reemplazadas por especies anuales y/o exóticas (Holechek, 2004). El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de áreas excluidas al pastoreo en la cobertura del suelo y la producción de forraje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el ejido Seis de Enero municipio de Cuauhtémoc, Chihuahua. El área se ubica en un bosque de pino-encino (zona de transición entre zonas áridas y zonas templadas), donde se han realizado obras de conservación de suelo y agua (barreras de piedra acomodada en curvas a nivel). La media de precipitación anual es de 485 mm con una media anual de temperatura que oscila de los 12 a los 18°C. La vegetación se conforma de *Quercus sideroxyla*, *Quercus rugosa*, *Pinus cembroides*, *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Aristida spp*, *Rhus trilobata* entre otros. Se estableció una exclusión completamente al azar por sitio (dos sitios) de 300 m² en la zona de restauración de suelo y agua. La parcela testigo se encuentra al lado de la exclusión. Estas zonas de pastoreo son ejidales donde el ganado vacuno y yeguas son los más comunes. Las parcelas fueron excluidas en mayo del 2018. La cobertura vegetal se realizó mediante el uso del transecto por puntos de intersección (Elzinga et al., 1998). Tres transectos de 15 m por exclusión (dos exclusiones) y tres transectos por área sin excluir (dos áreas) por sitio (dos sitios). La lectura de cobertura se realizó cada metro hasta completar 15 lecturas por transecto. La cobertura (%) se clasificó en suelo desnudo, hierbas, mantillo, roca, hojarasca, pastos perennes y pastos anuales. La producción de forraje consistió solo de pastos mediante el uso de un cuadrante de un metro cuadrado. Tres cuadrantes por exclusión y sin exclusión se utilizaron para calcular la producción de forraje. Los cortes de forraje se hicieron al ras del suelo y se guardaron las muestras en bolsas de papel. Las muestras se dejaron secar por cinco días en un vivero donde las temperaturas fueron mayores a la ambiental (> 30°C). Una vez secadas las muestras, se pesaron y se calculó la producción de forraje en kg/ha. Se realizó un análisis de varianza con el fin de detectar diferencias entre medias. Los datos reportados son medias y desviaciones estándar (DE) con nivel de significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSION

La cobertura del suelo fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos (exclusión y testigo) y sitios. Acorde a nuestros resultados, Scalan et al. (2014) reportaron que en potreros con utilización de forraje >75% similar al usado en nuestro sitio de estudio, la salud del pastizal tiende a empeorar o se mantiene pobre sin importar el período de descanso. Por esta razón, a pesar de haber descansado nuestras áreas por cuatro años la incidencia de zacates perenes permaneció baja comparado a las herbáceas. Por otra parte, la cobertura fue diferente ($P < 0.001$) entre la clasificación asignada (Figura 1). Es decir, las herbáceas tendieron a cubrir el suelo en ambos parajes sin importar si la

parcela está excluida o no, seguido de rocas y zacates (perennes en parcelas excluidas y anuales en parcelas sin excluir). Por otra parte, los sitios 1 y 2, tuvieron más cobertura de herbáceas seguido de zacates, aunque el sitio 1 tuvo el porcentaje ligeramente más alto que el sitio 2 (Figura 2). Es posible que debido al bajo porcentaje de zacates perennes el cual es considerado como una condición pobre del pastizal, las herbáceas fuesen las que mayormente cubrieron el suelo (Herrick et al., 2005).

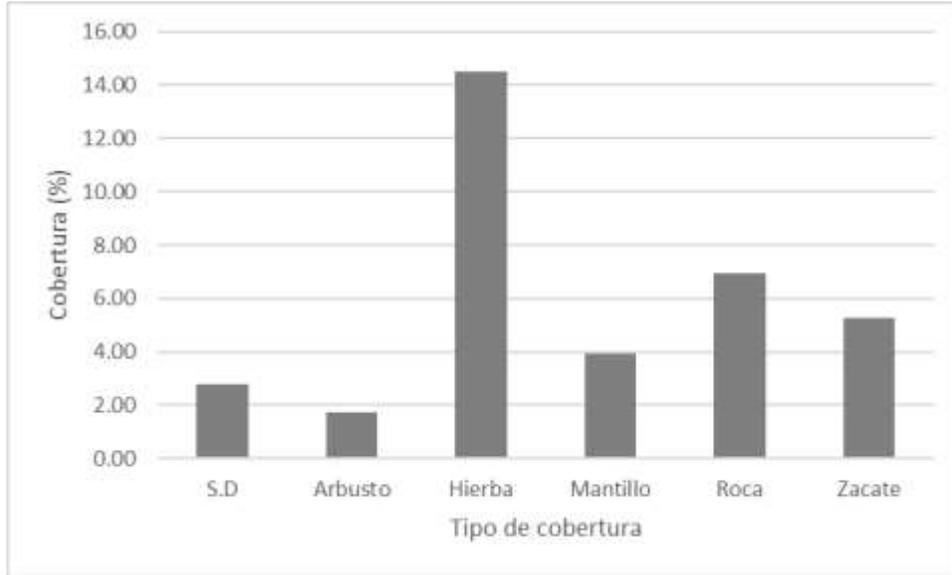


Figura 1. Promedio de cobertura del suelo. S.D. significa suelo desnudo.

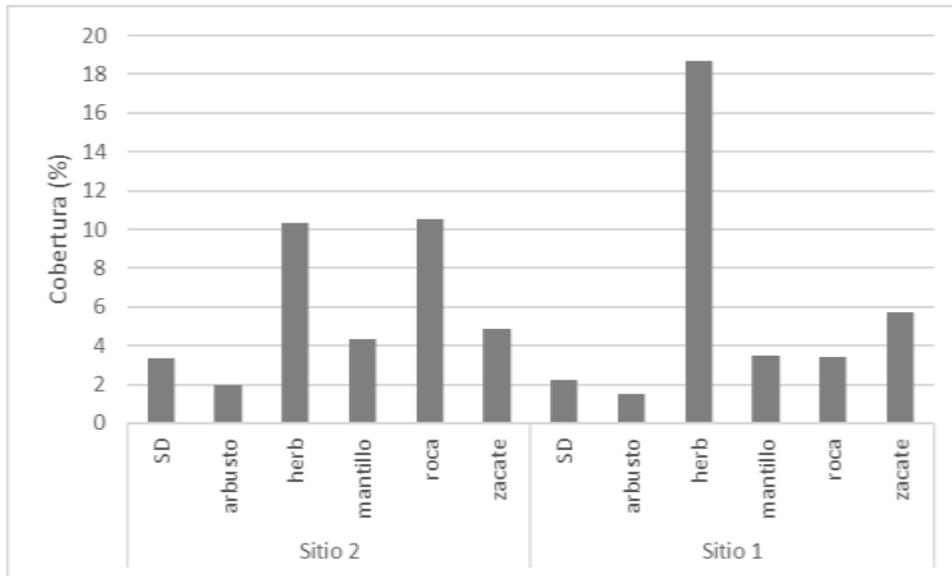


Figura 2. Cobertura del suelo entre sitios.

La producción de forraje fue diferente entre parcelas excluidas y no excluidas y la interacción de sitio por tratamientos. El promedio de forraje producido en las parcelas excluidas al pastoreo fue de 277 kg/ha (55 Kg/ha DE) y 99.28 kg/ha (30 Kg/ha DE) en la parcela no excluida (testigo). Claramente las parcelas excluidas tienen la capacidad de producir 2.8 veces más forraje compuesto

de zacates perenes (Cuadro 1) que las parcelas donde se pastoreó la mayor parte del año. Es posible que las áreas excluidas al pastoreo pudieran mantener el banco de semillas el cual se reflejó con la emergencia de especies forrajeras comparado a las áreas de continuo pastoreo. Similar a nuestros resultados, Kinloch y Friedel (2005) reportaron que en sitios expuestos al sobrepastoreo el banco de semillas tiende a disminuir debido al uso excesivo por parte del ganado y la condición del pastizal se ve afectada.

De igual forma, en los sitios 1 y 2 se obtuvo más producción de forraje en las parcelas de excluidas comparadas a las no excluidas. El sitio 2 con la parcela excluida produjo más forraje (350 kg/ha; 77 Kg/ha DE) seguido del sitio 2 con la parcela excluida (204 kg/ha; 40 Kg/ha DE) (Figura 3).

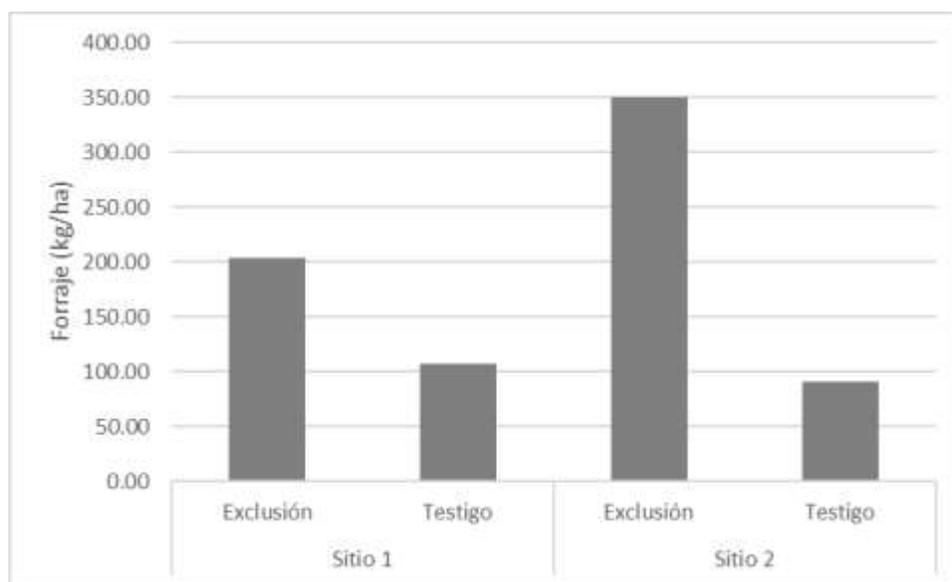


Figura 3. Producción de forraje en parcelas excluidas al pastoreo

Cuadro 1. Lista de especies forrajeras dentro de las exclusiones.

Nombre científico	Nombre común	Valor forrajero
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderilla	Bueno
<i>Bouteloua gracilis</i>	Navajita	Bueno
<i>Bothriochloa barbinodis</i>	Popotillo plateado	Regular
<i>Muhlenbergia rigida</i>	Zacate morado	Regular
<i>Muhlenbergia phleoides</i>	Zacate lobero	Bueno
<i>Leptochloa dubia</i>	Zacate gigante	Bueno

Nota: en las parcelas no excluidas fue imposible identificar los zacates debido al grado de utilización por parte del ganado.

CONCLUSIONES

El excluir las tierras ejidales al pastoreo por un período de cuatro años, no impacto en la cobertura del suelo. Sin embargo, una de las ventajas del excluir al pastoreo las tierras ejidales es el aumento

en forraje mayormente compuesto de zacates perennes de buen valor forrajero que sirve de alimento para el ganado y caballos comúnmente usados en los ejidos.

LITERATURA CITADA

- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., and Willoughby, J.W. 1998. Measuring and monitoring plants populations. Bureau of Land Management. 470 p.
- Herrick, J.E., Justin W. Van Zee, Sarah. E. McCord, Ericha M. Courtright, Jason W. Karl, and Laura M. Burkett. 2005. Monitoring manual for grassland and savanna ecosystems. Second edition. USDA-ARS Jornada Experimental Range. 200 p.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., and Herbel, C. H. 2004. Range management: principles and practices. Pearson Prentice Hall. Fifth edition. 605 p.
- Kinloch, J.E., and Friede, M.H. 2005. Soil seed reserves in arid grazing lands of central Australia. Part 2.: availability of safe sites. *Journal of Arid Environments*. 60:163-185.
- Mulholland, B., and Fullen, M.A. 1991. Cattle trampling and soil compaction on loamy sands. *Soil Use and Management*. 7:189-192.
- Scanlan, J.C., John, A.F., McIvor, G., Steven, B., Bray, G., Robyn C., Cowley, A., Leigh, D., Hunt, P., Lester, E., Pahl, I., Neil, A., MacLeod, D and Giselle L. Wish,. 2014. Resting pastures to improve land condition in northern Australia: guidelines based on the literature and simulation modelling. *The Rangeland Journal*, 2014, 36, 429–443.

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS BIOFÍSICOS DE PASTIZAL MEDIANTE IMÁGENES SENTINEL 2A EN DURANGO, DGO. MÉXICO.

GRASSLAND BIOPHYSICAL PARAMETERS ESTIMATION USING SENTINEL 2A IMAGES IN DURANGO, DGO. MEXICO

José Manuel Loera Sánchez ¹, Pablito Marcelo López Serrano ², Francisco Oscar Carrete Carreón ¹.

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ² Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.

RESUMEN

La estimación de parámetros biofísicos del pastizal es fundamental para implementar acciones de manejo en este tipo de ecosistemas. El uso de tecnologías satelitales emergentes son una herramienta con el potencial para el monitoreo de la vegetación. El objetivo del presente estudio fue estimar parámetros biofísicos de un pastizal con sensores remotos en Durango, Dgo., México. A partir de 16 puntos de muestreo en el agostadero, se estimaron en laboratorio los datos de altura (cm) y forraje disponible (kg) del pastizal. Se utilizó información espectral del sensor Sentinel 2A con una resolución espacial de 10 m/pixel, para estimar la altura y peso seco de un pastizal. Se realizó un análisis de regresión lineal múltiple, en donde la altura del pastizal y peso seco fueron las variables dependientes y las variables espectrales (B2, B3, B4, B8 y NDVI) como independientes. Los resultados muestran que el modelo para la altura del pastizal explica el 51% (RMSE=11.48 cm) de la varianza total, mientras que para peso seco explica el 41% (RMSE=0.09 kg).

ABSTRACT

The estimation of biophysical parameters of the grassland is essential to implement management actions in this type of ecosystem. The use of emerging satellite technologies is a tool with the potential for vegetation monitoring. The objective of this study was to estimate biophysical parameters of a grassland with remote sensing in Durango, Dgo., Mexico. From 16 sampling points in the pasture, data on height (cm) and available forage (kg) of the grassland were estimated in the laboratory. Spectral information from the Sentinel 2A sensor with a spatial resolution of 10 m/pixel was used to estimate the height and dry weight of a grassland. A multiple linear regression analysis was performed, where grassland height and dry weight were the dependent variables and the spectral variables (B2, B3, B4, B8 and NDVI) as independent. The results show that the model for grassland height explains 51% (RMSE=11.48 cm) of the total variance, while for dry weight it explains 41% (RMSE=0.09 kg).

INTRODUCCIÓN

Los pastizales forman parte del 40% de la superficie terrestre mundial, estos funcionan como almacenes de carbono, productores de forraje y de ganado (Teague et al., 2013 y Bork et al., 2021). La estimación de variables biofísicas de la vegetación es fundamental para conocer el papel que ésta juega en las funciones eco fisiológicas. La relación existente entre la respuesta espectral de la vegetación y su estado ha permitido que la teledetección se consolide como una herramienta útil a la hora de realizar estas estimaciones (Melendo-Vega et al., 2017). La estimación directa de estas

variables está asociada a la realización de campañas de muestreo en terreno que suponen un elevado coste humano y económico (Melendo-Vega et al., 2017). En la ganadería extensiva, la producción de forraje natural es el principal insumo para lograr el desarrollo de los bovinos. Un buen manejo del ganado logra potenciar y beneficiar la producción del pastizal (Barton et al., 2020). Por otro lado, herramientas como el uso de la geomática, nos permite analizar variables dentro de los pastizales de una manera más rápida. En este contexto, una alternativa viable es la teledetección puesto que proporciona datos a una resolución temporal suficiente para el estudio de características de las cubiertas vegetales. Los sensores remotos en satélites miden la radiación solar reflejada por la superficie terrestre en diferentes regiones del espectro electromagnético y la información en las reflectancias puede ser asociada a las características de la vegetación observada, permitiendo su uso en forma espacialmente y de bajo costo (Chávez et al., 2017). En los experimentos de pastoreo, la masa de forraje es una medida necesaria para calcular otros atributos de la pradera (López-Guerrero et al., 2011). En el presente estudio se estimó el peso seco y la altura del pastizal a partir de datos espectrales del sensor multiespectral a bordo del Sentinel-2A. El Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) y 4 bandas de la imagen satelital se han modelado mediante la técnica de regresión lineal múltiple con los datos de campo obtenidos a partir de los 16 puntos de muestreo realizados en el área de estudio. Los modelos generados han permitido derivar mapas de las variables analizadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el municipio de Canatlán del estado de Durango, México. Se trata de un ecosistema de pastizal con uso de suelo de ganadería extensiva bovina en rotación. El clima de la zona es templado con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 17°C y una precipitación media anual de 520 mm (INEGI, 2012). El muestreo se realizó en el agostadero “La Huerta” del Rancho “San Rafael”, con una superficie de 190 hectáreas. Se tomaron 16 muestras correspondientes a 16 puntos de muestreo aleatorio. Cada punto de muestreo corresponde a un metro cuadrado de información. En cada metro cuadrado se tomaron 5 alturas del pastizal, correspondientes a las esquinas y el centro del cuadro utilizado. Así mismo se cortó toda vegetación encontrada dentro del metro cuadrado con el fin de conocer su peso en húmedo en laboratorio para después proceder a secar el forraje (a 60°C durante 48 horas) y obtener el peso seco por cada metro cuadrado de vegetación removida. Este es el método tradicional utilizado para conocer el forraje disponible en predios dedicados a la ganadería. De este muestreo se obtuvieron dos variables dependientes: La altura y el peso seco. Una vez obtenidos los datos de cada punto de muestreo se procedió a obtener una imagen satelital Sentinel-2A. Esta imagen nos proporciona un total de 13 bandas, de aquí se obtuvieron las variables espectrales correspondientes a las bandas: B2, B3, B4, B8 con una resolución de 10 metros por píxel. Por otro lado, con las bandas correspondientes, se obtuvo el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI). Es el indicador más utilizado para ver el contenido de clorofila en la vegetación y refleja la salud de esta. Este índice se utiliza para monitorizar el crecimiento y la cobertura de vegetación (Rouse et al., 1974). Se calcula de la siguiente manera: $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$. Es decir, la relación de la diferencia entre la reflectancia de la banda del infrarrojo temprano (NIR-B8) y la banda roja (B4). Se identificó el píxel de la imagen correspondiente a cada punto de muestreo, una vez identificados, se correlacionó el píxel (con todos los datos de las variables espectrales) con los datos de las variables dependientes obtenidas en campo. Para analizar estadísticamente los datos se realizó una regresión lineal múltiple en el programa estadístico R, en donde cada variable

dependiente por separado se analizó con respecto a las variables espectrales. Con la regresión lineal se produjo un modelo para la variable de peso seco y otro para la variable de altura promedio. Con los resultados de los parámetros obtenidos en cada modelo se estimó la altura del pastizal y la cantidad de materia seca en todos los píxeles que conforman las imágenes. El modelo de regresión lineal simple responde a la ecuación siguiente: $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$. Donde “Y” es la altura y peso seco, “B0” es la altura de corte del eje de las coordenadas Y, “B1” es el incremento en Y según X, “X” corresponde a las variables espectrales y “E” es el error. Para evaluar la capacidad de ajuste del modelo se calculó el coeficiente de determinación (R^2) y la raíz del cuadro medio del error (RMSE). Estos análisis se realizaron el software de Rstudio (R Core Team, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un modelo de regresión lineal múltiple para la altura y el peso seco del pastizal. Este modelo fue producto del análisis estadístico buscando la correlación entre las variables espectrales y las variables dependientes (Cuadro 1). Con los parámetros obtenidos en este modelo se permitió predecir en cada píxel de la imagen satelital la variable dependiente deseada en el área de estudio.

Cuadro 1. Parámetros de regresión lineal múltiple

Variable dependiente	Variables independientes	Modelo	Error residual estándar	Valor P	R ²	RMSE
Altura	Intercepto	$Y = 1.630e^{+03} + 1.04e^{+03}x$	10.27	0.1456	0.51	11.48
Modelo: $Y = 1.630E^{+03} + 1.488e^{-01} (B2) + 7.472e^{-02} (B3) + 5.661e^{-01} (B4) + 2.431e^{-01} (B8) + 2.185e^{+03} (NDVI)$						
Peso seco	Intercepto	$Y = -2.2358645 + 2.1695862x$	0.079	0.1772	0.41	0.09
Modelo: $Y = -2.2358645 + 0.0010688 (B2) + 0.0005781 (B3) + 0.0006131 (B4) + 1.0904719 (NDVI)$						

Dónde: y=variable dependiente (Altura y Peso seco); x=variables independientes (B2, B4, B8 y NDVI). RMSE: raíz del cuadro medio del error.

Para la altura se obtuvo una R^2 de 0.51, lo que quiere decir que las variables explican el 51% de cambio en la altura del pastizal. Para el peso seco se obtuvo una R^2 de 0.41, lo que quiere decir que las variables explican el 41% de cambio en la altura del pastizal. Se han reportado R^2 de hasta 0.65 para correlaciones entre NDVI y peso seco (Melendo-Vega et al., 2017). En modelos obtenidos un coeficiente de determinación de no tan alto se considera aceptable dada la gran variabilidad que existe en el agostadero. Esta variabilidad se debe a las diferentes condiciones del agostadero, ya que los tipos de suelo, la composición botánica, el clima y el manejo del agostadero influyen para que ocurra esa gran variabilidad en producción del pastizal (García et al., 2009). Coeficientes de determinación evaluados en otros trabajos para variables biofísicas a partir de tres métodos indirectos fueron de arriba de 0.686. Los contrastes mostraron que la masa de forraje obtenida por el método directo de muestreo fue sobreestimada por los métodos indirectos (López-Guerrero et al., 2011). Se obtuvieron dos mapas de estimación para la variable de altura y el peso seco en el pastizal (Figura 1). Por un lado, la altura con valores que van desde los 0 cm hasta los 120 cm y por otro lado el peso seco, con valores que van desde los 1 kg hasta más de 5 kg (Figura 2).

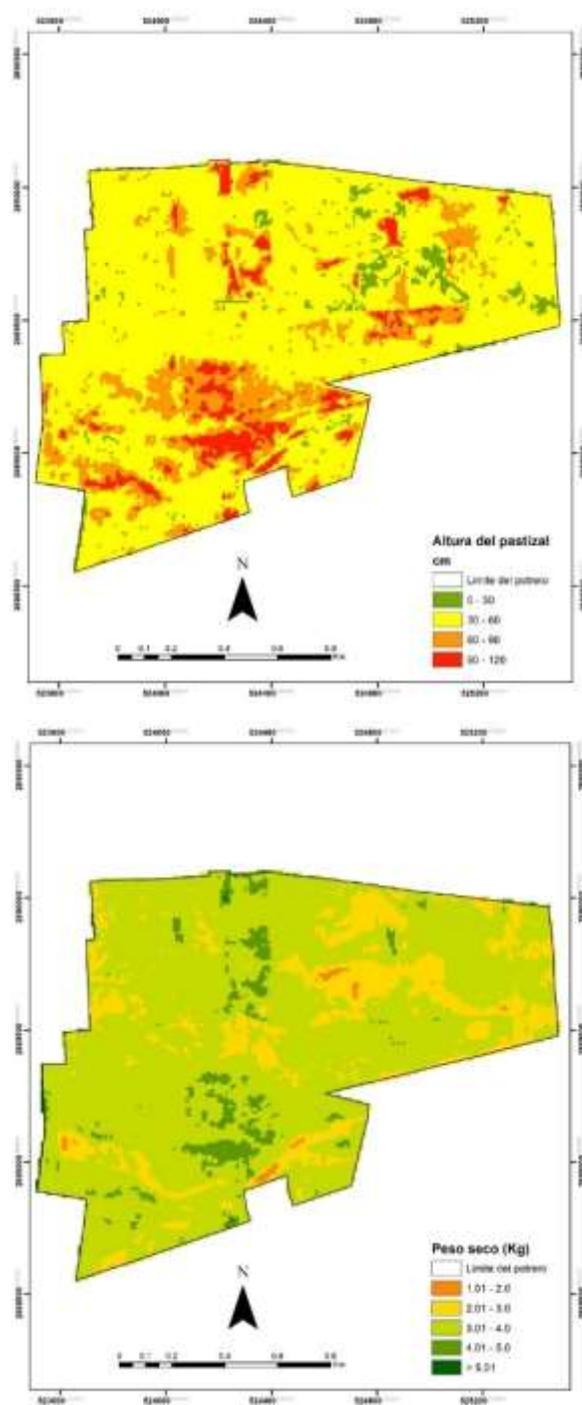


Figura 1 y 2. Mapa de la estimación de altura y peso seco en el agostadero “La Huerta” del Rancho San Rafael.

En ambos mapas existe zonas que coinciden en mostrar los datos de altura y peso seco más altos, estos se deben a que son zonas con mayor humedad. Para mejorar el modelo, se recomienda que se continúen haciendo muestreos de la producción de forraje en años contrastantes, incrementar los ambientes de muestreo y hacer más repeticiones en campo dentro de cada sitio del pastizal.

CONCLUSIONES

Con el uso de imágenes con resolución más alta, como lo es por medio de la utilización de vehículos aéreos no tripulados, es posible estimar con mayor seguridad variables como cobertura vegetal y altura. Considerando lo práctico y económico que conlleva este análisis su aplicación se puede replicar a lugares con mayor dificultad de acceso, ahorrando inversión de tiempo y dinero. Por otro lado, es necesario contar con datos en campo para poder tomar como base datos reales y entrenar la imagen satelital. Se recomienda ampliar la recolección de datos en campo para tener una estimación más certera.

REFERENCIAS

- Barton, E., Bennett, D., Burnidge, W. (2020). Holistic perspectives-Understanding rancher experiences with holistic resource management to bridge the gap between rancher and researcher perspectives. *Society of Range Management. Rangelands*. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2020.05.003>
- Bork, E., Döbert, T., Grenke, J., Carlyle, C., Cahill, J., & Boyce, M. (2021). Comparative Pasture Management on Canadian Cattle Ranches With and Without Adaptive Multipaddock Grazing. *Rangeland Ecology & Management*, 78, 5–14. doi:10.1016/j.rama.2021.04.010
- Chávez Castillo, E., Paz Pellat, F., & Bolaños González, M. (2017). Estimación de biomasa y cobertura aérea usando radiometría e imágenes digitales a nivel de campo en pastizales y matorrales. *Terra Latinoamericana*, 35(3), 247-257.
- García, G., Luna, R., Chairez, F., Ramírez, M., & Corral, J. (2009). Estimación de la producción de forraje con imágenes de satélite en los pastizales de Zacatecas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 47(2), 135-144.
- INEGI. (2012). Síntesis estadística municipal, Canatlán, Durango, 2012. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_est_ruc/sintesis_municipales_estadisticas/2012/dgo/C10001.xls
- López-Guerrero, I., Fontenot, J. P., & García-Peniche, T. B. (2011). Comparaciones entre cuatro métodos de estimación de biomasa en praderas de festuca alta. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 2(2), 209-220.
- Melendo-Vega, J., Martín, M., del Hoyo, L., Pacheco-Labrador, J., Echavarría, P., & Martínez-Vega, J. (2017). Estimación de variables biofísicas del pastizal en un ecosistema de dehesa a partir de espectro-radiometría de campo e imágenes hiperespectrales aeroportadas. *Revista de Teledetección*, (48), 13-28.
- R Core Team. 2020. R: A language and environment for statistical computing. RFoundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Rouse, J., Haas, R., Deering, D., Schell, J., & Harlan, J. (1974). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation (No. E75-10354).
- Teague, R., Provenza, F., Kreuter, U., Steffens, T., & Barnes, M. (2013). Multi-paddock grazing on rangelands: Why the perceptual dichotomy between research results and rancher experience? *Journal of Environmental Management*, 128, 699–717. doi:10.1016/j.jenvman.2013.05.064

DESCRIPCIÓN Y USO DEL HABITAT POR EL BISONTE AMERICANO (*Bison bison*) EN LA SIERRA MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA, MÉXICO

DESCRIPTION AND HABITAT USE BY AMERICAN BISON (*Bison bison*) IN THE SIERRA MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA, MEXICO

Nancy Yuliana González Amézquita¹, Carlos Enrique Aguirre Calderón¹, José Javier Ochoa Espinoza², Diana Nayeli Betancourt García¹, Jonás Delgadillo Villalobos³, Julio Alberto Carrera Treviño².

¹Instituto Tecnológico de El Salto, Durango; ²Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; ³Reserva Natural El Carmen, CEMEX.

RESUMEN

Los pastizales en Norte América evolucionaron junto a grandes herbívoros como el bison. Para recuperar el potencial natural de los pastizales, algunas instituciones han reunido esfuerzos para reintroducir el bison en áreas de pastizal y matorral del desierto Chihuahuense. Las recientes reintroducciones de bisontes han permitido estudiar los efectos de su pastoreo en estos ecosistemas. Los objetivos de este trabajo fueron: describir áreas utilizadas y no utilizadas por bison para determinar las preferencias en composición vegetal y, generar información para la toma de decisiones en el manejo y conservación de su hábitat en el Noroeste de Coahuila. Se establecieron dos tratamientos: con uso de bisontes (CUB) y sin uso de bisontes (SUB) en los que se evaluaron 46 sitios y se reconocieron seis sublocalidades dentro del ámbito hogareño. Los sitios CUB fueron más diversos y ricos siendo disimilares entre tratamientos en el estrato herbáceo (28.4%). Se construyó un Índice de Uso de hábitat por Bison (IUB) que permitió identificar preferencias en el uso del paisaje. El bison modeló la distribución de los zacates en los sitios CUB, donde tres especies (*Bouteloua gracilis*, *Pappophorum bicolor* y *Setaria leucopila*) concentraron el 74.1% de la distribución total; en contraste, esas tres especies solo significaron el 21.8% en los SUB. Este estudio sirve como línea base para conocer como una especie reintroducida coloniza nuevos nichos dentro de su distribución histórica a más de 100 años de su extirpación, pero sobre todo brinda a los manejadores elementos técnicos para la toma de decisiones.

Palabras clave: Bison, diversidad, uso del hábitat, pastizal.

ABSTRACT

North American grasslands jointly evolutioned with big herbivores like bison. Factors related with human pressure, had caused habitat fragmentation, and a modification on pasturelands use, turning on to artificial uses like cattle grazing. To recover the natural potential of rangelands, some institutions are working together to recover it. The objectives were: to describe areas with and without use of bisons, to determine preferences regarding plant composition, and to generate information to support habitat management and conservation for better decision makers in Northern, Coahuila. Two treatments were established: bison used (CUB), and without Bison use (SUB), a total number of 46 sites were evaluated, and six sub-localities were recognized inside the current home range of the herd. CUB sites showed more diversity and richness; similarity was

21.8% in herbaceous strata. A Bison Use Index (IUB) was built to identify preference for the landscape use. Grasses distribution was modeled for bison in CUB, were only three grass species (*B. gracilis*, *P. bicolor*, and *S. leucopila*) concentrated about 74.1% of total grass distribution, in contrast those same species only means 21.8% in SUB sites. The current study, also is the base line for understand the way an introduced species colonize new niches, inside it's historical distribution, after more than 100 years of its extirpation, furthermore it provides to the protected areas managers of technical tools for better decisions.

Keywords: Bison, diversity, habitat use, grassland.

INTRODUCCIÓN

El bison americano (*Bison bison*) es el mamífero más grande del continente; estuvo presente en las grandes planicies de Canadá, Estados Unidos de América y México (Shaw, 1995). El bison es un animal adaptado a los pastizales, que por miles de años estableció interacciones estrechas con plantas y otros animales y ejerció tal impacto que llegó a ser una especie clave en las planicies norteamericanas; la especie estuvo al borde de la extinción en el siglo XIX por cacería indiscriminada (Truett et al. 2001). Diversas referencias (List et al, 2008; Solís, 2013) han documentado la presencia del bison en el Norte de México, en estados como Chihuahua, Coahuila, Durango y Nuevo León; las presiones de uso ganadero y la fragmentación de hábitats son dos de las principales amenazas que afectaron la integridad de las poblaciones de bison. En México, la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) impulsó un programa de reintroducción de bison, iniciado en 2009 con una manada pura procedente del Parque Nacional Wind Cave, Dakota del Sur que fue reintroducida en la Reserva Ecológica “El Uno” en Janos, Chihuahua, constituyendo la primer manada de conservación en México (CONANP, 2017), en un segundo esfuerzo y aprovechando el potencial genético de la manada de “El Uno” se llevó un hato de 19 ejemplares al Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen (CONANP, 2020) la cual está en resguardo dentro de la Reserva Natural El Carmen (RNEC) los cuales son objeto de este estudio. Las modificaciones estructurales que este herbívoro promueve en sus áreas de uso y la aptitud de las tierras en soporte a un pastoreo lo más cercano a lo natural son la principal justificación de la reintroducción de esta especie en el Norte de México (List et al., 2008; Shaw, 1995; Solís, 2013; Truett et al., 2001). De acuerdo a lo anterior, los objetivos de este trabajo fueron: 1) caracterizar áreas utilizadas y no utilizadas por bison, para determinar las preferencias en cuanto a composición vegetal en el hábitat y 2) generar información que apoye la toma de decisiones en la programación de actividades encaminadas al manejo y conservación del hábitat del bison en el Noroeste de Coahuila.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo dentro de la RNEC, una propiedad privada que se encuentra en las partes bajas de la Sierra de Maderas del Carmen, Coahuila. El tipo de vegetación predominante es el matorral desértico, dominando el subtipo rosetófilo, el cual está representado principalmente por *Agave lechuguilla*, *Yucca spp*, *Hechthia texensis* y *Dasylyrion leiophillum*; y el subtipo micrófilo, donde las especies más representativas son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*, acompañadas en el estrato herbáceo por especies de zacates de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Heteropogon* y *Digitaria*, entre otros (Ochoa et al., 2017). Basado en la experiencia del personal de campo de la RNEC se delimitó el ámbito hogareño estimado

(Figura 1), con un gradiente de altitud entre 1128 y 1235 msnm. El área había estado excluida del pastoreo por ganado doméstico por los últimos 20 años. Con fines comparativos se establecieron dos (2) tratamientos: sitios con uso de bisonte (CUB, n=23) y sitios sin uso de bisonte (SUB, n=23); los sitios CUB a su vez se diferenciaron en seis sublocalidades las cuales son: Chalupa (Ch), Berrendos (Br), Ramírez (Rz), Toro (Tr) El Palmito (Pl) y Corral de Liberación (CL).

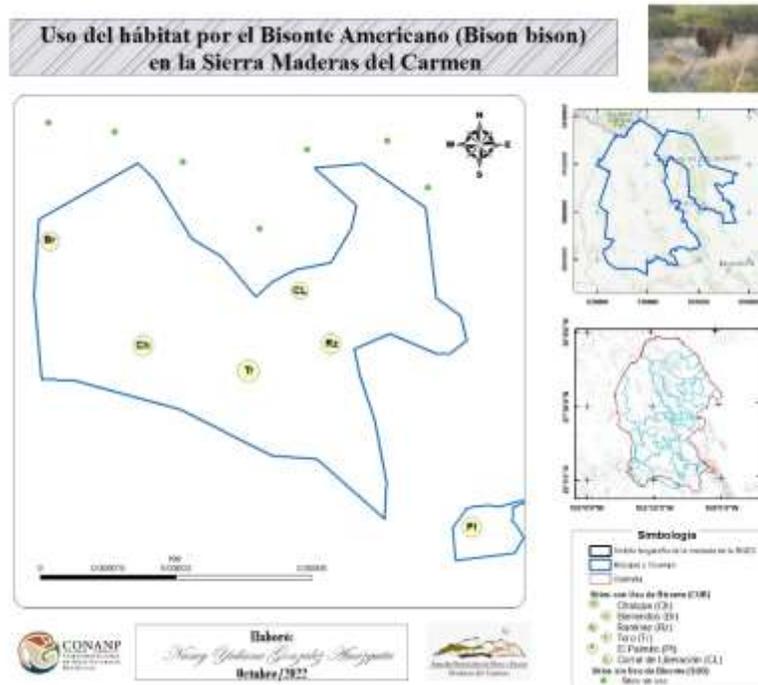


Figura 3. Mapa del área de estudio

Evaluación de la vegetación. Los sitios de muestreo para la vegetación arbustiva fueron parcelas circulares de 452.39 m². Para el estrato herbáceo se utilizó el método de cuadrantes (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974), colocando cada cuadrante de 1 m² en cada uno de los puntos cardinales (Figura 2; Cuadro 1).

Cuadro 1. Variables evaluadas

Estrato	Variables evaluadas
Arbustivo/Herbáceo	Diámetro de copa (Cob)*
	Densidad/spp (Abundancia)
	Frecuencia
	Riqueza

(*) No se obtuvo en el estrato herbáceo

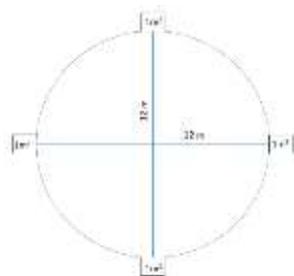


Figura 2. Diseño de muestreo

Para evaluar el nivel de preferencia, se construyó un índice de uso, en donde se tomaron en cuenta variables como excretas, ramoneo, revolcadero, huellas, veredas y presencia de individuos. Derivado de la lista de riqueza de especies se identificaron las de mayor valor forrajero.

Análisis estadístico. Se comparó la diversidad florística (índice de Shannon) y la riqueza observada y calculada (índice de Margalef) entre los sitios CUB y SUB, además se estimó el porcentaje de similitud entre sitios con el índice de Sorensen cuantitativo y cualitativo. Se diseñó un índice de uso del hábitat por el bisonte (IUB), con una sencilla función aditiva de las variables que denotan la presencia de este herbívoro, donde a mayor valor, se estima un mayor uso del sitio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables ecológicas. En cuanto a la diversidad los sitios CUB expresaron un más alto índice de biodiversidad, tanto en el estrato arbustivo como en el herbáceo. En cuanto a la riqueza se encontraron 51 especies en ambos tratamientos (S obs CUB= 41; S obs SUB=39) (Cuadro 2). Al calcular el índice de Sorensen (similitud) y diferenciando por estratos de vegetación (herbáceas vs arbustivas) el estrato herbáceo mostró mayores diferencias que el arbustivo (Figura 3).

Cuadro 2. Variables ecológicas para índices de diversidad y riqueza

Variables		Diversidad	Riqueza	
Tratamiento	Estrato	(H')	S obs	Margalef
CUB	Arbustivo	1.94	22	2.73
	Herbáceo	2.39	19	2.8
SUB	Arbustivo	1.86	24	2.75
	Herbáceo	1.7	15	2.35

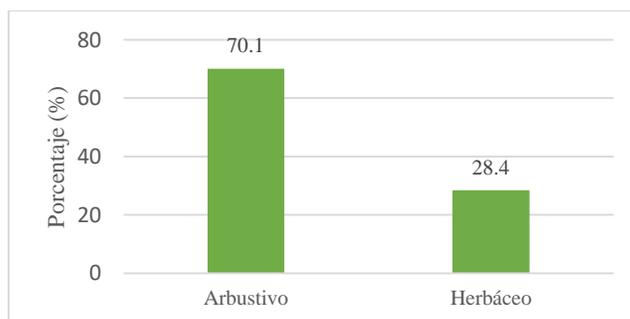


Figura 4. Grado de similitud entre composición de estratos

Índice de Uso por Bisonte (IUB). Los valores del IUB se estimaron para cada uno de los 23 sitios CUB, y fluctuaron entre 4 y 18, siendo el sitio Ch el que mostró los valores más altos (IUB Ch= 15/14/12). En el Cuadro 3 se observa que existe una tendencia de preferencia por el bisonte en el uso de los espacios (sublocalidades). La prueba de T Student indica que hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en el 60% de los escenarios comparativos para las sublocalidades Ch y Br; para Rz ningún escenario tuvo diferencias significativas, por lo que se puede inferir que, por su ubicación es un corredor de paso; para el resto de las sublocalidades (Tr, Pl y CL) solo el 40% de los escenarios comparativos mostró significancia (Cuadro 4). Al respecto de los efectos del uso del hábitat por el bisonte, Nolasco et al. (2022) encontraron que el comportamiento de “revolcadero” que hacen los bisontes no tiene un gran impacto en la vegetación, sin embargo, el efecto general de apacentamiento sí modifica la estructura del sitio (List et al, 2007; Solís, 2013).

Cuadro 3. Medidas de tendencia central para el IUB en seis sublocalidades en el área de estudio

Variables	Ch	Br	Rz	Tr	Pl	CL
\bar{X}	12.50	12.25	11.50	8	6.67	5.25
D. S	2.65	2.50	4.80	2.16	2.31	4.11

Cuadro 4. Diferencias estadísticas de acuerdo a T Student

Localidades	CL	Pl	Tr	Rz	Br	Ch
Ch	0.03	0.03	0.04	0.73	0.90	X
Br	0.03	0.03	0.04	0.79	X	
Rz	0.10	0.15	0.25	X		
Tr	0.29	0.48	X			
Pl	0.59	X				
CL	X					

Modelación de especies forrajeras. Para la temporada en estudio se tuvo una riqueza observada (S obs) de 13 especies de zacates (CUB=11 especies; SUB=9 especies), siete especies fueron compartidas entre los dos tratamientos, significando el 53%. Las especies que solo ocurrieron en CUB fueron *Aristida shediana*, *Digitaria sanguinalis*, *Eragrostis spp* y *Sporobolus cryptandrus*, mientras que en los sitios SUB se registró a *Bouteloua curtipendula* y *Digitaria californica* como exclusivos para este tratamiento. Tomando en cuenta la frecuencia relativa (FR) de las principales especies compartidas para ambos tratamientos, *Bouteloua gracilis* registró 17.5% en CUB vs 1.6% en SUB; *Pappophorum bicolor* mostró una tendencia similar (CUB FR=21.05%; SUB FR=1.3); *Setaria leucopila* también tuvo valores destacados de FR (CUB FR=22.6%; SUB FR=18.8). Estos resultados sugieren que el bisonte sí modela la distribución de los pastos en los sitios CUB. Truett et al. (2001) documentaron que el efecto del pastoreo del bisonte en praderas de pastos altos indujo el crecimiento de pastos medianos como *B. curtipendula* y *Agropyron smithii*, al igual que la tendencia encontrada en este estudio.

CONCLUSIONES

El efecto de apacentamiento de la segunda manada de bisontes en México ha promovido importantes cambios en la composición vegetal y estructura en su actual ámbito hogareño en la RNEC. Después de un largo periodo de descanso al pastoreo, el área que actualmente ocupa el bisonte está siendo modelada por estos herbívoros, destacando el uso de especies de buen valor

forrajero como *B. gracilis* y *P. bicolor* en hábitats de pastizal-matorral. El presente estudio también sirve como base para conocer la forma en que una especie reintroducida coloniza nuevos nichos dentro de su distribución histórica a más de 100 años de su extirpación, pero sobre todo, brinda a los manejadores de las áreas protegidas elementos técnicos para la toma de decisiones.

LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2017. Nacimientos de Bisonte Americano en Janos. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/prensa/nacimientos-de-bisonte-americano-en-janos>
- CONANP. 2020. Celebramos el regreso del bisonte americano a las planicies de Coahuila. Recuperado de: <https://www.gob.mx/conanp/es/articulos/celebramos-el-regreso-del-bisonte-americano-a-las-planicies-de-coahuila?idiom=es>
- List, R. y Solís V. 2008. Diagnóstico sobre el estado actual de la población de Bisonte americano (*Bison bison*) en la frontera entre México y Estados Unidos y recomendaciones para su conservación y manejo. Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Muller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. Inc. New York. USA. 547 p.
- Ochoa, J. J., Cantú, C., Estrada, E., González, F., Uvalle, J., Jurado, E., Chapa, L., Meléndez, E., and Ortiz, E. 2017. Livestock effect on floristic composition and vegetation structure of two desert scrublands in northwest Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 62(2):138-145.
- Shaw, J. H. 1995. How many bison originally populated western rangelands? *Rangelands* 17:148-150.
- Solís, V. 2013. Uso de hábitat de la manada de bisontes (*Bison bison*) de Janos-Hidalgo e identificación de sitios potenciales para la reintroducción de la especie en el noroeste de su redistribución histórica en México. Instituto de Ecología- Biología ambiental. (Tesis maestría). México.
- Truett, J. C., Phillips, M., Kunkel, K., and Miller, R. 2001. Managing Bison to Restore Biodiversity. *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences* 11:123-44.

GEORREFERENCIACIÓN DE HOJASEN (*Flourensia cernua*) EN EL ALTIPLANO POTOSINO-ZACATECANO, MÉXICO.

GEOREFERENCING OF HOJAEN (*Flourensia cernua*) IN THE HIGHLANDS OF ZACATECAS-SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

Gustavo Campos Ramírez¹, Alberto Muro Reyes¹, Luis Octavio Negrete Sánchez², Luis Humberto Diaz García¹, Daniel Rodríguez Tenorio¹, Gregorio Álvarez Fuentes².

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia - Universidad Autónoma de Zacatecas; ²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

RESUMEN

En el semidesierto mexicano se albergan numerosas especies forestales no maderables destacando el hojaseñ, entre otras, las cuales han sido utilizadas desde la antigüedad en la medicina tradicional y algunas de ellas cuentan con diversas aplicaciones dentro de la industria. El objetivo del presente trabajo fue georreferenciar las plantas de hojaseñ (*Flourensia cernua*) en cuatro zonas del altiplano potosino-zacatecano, para lo cual se visitaron los ranchos San José en Villa de Cos, Zacatecas, El Porvenir en Santo Domingo, Laguna Seca en Charcas y el ejido el Castañón y anexos, Catorce, San Luis Potosí los cuales se ubican en el altiplano potosino-zacatecano, obteniendo como resultados que se encuentra principalmente en el matorral desértico micrófilo, y que si bien para el ganado bovino se puede considerar como una especie forrajera indeseable, no ocurre así en el caso de los caprinos que tienen una preferencia importante por el consumo de esta planta.

INTRODUCCIÓN

F.cernua es un arbusto perenne común que se encuentra distribuido en el desierto Chihuahuense y se extiende desde el centro-norte de México hasta el suroeste de Estados Unidos (Valencia-Diaz *et al.*, 2005). Dentro de la medicina tradicional, ha sido empleada en infusiones para tratar el reumatismo, enfermedades venéreas, herpes, bronquitis, varicela y resfriado común (Ventura *et al.*, 2009). Cuenta con diversas aplicaciones, biológicas y ecológicas debido a la presencia de compuestos polifenólicos (lactonas, benzofuranos y benzopiranos) (De Rodríguez *et al.*, 2012). Ríos en 2015 describe que las especies de ésta son plantas dominantes que fácilmente se adaptan a regiones semidesérticas y desérticas. Se cree que son plantas exitosas porque emplean varios mecanismos de protección, incluyendo la formación de una película cerosa en sus partes aéreas para protegerlas de la deshidratación. Esta película cerosa contiene compuestos químicos que son capaces de inhibir el crecimiento de otras plantas y de actuar como agentes alelopáticos, herbicidas e inhibidores de la germinación. Estas plantas también limitan la herbivoría y exhiben actividades insecticidas, antialimentarias para insectos, antibacterianas, antifúngicas, antialgas y antitermitas.(Estell *et al.*, 2013) Los sesquiterpenos, flavonoides, benzofuranos, cromenos, cumarinas, lupan triterpenos, lactonas alifáticas y compuestos aromáticos y acetilénicos se han aislado de extractos orgánicos de especies de esta planta, por otro lado, monoterpenos, los sesquiterpenos y los hidrocarburos alifáticos son los principales componentes que se encuentran en sus aceites esenciales. Respecto a la utilización en experimentos, podremos mencionar que en el trabajo de Bermúdez *et al.*, (2007) se examinaron los efectos de tres extractos (hexanos, éter y etanol) de *Flourensia cernua* sobre la ingesta de gránulos de alfalfa por parte de corderos. Cuarenta

y cinco corderas fueron alimentadas con uno de cinco tratamientos durante cinco días (bloque completo aleatorizado, tres corderos por bloque en cada tratamiento). Los tratamientos fueron gránulos de alfalfa (CON) o gránulos de alfalfa más portador de etanol (CAR), extracto de hexanos (HEX), extracto de éter (ETH) o extracto de etanol (ETOH). Los extractos se aplicaron a los gránulos de alfalfa a la misma concentración que en una cantidad equivalente de *Flourensia cernua* (según la alimentación) en el experimento. Los corderos recibieron 640 g de gránulos de alfalfa (base de materia seca) cada mañana y se controló la ingesta durante un intervalo de 20 min. Los corderos se mantuvieron y alimentaron con gránulos de alfalfa (4,7 % del peso corporal) como un grupo ¿?, excepto durante este intervalo. Respecto al consumo animal de esta planta en estado natural, se menciona por los locatarios del área de estudio que las cabras ramonean en algunas ocasiones el hojase sin causarles malestar aparente por lo cual se hace necesario la georreferenciación de la planta en estas áreas geográficas lo cual nos ayudará a su localización posterior para trabajos futuros. Mkwanazi et al., (2021) recopila el uso del conocimiento ancestral sobre la utilización de esta planta en cabras para controlar las garrapatas y registra las pruebas de bioactividad que se han llevado a cabo en estas plantas en la medicina etno-veterinaria (EVM), y las investigaciones relacionadas con la eficacia potencial de las plantas utilizadas. En el África subsahariana (SSA), las garrapatas ocupan el primer lugar entre los ectoparásitos que limitan la productividad de las cabras. El uso infrecuente y excesivo de acaricidas ha resultado en el desarrollo de resistencia en las garrapatas, así como en impactos ambientales. Para combatir estos impactos, se debe apreciar la contribución del conocimiento ancestral. En este trabajo se describe que en total se identificaron 21 especies de plantas etno-veterinarias, pertenecientes a 16 familias para el control de garrapatas. Estos incluían plantas como *Lippia javanica* (Burm.f.) Spreng, *Cissus quadrangularis* .L, y *Aloe ferox* Mill, *Grandifolia Warb*, *Terminalia brownii* Fresen y *Aloe volkensii* Engl. La eficacia de especies de plantas como *Pelargonium reniforme* Curtis y *Eucomis punctata* L'Hér se mejora mezclándolas con sustancias como permanganato de potasio y sal de río para mejorar la eficacia del extracto. Las plantas etno-veterinarias tienen una amplia gama de fitoquímicos, que incluyen alcaloides, taninos, flavonoides, efectos antimicrobianos y pesticidas que producen efectos repelentes de garrapatas. Las partes de la planta que más se utilizan en la preparación son las raíces, las hojas, las cortezas, los frutos y los brotes jóvenes y, en menor medida, las flores, aunque suele predominar el uso de las hojas. Los materiales no vegetales implican el uso de métodos como las prácticas tradicionales en las que las garrapatas se eliminan manualmente. utilizando la recolección manual. Se utilizan la administración oral y la aplicación directa en el sitio infestado. Por lo tanto, es importante realizar más trabajos sobre la conservación de plantas etnoveterinarias su recopilación y difusión de la información.

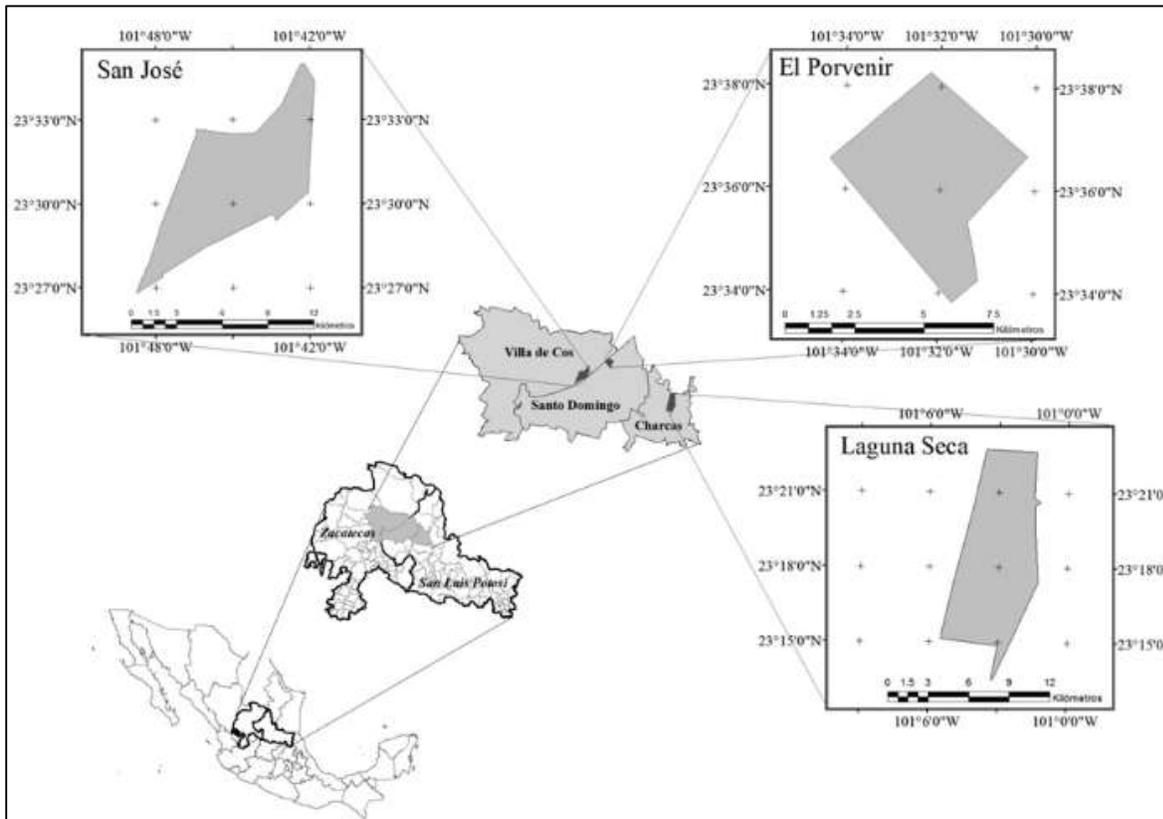
MATERIALES Y MÉTODOS

Se visitaron los ranchos San José en Villa de Cos, Zacatecas con ubicación de 23°33'0"-23°30'0"-23°27'0" N y 101°48'0"-101°42'0"-101°42'0" W, con una superficie de 6500 ha. El Porvenir en Santo Domingo SLP con ubicación de 23°38'0"-23°36'0"-23°34'0" N, 101°34'0"-101°32'0"-101°30'0" W con una extensión de 3,000 ha. Respecto a Laguna Seca en Charcas, SLP, se localiza a 23°21'0"-23°18'0"-23°15'0"N y 101°6'0"-101°6'0"-101°0'0" W con extensión de 8,000 ha. Por su parte, el ejido el Castañón y anexos podemos mencionar que tiene una localización de 23°56'0"-23°54'0"-23°52'0"-23°50'0"-23°48'0"-23°46'0" N y 101°18'0"-101°14'0"-101°10'0" W, en Catorce, SLP con una extensión de 15,000 ha. En cada unidad de producción se realizaron evaluaciones de vegetación para determinar la condición de agostaderos. Se utilizó una imagen de

satélite a la que se le realizó un proceso de clasificación no supervisada con ARCGIS para luego con recorridos de campo identificar cada sitio de agostadero. Después, con la técnica de cuadrantes centrados en un punto se evaluó la lista botánica, densidad, frecuencia, cobertura, estratificación y biomasa volumétrica instantánea, de todas las plantas perennes con al menos 15 a 20 frecuencias. Luego se clasificaron de acuerdo a su valor forrajero en deseables, menos deseables e indeseables. Todo georeferido con un GPS Garmin 64.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La localización geográfica de las cuatro unidades de producción en estudio se muestra en la figura 1.



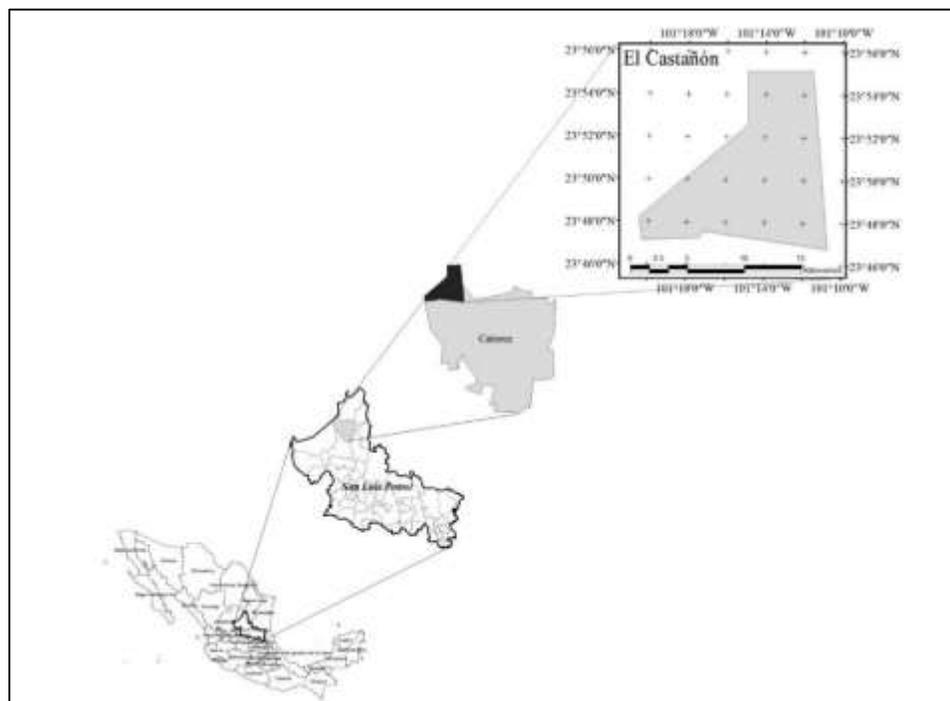


Figura 1. Localización geográfica de las UP

Cuadro 1. Especies perennes registradas con el muestro en los sitios de vegetación estudiados de los ranchos Laguna Seca (1), San José (2) y El Porvenir (3)

Especie	Forma de vida					
	Herbácea	Arbustiva inferior	Arbustiva superior	Eminencia	VF†	Rancho
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J. Herm.				x	2	1, 2
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm.			x		2	1
<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.	x				1	1
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths	x				1	1, 2, 3
<i>Calliandra eriophylla</i> Benth		x			1	1
<i>Celtis pallida</i> Torrey			x		3	1
<i>Condalia mexicana</i> Schlttdl.			x		3	2
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth			x		3	2
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		x			1	1
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb.	x				2	2, 3
<i>Erioneuron avenaceum</i> (Kunth) Tateoka	x				1	3

<i>Flourensia cernua</i> DC.			x	3	3
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.			x	3	1, 2, 3
<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	x			2	1
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth			x	3	2
<i>Muhlenbergia villiflora</i> Hitchc.		x		1	3
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch			x	2	1, 2, 3
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C.Weber		x		2	1, 2, 3
<i>Parthenium argentatum</i> A.Gray		x		1	2, 3
<i>Parthenium incanum</i> Kunth		x		1	3
<i>Sporobolus airoides</i> (Torrey) Torrey	x			1	1, 2, 3
<i>Yucca filifera</i> Chabaud				x	2, 3

† Valor forrajero: 1=Deseable; 2=Menos deseable; 3=Indeseable.

Cuadro 2. Especies perennes registradas con el muestro en parcelas del ejido El Castañón y Anexos, Catorce, SLP.

Especies	Forma de vida*				VF†	Rancho
	Herbácea	Arbustiva inferior	Arbustiva superior	Eminencia		
<i>Acacia schaffneri</i> (S. Watson) F.J. Herm.				x	2	3
<i>Bouteloua gracilis</i> (Willd. ex Kunth) Lag. Ex Griffiths	x				1	1,3
<i>Bouteloua karwinskii</i> Griffiths	x				1	2,3
<i>Condalia mexicana</i> Schldl.			x		3	1,2,3
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth			x		3	1,2,3
<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> De Candolle			x		3	2,3
<i>Dasyochloa pulchella</i> (Kunth) Willd. ex Rydb.	x				2	1,2,3
<i>Echinocereus pentalophus</i> (DC.) Lem.		x			2	1,2,3
<i>Erioneuron avenaceum</i> (Kunth) Tateoka	x				1	1
<i>Flourensia cernua</i> DC.			x		3	1,2,3
<i>Gymnosperma glutinosum</i> (Spreng.) Less.	x				2	2
<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.		x			3	1,3
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.			x		3	1,2,3
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth		x			3	1,3
<i>Muhlenbergia villiflora</i> Hitchc.	x				1	1
<i>Nassella leucotricha</i> (Trin. & Rupr.) R. W. Pohl	x				1	1
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch			x		2	1,2,3
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C.Weber		x			2	1,2,3
<i>Parthenium argentatum</i> A.Gray		x			1	1

<i>Parthenium incanum</i> Kunth		x	1	1,2,3
<i>Prosopis laevigata</i> (Willd.) M.C. Johnst.			x	2
<i>Setaria macrostachya</i> Kunth	x		1	1
<i>Sporobolus airoides</i> (Torrey) Torrey	x		1	1,2,3
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Robinson	x		2	1,2,3
<i>Yucca filifera</i> Chabaud			x	2
<i>Zinnia acerosa</i> (DC.) A.Gray	x		2	1
<i>Zornia thymifolia</i> Kunth	x		2	2

† Valor forrajero: 1=Deseable; 2=Menos deseable; 3=Indeseable.

CONCLUSIONES

La importancia que representa las plantas del género *Flourensia cernua* dentro de la medicina tradicional al ser empleada en infusiones para tratar el reumatismo, enfermedades venéreas, herpes, bronquitis, varicela y resfriado común, así como en diversas aplicaciones biológicas y ecológicas debido a la presencia de compuestos polifenólicos (lactonas, benzofuranos y benzopiranos) así como el conocimiento ancestral sobre la utilización de esta planta en cabras podemos concluir que la georreferenciación de algunos ejemplares de ésta, nos permitirá reconocer el punto exacto de localización para estudios futuros y recolección de muestras.

LITERATURA CITADA

- Bermúdez D., Monteagudo E., Boffill M., Díaz C., Roca S., Betancourt E. 2007. Evaluación de la toxicidad aguda de extractos de plantas medicinales por un método alternativo. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8(3):1-7.
- De Rodríguez, D. J., Hernández-Castillo, F. D., Solís-Gaona, S., Rodríguez-García, R., & Rodríguez-Jasso, R. M. (2012). *Flourensia cernua* DC: a plant from Mexican semiarid regions with a broad spectrum of action for disease control. *Integrated Pest Management and Pest Control, Current and Future Tactics*, InTech, Rijeka, 639-650.
- Estell, R. E., James, D. K., Fredrickson, E. L., & Anderson, D. M. (2013). Within-plant distribution of volatile compounds on the leaf surface of *Flourensia cernua*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 48. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2012.11.020>
- Mkwanazi, M. v., Ndllela, S. Z., & Chimonyo, M. (2021). Indigenous knowledge to mitigate the challenges of ticks in goats: A systematic review. In *Veterinary and Animal Science* (Vol. 13). <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100190>
- Rios, M. Y. (2015). Chemistry and biology of the genus *Flourensia* (Asteraceae). *Chemistry & biodiversity*, 12(11), 1595-1634.
- Valencia-Díaz, S., & Montaña, C. (2005). Temporal variability in the maternal environment and its effect on seed size and seed quality in *Flourensia cernua* DC.(Asteraceae). *Journal of arid environments*, 63(4), 686-695.
- Ventura, J., Gutiérrez-Sánchez, G., Rodríguez-Herrera, R., & Aguilar, C. N. (2009). Fungal cultures of tar bush and creosote bush for production of two phenolic antioxidants (pyrocatechol and gallic acid). *Folia Microbiologica*, 54(3), 199-203.

ESTIMACION DE LA COBERTURA DEL SUELO EN IMAGEN CLASIFICADA, MEDIANTE CUADRANTE VIRTUAL DE UN PASTIZAL EN PANUCO, ZACATECAS

ESTIMATION OF GROUND COVER IN CLASSIFIED IMAGE, THROUGH VIRTUAL QUADRANT OF A RANGELAND IN PANUCO, ZACATECAS

Alfonso Serna Pérez*¹, José Israel Casas Flores¹, Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹.

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas

*serna.alfonso@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los métodos de clasificación supervisada son empleados para identificar áreas espectralmente similares a través de una imagen. Por lo que a partir de una imagen de un área pastoreada es posible estimar la cobertura del suelo de diferentes tipos de vegetación (arbóreas, arbustivas, pastizales y herbáceas), suelo desnudo y otros. El tamaño del cuadrante o área muestreada afecta la estimación de la cobertura, lo que hace necesario elegir el tamaño más adecuado para reducir errores. Con el objetivo de estimar el tamaño del cuadrante virtual óptimo usando clasificación supervisada, en un área pastoreada se realizó un estudio en un área pastoreada en Pánuco, Zacatecas. Se concluyó que el cuadrante virtual que estima la cobertura del suelo de una manera más precisa en el área de estudio es el de 20m x 20 m.

Palabras Clave: Monitoreo de pastos, Geomática, Imagen Multiespectral

ABSTRACT

Supervised classification methods are used to identify spectrally similar areas throughout an image. Therefore, from an image of a grazed area it is possible to estimate the ground cover of different types of vegetation (trees, shrubs, grasslands and herbaceous), bare soil and others. The size of the quadrat or sampled area affects the coverage estimation, which makes it necessary to choose the most appropriate size to reduce errors. With the objective of estimating the size of the optimal virtual quadrant using supervised classification, in a grazed area, a study was carried out in a grazed area in Pánuco, Zacatecas. It was concluded that the virtual quadrant that estimates the land cover more precisely in the study area is the 20m x 20m quadrant.

Keywords: Grass monitoring, Geomatics, Multispectral Image

INTRODUCCION

La obtención de imágenes para la identificación y condición de los tipos de cobertura del suelo es una de las aplicaciones del procesamiento digital de imágenes multiespectrales (Palacio-Prieto y Luna-González, 1994). Los métodos paramétricos más usados para clasificar la cobertura del suelo se agrupan en categorías basadas en distancia, probabilidad y reglas de decisión angular (Willington *et al.*, 2013). Entre los métodos de clasificación, los supervisados, son procedimientos empleados para la identificación de áreas espectralmente similares dentro de una imagen. Por lo que el usuario preliminarmente reconoce las regiones de interés en el área de estudio y el algoritmo

elegido (método paramétrico) extrapola estas características espectrales en otras regiones de la imagen, realizando así la clasificación (Castillejo-González *et al.*, 2009). A partir de la imagen obtenida es posible estimar la cobertura de los diferentes componentes de interés del sitio en estudio. Estos incluyen a los diferentes tipos de vegetación (arbóreas, arbustivas, pastizales y herbáceas), suelo desnudo, rocas, grava y cuerpos de agua, además de otras que puedan ser de interés. Los métodos para estimar la cobertura del suelo generalmente se realizan de manera directa en el sitio de interés y son muy variados (Elzinga *et al.*, 2001). Frecuentemente el tamaño del cuadrante o área muestreada tiene un efecto importante en los valores de la cobertura estimados, lo que hace necesario elegir el tamaño más adecuado para reducir errores (Bonham, 2013). El objetivo de este trabajo es determinar el tamaño más adecuado de cuadrante virtual que nos permita obtener la cobertura del suelo con mayor precisión, usando una imagen obtenida mediante clasificación supervisada, en un área pastoreada en Zacatecas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en una cuenca de 50 ha en el municipio de Panuco, Zacatecas (Latitud 22°54'45.80", Longitud 102°32'41.56"), la cual se utilizó anteriormente como un área de Exclusión, que después fue abierta al pastoreo y puesto una presa cerca del área, por lo que se buscó analizar sus capacidades productivas, además de sus variables edafo-ecológicas y geomorfológicas en 36 sitios de muestreo. Mediante 8 vuelos con el Dron Phantom 4 Multiespectral, se obtuvo un ortomosaico del área total de estudio, aunque para el presente trabajo se seleccionó un área representativa de 15 ha. La cobertura del suelo se clasificó como arbustivas, cactáceas, suelo desnudo, grava y roca, pastos y herbáceas, además de una clase que se denominó como arbusto dormante, esto para hacer referencia a arbusto que se encuentran en reposo de crecimiento, por la estacionalidad, pero que más adelante pueden ser productivos ellos mismo o como ayuda para otro tipo de vegetación; dicha superficie se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Imagen multiespectral del área seleccionada en la cuenca experimental para la identificación de clases de vegetación, suelo desnudo, rocas y grava. Panuco, Zacatecas.

Para identificar las clases de la cobertura del suelo se procedió a crear un mapa de vectores (shape) con polígonos de entrenamiento en QGIS para cada uno de los componentes. Se realizaron 450 puntos de entrenamiento, pastos y herbáceas fue la clase que más puntos de entrenamiento tuvo y grava y roca el que menos puntos tuvo, con 90 y 60 respectivamente. El análisis de la imagen se realizó con el Software ORFEO

ToolBox (CNES, 2006). Con la herramienta TrainImagesClassifier, a partir de la imagen del área y el mapa de vectores usando el modelo de clasificación KN” o método de los vecinos más cercanos se estimó la densidad de los predictores por clase y su atributo por pixel. El modelo seleccionado se validó previamente mediante el índice de precisión kappa. Una vez generado el modelo, se usó la herramienta ImageClassifier para clasificar la imagen del área seleccionada. A partir del procesamiento digital de la imagen estudiada se obtuvo el mapa de la cobertura del suelo para el modelo de clasificación.

Para la estimación de la cobertura del suelo se probaron tres dimensiones de cuadrante virtual, a saber, 10x10 m², 20x20 m² y 30x30 m². Los que se ubicaron en 10 de los 36 sitios seleccionados en el área de estudio, usando la herramienta de Buffer en QGIS. A partir de las áreas obtenidas dentro de las imágenes, se obtuvieron el número de píxeles por cada clase de cobertura (arbórea, arbustiva, zacate rosado, pasto, cuerpos de agua y suelo desnudo) utilizando la herramienta de Estadísticas de Zona de QGIS. Para estimar la superficie y posteriormente el porcentaje de cobertura se multiplicó el número de píxeles de cada clase por 16 cm² que es el área de un pixel dentro del ortomosaico. El tamaño del pixel depende de la altura de vuelo aéreo no tripulado que en este caso fue de 100 metros de altura, aproximadamente.

Una vez estimadas las coberturas de cada clase por cuadrante virtual se usaron los siguientes estadísticos para elegir la dimensión más adecuada (Kent y Coker, 2001). Los estadísticos fueron el Coeficiente de Czekanowski (S_c) que mide la similitud entre dos cuadrantes, el cual varía desde 0 (completamente disimilar) hasta 1 (totalmente similar).

$$S_c = \frac{2 \sum_{i=1}^m \min(X_i, Y_i)}{\sum_{i=1}^m X_i + \sum_{j=1}^m Y_i}$$

En donde X_i y Y_i son los valores de cobertura de cada clase para el par de cuadrantes en comparación. $\min(X_i, Y_i)$ es la cobertura más pequeña para cada clase en ambos cuadrantes, y m es el número de clases de cobertura en nuestro caso 6.

El segundo estadístico fue el coeficiente del cuadrado de la distancia euclidiana (D_{ij}). En este caso los dos cuadrantes en comparación con el coeficiente de menor valor serán los más similares.

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X_i - X_j)^2}$$

En donde m es el número de clases de cobertura (6 en este caso), X_i es la cobertura de cada clase en el cuadrante i , y X_j es la cobertura de cada clase en el cuadrante j . El cuadrante seleccionado será el que a través de los sitios y entre los pares de comparación muestre más frecuentemente el mayor coeficiente S_c y el menor coeficiente D_{ij} .

RESULTADOS

A partir del procesamiento digital de la imagen espectral (Figura 1) se obtuvo el mapa de coberturas por clase que se muestra en la Figura 2. Asimismo, se muestran los sitios de muestreo y uno de los cuadrantes virtuales evaluados.

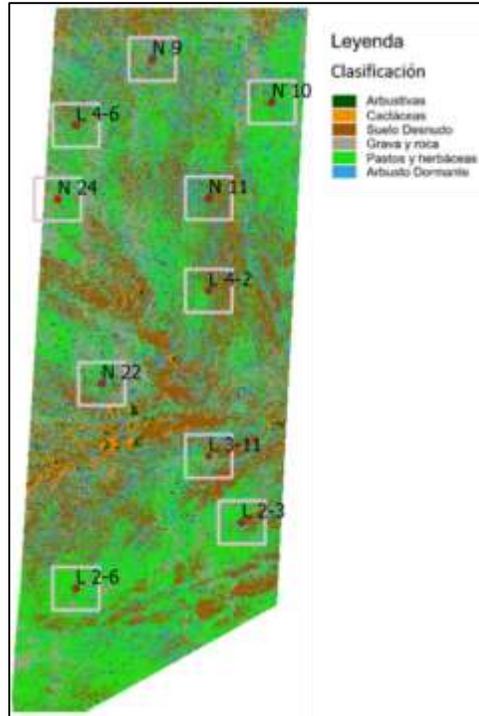


Figura 2. Mapa de coberturas por clase, sitios de muestreo y cuadrante virtual, Panuco, Zac.

Con la información de la Figura 2 se obtuvieron las coberturas de cada clase para cada uno de los cuadrantes virtuales evaluados. Para Panuco, hay una variación, los Coeficiente de Czekanowski más cercanos a 1, que corresponde con la calificación de totalmente similar, fueron para la comparación del par de cuadrantes virtuales de 20x20 m y 30x30 m (20 vs 30, columna 4, Cuadro 1), Pero para el sitio N24 el valor máximo del coeficiente de Czekanowski fue para la comparación de los cuadrantes virtuales 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 3, Cuadro 1). Es de notar, que, de igual manera, los valores del coeficiente mencionado en esta comparación (columna 2, Cuadro 1) ocuparon casi siempre el segundo lugar en cuanto a similaridad, excepto en el Punto L 2-3, donde corresponde a la comparación de 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 3, Cuadro 1).

Es importante recordar que en el caso del coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana una menor distancia es la que tendrá una mayor similaridad en la comparación entre cuadrantes. Al igual que en el caso anterior, el coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana fue menor en la mayoría de los sitios para la comparación del par de cuadrantes virtuales de 20x20 m y 30x30 m (20 vs 30, columna 7, Cuadro 1) con excepción del sitio N24 (Cuadro 1). Nuevamente para este sitio la mayor similaridad fue para la comparación de los cuadrantes virtuales 10x10 m y 30x30 m (10 vs 30, columna 6, Cuadro 1). Es de notar, que nuevamente las menores distancias euclidianas sucedieron generalmente en la comparación de los cuadrantes virtuales 20x20m y 30x30 m (20 vs 30, columna 7, Cuadro 1). Es evidente que el cuadrante virtual que mostro mayor similaridad fue el de 20x 20m. Por lo que dicho cuadrante estimará la cobertura del suelo de una manera más precisa.

Cuadro 1 Estadísticos para medir la similaridad a partir de la comparación de pares de los cuadrantes virtuales evaluados. Valparaíso, Zacatecas.

Sitio	Coeficiente de Czekanowski			Coeficiente de Cuadrado de Distancia Euclidiana		
	10* vs 20	10 vs 30	20 vs 30	10 vs 20	10 vs 30	20 vs 30
L 2-3	0.872	0.879	0.980	14.84	13.77	2.01
L 2-6	0.964	0.887	0.915	4.26	12.94	10.23
L 3-11	0.779	0.734	0.956	23.26	28.08	5.19
L 4-2	0.9367	0.9365	0.991	7.91	7.56	1.09
L 4-6	0.916	0.884	0.963	9.96	13.25	3.90
N 9	0.943	0.932	0.944	5.34	7.67	5.91
N 10	0.937	0.825	0.887	6.03	17.62	12.62
N 11	0.941	0.935	0.952	5.33	6.56	4.63
N 22	0.878	0.828	0.943	11.65	17.04	5.83
N 24	0.945	0.952	0.951	4.88	4.11	6.06

*10 es cuadrante 10x10; 20 es cuadrante 20x20; 30 es cuadrante 30x30.

CONCLUSIONES

A partir del procesamiento digital de la imagen espectral se obtuvo el mapa de coberturas por clase. Además, del análisis de la información obtenida se concluye que el cuadrante virtual que mostro mayor similitud fue el de 20x 20 m. Por lo que éste cuadrante estimará la cobertura del suelo de una manera más precisa en el área de estudio. También es importante recalcar que el procedimiento usado en este estudio para la selección del mejor cuadrante virtual puede ser utilizado en otros estudios similares.

BIBLIOGRAFIA

- Bonham, C.D. 2013. Measurements for terrestrial vegetation. Second Edition. Wiley-Blackwell. New York. 260p.
- Castillejo-González, I. L., López-Granados, F., García-Ferrer, A., Peña-Barragán, J. M., Jurado-Expósito, M., de la Orden, M. S., González-Audicana, M. (2009). Object- and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. *Computers and Electronics in Agriculture*, 68(2), 207–215. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2009.06.004>
- Elzinga, C.L., Salzer, D.W., Willoughby, J.W., Gibbs, J.P. 2001. Monitoring plant and animal populations. Blackwell publishing. 368p.
- Kent, M., Coker, P. Vegetation description and analysis. A practical Approach. John Wiley and Sons. New York. p 91-95.
- Palacio-Prieto, J. L., Luna-González, L. (1994). Clasificación espectral automática vs. clasificación visual: Un ejemplo al sur de la ciudad de México. *Investigaciones Geográficas*, 1(29). <https://doi.org/10.14350/rig.59028>
- Willington, E., Nolasco, M., Bocco, M. (2013). Clasificación supervisada de suelos de uso agrícola en la zona central de Córdoba (Argentina): comparación de distintos algoritmos sobre imágenes Landsat. Congreso Argentino de AgroInformatica, CAI 2013, 207–216.

ÁREAS VULNERABLES A INVASIÓN DE GRAMÍNEAS EXÓTICAS EN MÉXICO

VULNERABLE AREAS TO EXOTIC GRASS INVASION IN MEXICO

Nathalie S. Hernández Quiroz¹, Pablo Siller Clavel², Ernesto Iván Badano², Federico Villarreal Guerrero¹, Raúl Corrales Lerma¹.

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua; ²Division de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C.

RESUMEN

Las invasiones biológicas y el cambio climático representan una amenaza a la diversidad actual de las especies. En este sentido, los modelos de hábitat adecuado (MHA) de especies exóticas podrían estimar la vulnerabilidad a invasión actual y futura que existe en un lugar preciso. Un grupo de plantas ideal para probar esta hipótesis son las gramíneas exóticas en México. Para probar dicha hipótesis se estableció como objetivo determinar la respuesta de las gramíneas exóticas en México ante escenarios de cambio climático mediante el solapamiento de los MHA para detectar áreas vulnerables a invasión en condiciones climáticas actuales y a futuro. Para cumplir el objetivo se generaron 32 MHA en el software Maxent para condiciones actuales y en dos escenarios de cambio climático (SSP). Después mediante un análisis de regresión simple se estimó cuales especies se verán afectadas por el cambio climático. Finalmente, se estableció para cada especie umbral de ≥ 0.5 de probabilidad de ocurrencia como presencia de la especie y se solaparon los resultados de las especies de gramíneas. Los resultados mostraron que el 46% de las especies sufrirán cambios sus rangos de distribución para el periodo de 2041 a 2060, tanto para el escenario conservador como para el severo debido al cambio climático. Los mapas de vulnerabilidad ilustraron que en la parte central de México se cumplen las condiciones para que se localice un elevado número de especies.

Palabras clave: Áreas potenciales a invasión, Maxent, Modelos de hábitat adecuado, Poaceae.

ABSTRACT

Biological invasions and climate change represent a threat to the current species diversity. In this regard, suitable habitat models (SHM) of exotic species could estimate current and future invasion vulnerabilities of a precise location. An ideal plant group to test this hypothesis is the exotic grasses in Mexico. To test this hypothesis, the objective was to determine the response of invasive exotic grasses in the country under climate change scenarios by overlapping SHM to detect vulnerable areas to invasions in current and future climate conditions. To achieve the objective, 32 MHA were generated in the software Maxent under climate current conditions and in two climate change scenarios (SSP). Then, a simple regression analysis was used to determine which species will be affected by climate change. Finally, a threshold of ≥ 0.5 probability of occurrence was established as species presence and the results for grass species were overlapped. The results showed that 46% of the species will suffer changes in their distribution ranges for the period from 2041 to 2060 for both, the conservative and severe climate change scenarios. The vulnerability maps illustrated that the central part of Mexico meets the conditions for a high number of invasive species.

Key words: Potential areas for invasion, Maxent, Suitable habitat models, Poaceae.

INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas son parte de un proceso natural de dispersión y colonización de nuevos hábitats. No obstante, en las últimas décadas, las actividades humanas han acelerado estos procesos en diferentes grupos taxonómicos (Álvarez-León y Gutiérrez-Bonilla 2007; Hernandez-Becerril et al., 2003). En su gran mayoría, el éxito de una invasión biológica depende del clima, debido a que es el principal factor que regula los patrones de distribución de la vida silvestre (Dynesius y Jansson, 2000). Se predice que, para finales del siglo XXI, la temperatura podría aumentar en promedio entre 0.3 y 4.8°C dependiendo del escenario de cambio climático. Asimismo, los patrones de precipitación se modificarán, disminuyendo la frecuencia de eventos, pero aumentando la intensidad de ellos (Stocker et al., 2013). Ante esta situación, se ha planteado la necesidad de desarrollar metodologías que proporcionen a los tomadores de decisiones, información rápida y precisa, sobre la situación actual de las invasiones biológicas, así como la probable respuesta que estas tendrán ante el cambio climático. Una alternativa para lograr este tipo de información es el uso de modelos de hábitat adecuado. Básicamente, estos modelos ponderan la probabilidad de que una especie se encuentre presente en un determinado espacio físico, tomando como referencia los valores de las variables climáticas que definen su nicho climático (Elith et al., 2006). Asimismo, se propone que, si se solapan probabilidades elevadas de ocurrencia de varias especies invasoras, se podría estimar la vulnerabilidad a invasión actual y a futuro que existe en un lugar preciso. Un grupo de plantas ideal para probar esta hipótesis son las gramíneas exóticas invasoras en México (Familia Poaceae), ya que se tiene un registro de 74 géneros de especies introducidas. Varias de estas especies se han dispersado en áreas de cultivos agrícolas y pastizales naturales, lo que ha causado desplazamiento de especies vegetales nativas, pérdida del valor nutricional del pastizal, así como alteraciones en la conservación de las comunidades nativas, produciendo un efecto cadena en la disminución de la provisión de servicios ecosistémicos, en las regiones invadidas (Hassan, 2005). Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta de las gramíneas exóticas invasoras en México ante escenarios de cambio climático, así como mediante el solapamiento de rangos de distribución, establecer áreas vulnerables a invasión de actual y a futuro.

MATERIALES Y MÉTODOS

De la “La Lista de Especies Exóticas Invasoras para México”, se obtuvo el listado de especies de la familia Poaceae consideradas exóticas invasoras en México. Del portal de Global Biodiversity Information Facility se realizó la recopilación de registros de ocurrencias (coordenadas LATLONG) de estas especies. Los datos climáticos se obtuvieron de las capas climáticas que provee el portal WorldClim; los actuales son estimaciones interpoladas del periodo de 1960 a 2000, mientras que los valores esperados en escenarios de cambio climático fueron los que se estiman para el periodo de 2041 a 2060 para las concentraciones de SSP4.5 y SSP8.5. Para modelar la distribución de hábitat adecuado de cada especie se usó el software Maxent y se aplicó el algoritmo de remuestreo *Bootstrap*. La precisión de los modelos se evaluó con las curvas características operativas del receptor (ROC) y el área bajo la curva (AUC). El modelo resultante de cada especie se visualizó geográficamente en QGIS como un mapa de probabilidades de ocurrencia con una resolución de 20.25 km² por píxel. Posteriormente, con estos mapas se estimó que especies es

probable modifiquen la distribución de sus probabilidades de ocurrencia a futuro. Para este caso, se generaron diez mil coordenadas aleatorias en México y, para cada coordenada, se extrajo la probabilidad de ocurrencia de cada especie para el clima actual y para los escenarios climáticos futuros. Estos valores se usaron para realizar regresiones lineales simples. En las funciones de regresión, se asumió que las especies que tienen valores de intercepto cercano a 0 (cero), así como pendiente cercana a 1 (uno) no cambiarán sustancialmente la distribución de sus probabilidades de ocurrencia. Para evaluar estadísticamente estos resultados se calculó el intervalo de predicción (95%) a la función de regresión de cada especie. Los mapas de probabilidad de ocurrencia se usaron también para estimar diferencias en superficie de cobertura (km²) entre los rangos de distribución actual y los futuros; para esto se estableció como umbral el valor de 0.5 a partir del cual se consideró presente o ausente a la especie. Los valores positivos en esta diferencia indican que las especies podría ampliar sus rangos de distribución en los escenarios de cambio climático. Para determinar qué áreas pudieran contener elevada vulnerabilidad actual a invasión, se superpusieron los rangos de distribución potencial de las especies de gramíneas exóticas y sobre ellos se añadió una cuadrícula. Esta cuadrícula divide la superficie continental de México en 2,312 celdas de aproximadamente 900 km² cada una. El mapa de vulnerabilidad actual se conformó contando el número de especies de gramíneas que solaparon sus rangos de distribución dentro de cada celda de la cuadrícula. El mismo procedimiento se siguió para estimar áreas vulnerables a invasión a futuro, sin embargo, en este caso se utilizaron los resultados de los rangos de distribución potencial de los escenarios de cambio climático. Finalmente, se compararon los resultados obtenidos de ambos mapas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se consideraron en el estudio 32 especies después de la depuración de datos. Las variables temperatura del trimestre más cálido (Bio10) y precipitación del trimestre más cálido (Bio18) fueron las variables que más se seleccionaron en el diseño de los modelos de hábitat adecuado. Mientras que las variables menos incluidas fueron estacionalidad de la temperatura (Bio04) y temperatura mínima del mes más frío (Bio06). En promedio los modelos requirieron 6 variables para su diseño. Asimismo, las variables de temperatura mostraron ser de mayor importancia en los modelos, en comparación con las de precipitación, al ser un parámetro altamente correlacionado con el desarrollo de las gramíneas (Clayton, 1981). El análisis de regresión simple mostró que 16 especies cambiaran su distribución potencial debido al efecto del cambio climático. El cuadro 1 muestra el porcentaje de pérdida o ganancia en la cobertura terrestre que podría ocurrir a futuro en los dos escenarios de cambio climático de las principales especies. Las especies que mostraron cambios significativos en la probabilidad de presencia en escenarios futuros indicaron una distribución potencial actual limitada dentro del territorio mexicano, lo que sugiere un nicho fundamental reducido, con requerimientos climáticos específicos (Slatyer et al., 2013). La figura 1 muestra los mapas de vulnerabilidad a invasión actual y futuros, en color rojo se representan aquellas zonas en las cuales se concentra un mayor número de especies, mientras que en color verde oscuro se representan áreas con un número de entre 1 y 5 especies. Los estados que concentran un mayor número de especies en los tres mapas son Durango, Veracruz, Oaxaca; específicamente en la provincia fisiografía del eje Neo volcánico transversal y en la Sierra Madre Occidental. En ambos escenarios climáticos, la mayor disminución sucede principalmente en el norte, centro norte y sureste del país, posiblemente, debido al aumento en la temperatura y

disminución en la precipitación esperados para México en las próximas décadas (Working Group I, 2021).

Cuadro 1. Superficie de cobertura potencial (km²) y porcentaje de cambio para los escenarios de cambio climático conservador y severo de las principales especies de gramíneas.

Especie	Superficie de cobertura (km ²)			Porcentaje de cambio	
	Actual	SSP 4.5	SSP 8.5	SSP 4.5	SSP 8.5
<i>Agrostis gigantea</i>	28,998	2,005	952	-93.09	-96.72
<i>Aira elegans</i>	3,888	344	243	-91.15	-93.75
<i>Bromus rubens</i>	57,429	83,430	115,364	45.28	100.88
<i>Hyparrhenia rufa</i>	415,895	439,850	422,030	5.76	1.48

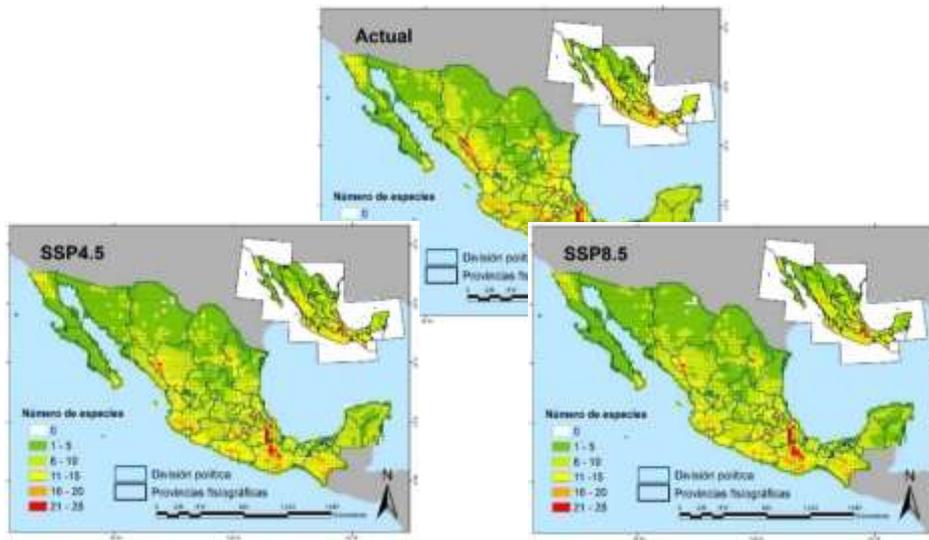


Figura 1. Mapas de áreas vulnerables a invasión de gramíneas en México; actual y en escenarios de cambio climático conservador y severo (SSP4.5 y SSP8.5).

CONCLUSIONES

La invasión de gramíneas exóticas en México responderá para cada especie de manera particular al efecto del cambio climático. La información que se obtuvo a través de este trabajo representa las bases que pudieran sustentar la toma de decisiones en implementación de medidas de control y/o mitigación. Se recomienda analizar de forma particular cada especie si es que se desea profundizar en el tema.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-León R. y F.P. Gutiérrez-Bonilla. 2007. Situación de los invertebrados acuáticos introducidos y trasplantados Colombia: antecedentes, efectos y perspectivas. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*. 31: (121)557-574.
- Clayton, W. D. 1981. Evolution and distribution of grasses. *Missouri Bot. Gard*. 68:5–14.
- Dynesius M., R. Jansson. 2000. Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, 97(16), 9115-9120.

- Elith J., C.H. Graham, R.P. Anderson, M. Dudík, S. Ferrier, A. Guisan, R.J. Hijmans, F. Huettmann, J.R. Leathwick, A. Lehmann, J. Li, L.G. Lohmann, B.A. Loiselle, G. Manion, C. Moritz, M. Nakamura, Y. Nakazawa, J.M. Overtonn, A.T. Peterson, J. Phillips, K. Richardson, R. Scachetti-Pereira, R.E. Schapire, J. Soberón, S. Williams, M.S. Wisz, N.E. Zimmermann. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151.
- Hassan R., R. Scholes, N. Ash. 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1. Findings of the Condition and Trends Working Group of the Millennium Ecosystem Assessment. Millennium Ecosystem Assessment Series, 1.* Island Press: Washington. ISBN 1-55963-227-5. 917 pp.
- Hernandez-Becerril D.U., M.E. Meave del Castillo y C. Flores-Granados. 2003. Dinoflagelados del Orden Dinophysiales en las Costas Mexicanas. En M.T Barreiro M.E Meave del Castillo, G. Figueroa-Torres y M. Signoret (eds.) *Planctologia Mexicana. Sociedad Mexicana de Planctologia, A.C (SOMPAC).* Pp 19-42. <https://doi:10.1017/CBO9781107415324.005>.
- Slatyer, R. A., M. Hirst, and J. P. Sexton. 2013. Niche breadth predicts geographical range size: A general ecological pattern. *Ecol. Lett.* 16:1104–1114.
- Stocker T.F., Qin D., Plattner G.-K., Alexander L.V., Allen S.K., Bindoff N.L., Bréon F.-M., Church J.A., Cubasch U., Emori S., Forster P., Friedlingstein P., Gillett N., Gregory J.M., Hartmann D.L., Jansen E., Kirtman B., Knutti R., Krishna Kumar K., Lemke P., Marotzke J., Masson-Delmotte V., Meehl G.A., Mokhov I.I., Piao S., Ramaswamy V., Randall D., Rhein M., Rojas M., Sabine C., Shindell D., Talley L.D., Vaughan D.G., y Xie S.-P. 2013. Technical summary. In *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Doschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, and P.M. Midgley, Eds. Cambridge University Press, pp. 33-115.
- Working Group I. 2021. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis.* IPCC.

RENDIMIENTO DE FORRAJE EN CULTIVARES DE SORGO EN EL CENTRO DE TAMAULIPAS, MÉXICO

FORAGE YIELD OF SORGHUM CULTIVARS IN CENTRAL TAMAULIPAS, MEXICO

Fernando Lucio Ruiz¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}, Ulises Aranda Lara², Jonathan Raúl Garay Martínez³, Benigno Estrada Drouaillet¹, Yuridia Bautista Martínez⁴, Andres Gilberto Limas Martínez¹.

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. ²Campo Experimental Rio Bravo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ³Campo Experimental Las Huastecas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ⁴Facultad de Medicina y Veterinaria, Universidad Autónoma de Tamaulipas.

*sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de forraje de sorgo en el centro de Tamaulipas. Se establecieron los genotipos, Paloma, 195-2, Williams, Arcos, Fortuna, 197-1-1, Gaviota, 197-1, Hardy, Kikapoo, 310/15, Sumiel G y Sumiel L en cuatro repeticiones de 3 surcos de 0.8 cm de ancho y 5 m de largo. La siembra se realizó depositando 20 semillas por metro lineal seguido de un riego y dos más de auxilio durante el ciclo. La dosis de fertilización fue 120-80-00 (NPK). La cosecha de forraje se realizó en estado lechoso masoso, mediante la separación y secado de las muestras para el peso seco de cada componente morfológico. Las variables obtenidas fueron altura de planta y rendimiento de materia seca total y por componente. Los datos se analizaron con un diseño de bloques completos al azar. La variabilidad genotípica propició diferencias ($p < 0.05$) en cuanto las fechas de cosecha de los genotipos (79, 95, 119 y 127 DDS) y, por ende, el rendimiento de materia seca total y por componente. Los genotipos Fortuna y 197-1 de 119 y 127 DDS, presentaron rendimientos de hasta 24 t ha⁻¹ de materia seca total, superior a los genotipos precoces ($p < 0.05$), resultado de las mayores aportaciones de hoja y tallo como componentes principales del rendimiento. La altura de planta no presentó un comportamiento específico en relación con la fecha de cosecha. Las variedades Fortuna y 197-1 presentan potencial para la producción de forraje en la condición del centro de Tamaulipas.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, alimentación de rumiantes, componentes morfológicos, materia seca.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the yield of sorghum forage in the center of Tamaulipas. The genotypes were established, Paloma, 195-2, Williams, Arcos, Fortuna, 197-1-1, Gaviota, 197-1, Hardy, Kikapoo, 310/15, Sumiel G and Sumiel L in four repetitions of 3 grooves of 0.8 cm wide and 5 m long. The sowing was carried out by depositing 20 seeds per linear meter followed by irrigation and two more of aid during the cycle. The fertilization dose was 120-80-00 (NPK). The forage harvest was carried out in a dough milky stage, by separating and drying the samples for the dry weight of each morphological component. The variables obtained were plant height and total dry matter yield and by component. Data were analyzed with a random complete block design. Genotypic variability led to differences ($p < 0.05$) in the harvest dates of the genotypes (79, 95, 119 and 127 DDS) and, therefore, the total dry matter yield and by component. The genotypes Fortuna and 197-1 of 119 and 127 DDS, presented yields of up to 24 t ha⁻¹ of total dry matter, superior to the early genotypes ($p < 0.05$), result of the greater contributions of leaf and stem as main components of the yield. Plant height did not present a specific behavior in relation to the harvest date. The varieties Fortuna and 197-1 present potential for forage production in the condition of the center of Tamaulipas.

95, 119, and 127 DDS) and thus the yield of total dry matter and per component. The Fortuna and 197-1 genotypes of 119 and 127 DDS, presented yields of up to 24 t ha⁻¹ of total dry matter, higher than the early genotypes (p<0.05), resulting from the greater contributions of leaf and stem as main components of the yield. The plant height did not present a specific behavior in relation to the harvest date. The Fortuna and 197-1 varieties have potential for forage production in the conditions of central Tamaulipas.

Key words: *Sorghum bicolor*, ruminant feeding, morphological components, dry matter.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de rumiantes se sustenta en el uso de forrajes y para esto, las praderas y pastizales aportan más del 70 % de la producción anual de forraje total en México, sin embargo, la sobreexplotación resultante del consumo excesivo de estos ambientes provoca la degradación de las especies vegetales de interés (Enríquez *et al.*, 2021); y con ello, se incrementa la erosión y el escurrimiento del suelo fértil por la velocidad de impacto de la lluvia sobre la superficie (Huerta-Olague *et al.*, 2018). Por lo que se requiere implementar estrategias de manejo en las praderas y pastizales que ayuden a mantener e incrementar la cobertura de las especies sobre el suelo, además de incrementar el uso de cultivos forrajeros eficientes para las épocas de recuperación de los pastos, dentro de estos se encuentran los cereales, entre los que destaca el sorgo, debido a que además de aprovechar el grano también la biomasa restante se destina para la alimentación animal, aun cuando el valor nutritivo es bajo y los porcentajes de fibra altos (Aranda-Lara *et al.*, 2021). La producción de grano de sorgo en México para el año 2021 fue de 4.3 millones de toneladas, de las cuales, el estado de Tamaulipas produjo el 40.2 %, mientras que, la participación en la producción de forraje en verde es menor al 1 % (SIAP, 2022). Sin embargo, con las condiciones del estado de Tamaulipas, con climas cálidos, secos y templados se puede lograr el establecimiento de este cultivo con fines forrajeros, dado a que este cultivo requiere temperaturas mayores a los 15 °C y es considerado como uno de los cultivos eficientes en el uso del agua, es decir, requiere menor cantidad de agua para producir un kilogramo de materia seca (Pérez *et al.*, 2010). Estas cualidades son importantes a considerar dentro del escenario del cambio climático en la disminución en la producción por hectárea de cultivos por estrés, donde se estima para finales de este siglo la temperatura aumente hasta 5 °C y la disminución en la precipitación con la modificación de las fechas de lluvias en las latitudes medias y zonas subtropicales, aunado a la sobreexplotación del recurso hídrico por el crecimiento demográfico y al manejo inadecuado de este (Martínez-Austria y Patiño-Gómez, 2012). Por otra parte, el aprovechamiento del cultivo en etapas fenológicas anteriores a la madurez fisiológica permite obtener mayores beneficios dentro de la alimentación animal. Por este motivo es indispensable hacer uso de los diferentes híbridos y variedades disponibles para seleccionar aquellos que se adapten a ambientes específicos mediante la determinación del rendimiento y aumentar la disponibilidad de forraje para los animales, por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento de forraje de sorgo en el centro de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano entre marzo y agosto de 2021, en la Posta Zootécnica “Ing. Herminio García Gonzales” de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en el kilómetro 22.5 Carretera Victoria-

Monterrey, Municipio de Güémez, Tamaulipas, a 190 msnm. Los tratamientos evaluados para la producción de forraje fueron las variedades Paloma, 195-2, Williams, Arcos, Fortuna, 197-1-1, Gaviota, 197-1 y los híbridos Hardy, Kikapoo, 310/15, Sumiel G y Sumiel L. Para la preparación del suelo se realizó barbecho, pase de rastra y surcado. Cada tratamiento estuvo constituido por cuatro repeticiones de 3 surcos de 0.8 m de ancho y 5 m de largo. La siembra se realizó con la ayuda de una sembradora manual de granos pequeños depositando un total de 20 semillas por metro lineal, posteriormente, se aplicó un riego de siembra y dos de auxilio durante el ciclo. La dosis de fertilización fue de 120-80-00 NPK, usando como fuente fosfato monoamónico y urea, dividido en dos aplicaciones, al momento de la siembra y a los 40 días después de la siembra. Posteriormente, a los 20 días después de la siembra se realizó aclareo de plantas para obtener una densidad de $\approx 187,500$ plantas por hectárea. Para el control de plagas se realizó la aplicación de Cipermetrina, Imidacloprid, Coragen y Palgus para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), mosca de la panoja (*Contarinia sorghicola*) y gusano barrenador (*Diatraea saccharalis*) a la dosis recomendada por el fabricante.

Cada genotipo se monitoreó hasta la etapa de grano lechoso masoso, momento en el cual se realizó la cosecha de forraje. Primero en cada unidad experimental se realizaron 10 lecturas de la altura de planta (cm), desde la base de la planta hasta inserción de la hoja bandera. Se cosecharon cinco plantas al azar a 5 cm del suelo e inmediatamente se pesaron. Posteriormente, se separaron los componentes morfológicos considerando la hoja, tallo, panoja y materia senescente, se guardaron en bolsas de papel y se colocaron en una estufa de aire forzado a 65 °C hasta obtener el peso seco de cada componente y así estimar el rendimiento de materia seca por hectárea total y por componente. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS) en un diseño de bloques completos al azar, mientras que, la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presentan los datos de temperatura máxima y mínima, se observa que, durante el desarrollo del cultivo de sorgo, la máxima fluctuó desde 30 a 34 °C y la mínima entre 17 y 23 °C, no obstante, se presentaron temperaturas extremas de 40 y 8 °C. Cabe mencionar, que para obtener el óptimo desarrollo del cultivo, se requiere temperaturas mayores a 15 °C y menores a 38 °C, mientras que, la exposición a temperaturas extremas se inhibe los procesos fisiológicos y tiene efecto sobre el rendimiento del forraje o bien sobre la producción de grano (Pérez *et al.*, 2010).

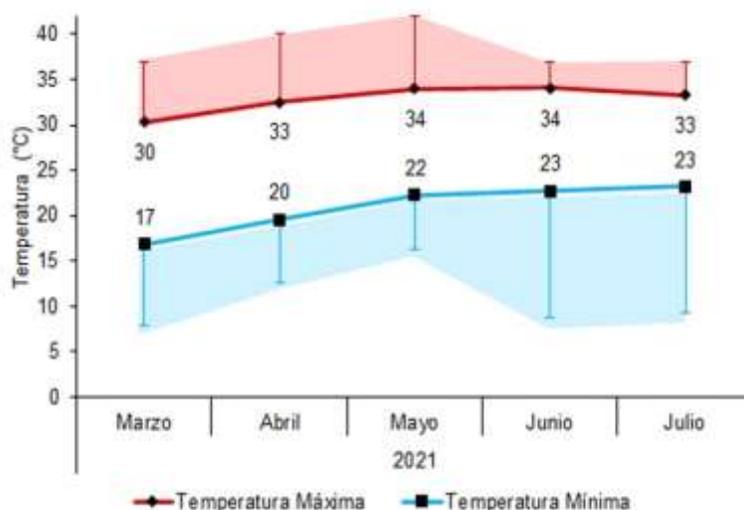


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas durante el desarrollo del cultivo

La cosecha de sorgo forrajero se realizó en estado masoso, por lo que, debido a la variabilidad genotípica el tiempo que tardó en alcanzar esta etapa fenológica fue diferente entre los genotipos; siendo 79, 95, 119 y 127 días después de la siembra el tiempo en que se realizaron las cosechas (Figura 2). Así mismo, la duración del ciclo del cultivo tuvo influencia sobre el rendimiento de forraje, dado que los genotipos más precoces obtuvieron rendimientos de materia seca total menores a las 6 t ha⁻¹, mientras que, los genotipos tardíos presentaron rendimientos de hasta 24 t ha⁻¹. Los genotipos 197-1 y Fortuna, presentaron los mayores rendimientos con 24.9 y 24.2 t ha⁻¹ (p<0.05), respectivamente, mientras que, el rendimiento menor lo presentó el genotipo Kikapoo con 3.3 t ha⁻¹, este último, a pesar de presentar similitud en la altura de planta con algunos genotipos como 197-1-1 (p>0.05) fue 82 % menor en el rendimiento, debido a la menor acumulación que tuvo sobre sus componentes morfológicos, presentando tallos alargados y de menor grosor.

Respecto al rendimiento de materia seca, las variedades Williams y Paloma han sido evaluados en el sur de Tamaulipas, estas expresaron 30 % más de rendimiento respecto a las evaluadas en esta investigación, mientras que, las variedades Arcos y Fortuna fueron menor en 9 y 31 % (Aranda-Lara *et al.*, 2021). Así mismo, en otra investigación se menciona que la variedad Fortuna es un material con buen potencial forrajero debido a la mayor presencia de hojas en comparación con otros genotipos (Valdez *et al.*, 2011), tal como se presentó en esta evaluación al obtener mayor proporción de hoja dentro del rendimiento con 38 %, por otra parte, el mismo autor menciona que esta variedad presenta concentraciones altas de azúcares en la planta, característica ideal para el mayor contenido energético en los forrajes.

El potencial expresado en la zona por las variedades Fortuna y 197-1 es importante dentro del escenario propuesto del cambio climático, dado que la adaptación a las temperaturas altas y a los cambios en el régimen de precipitación permite hacer uso de estos materiales para tener disponibilidad de forraje, mismo que, en la etapa de corte realizado en este trabajo permite la

conservación por medio de ensilados para mantener la calidad nutritiva del forraje para la época de escases.

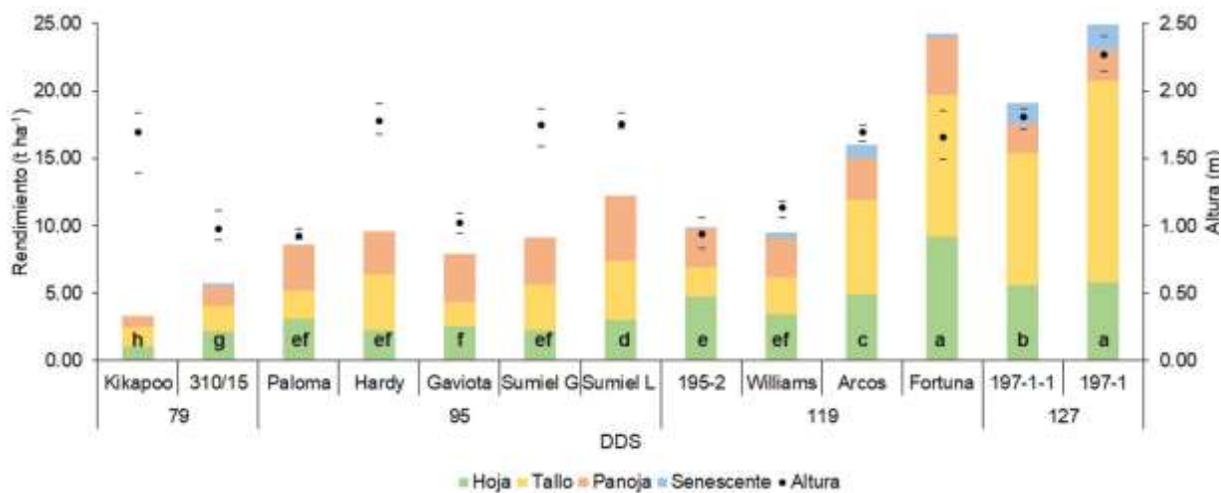


Figura 2. Altura de planta (●) y rendimiento de materia seca de genotipos de sorgo cosechados en estado lechoso masoso en diferentes días después de la siembra (DDS) en el centro de Tamaulipas, México. Literales iguales y barras sobrepuestas entre genotipos indican que no existe diferencia estadística significativa (Tukey; $\alpha=0.05$)

CONCLUSIONES

Las variedades de sorgo Fortuna y 197-1, presentan potencial para la producción de forraje en la condición del centro de Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la facilidad brindada en el uso de instalaciones para el establecimiento del proyecto, a la UAT por el financiamiento del Proyecto: UAT/SIP/INV/2022/018, al INIFAP Río Bravo y a la empresa Leguminutre S. A. de C. V. por la aportación de materiales y a CONACYT por la beca otorgada para la realización del doctorado (CVU: 926700).

LITERATURA CITADA

- Aranda-Lara, U., M. Felipe-Victoriano, L. D. Granados-Rivera, J. Valdéz-Gutiérrez, y J. R. Garay-Martínez. 2021. Rendimiento de forraje y grano en variedades de sorgo en el sur de Tamaulipas, México, ciclo otoño -invierno. *Ciencia e Innovación* 4 1:11-17.
- Enríquez, Q. J. F., V. A. Esqueda E. y D. Martínez M. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12 Supl 3:243-260.
- Huerta-Olague, J. J., J. L. Oropeza M., R. D. Guevara G., J. D. Ríos B., M. R. Martínez M., O. A. Barreto G., J. L. Oluín L. y O. R. Mancilla V. 2018. Efecto de la cobertura vegetal de cuatro cultivos sobre la erosión del suelo. *IDESIA Revista de Agricultura en Zonas Áridas* 36 2:152-162.
- Martínez-Austria, P. F., y C. Patiño-Gómez. 2012. Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua en México. *Tecnología y Ciencias del Agua* 3 1:5-20.
- Pérez, A., O. Saucedo, J. Iglesias, H. B. Wencomo, F. Reyes, G. Oqueno y I. Milián. 2010. Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes* 33 1:1-26.

SIAP. 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Valdez, G. J., J. C. García, F. Zavala G. y L. L. Valle R. 2011. Producción de biomasa y concentración de azúcares de dos variedades de sorgo en la región Huasteca Tamaulipeca. Revista Científica UDO Agrícola 11 1:58-70.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides*

FORAGE PRODUCTION OF *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* and *Sporobolus airoides*

Filogonio Jesús Hernández-Guzmán¹, Mauricio Velázquez-Martínez^{2*}, Leodan Tadeo Rodríguez-Ortega¹, Francisco Santiago-Hernández², Rosendo Hernández-Martínez³

¹Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Domicilio conocido s/n, CP. 42660. Tepatepec, Francisco I. Madero, Hidalgo, México. ²Campo Experimental San Luis, CIR Noreste, INIFAP. *Autor de correspondencia: velazquez.mauricio@inifap.gob.mx. ³Campo Experimental Río Bravo, CIR Noreste. INIFAP.

RESUMEN

Dada la necesidad de transferir recursos genéticos de pastos del semiárido mexicano con alto potencial forrajero, se evaluó al establecimiento en pasto switchgrass (*Panicum virgatum*), pasto maicero (*Tripsacum dactyloides*) y zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*): producción de forraje y densidad poblacional de tallos. El estudio se realizó de abril a agosto y de agosto a diciembre del 2020 en condiciones de riego a 8 333 plantas ha⁻¹. Los tratamientos fueron tres especies de pastos, distribuidos en Bloques Completos al Azar y prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). En switchgrass se observó mayor rendimiento de forraje (3.59 t MS ha⁻¹; P<0.0001), y superó a pasto maicero y zacatón alcalino en 3.0 y 4.9 veces, respectivamente. El pasto maicero presentó mayor densidad poblacional de tallos con 216 tallos por planta y superó a switchgrass y zacatón alcalino en 1.15 y 2.6 veces, respectivamente (P<0.0001). Switchgrass es una alternativa forrajera por buen rendimiento de forraje.

Palabras clave: establecimiento de pastos, altiplano hidalguense.

ABSTRACT

Given the need to transfer grasses of the Mexican semiarid of high forage potential were evaluated switchgrass (*Panicum virgatum*), eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides*) and alkali sacaton (*Sporobolus airoides*) in production of forage, tiller population density, seed production as well as physical and physiological characterization of seeds. The study was carried out in two cycles from April to August and from August to December under irrigation conditions at 8 333 plants ha⁻¹. The treatments were three grasses, on field, Completely Random Blocks (Tukey $\alpha=0.05$). The highest forage yield was observed in switchgrass (3.59 t DM ha⁻¹, P<0.0001), and surpassed eastern gamagrass and alkali sacaton in 3.0 and 4.9 times, respectively. The highest population density of tillers was seed eastern gamagrass with 216 tillers plant⁻¹ and surpassed switchgrass and alkali sacaton by 1.15 and 2.6 times, respectively (P<0.0001). Switchgrass is a forage alternative as it has good forage and seed yield in the first year of establishment.

Key words: grasses establishment, Hidalgo highland.

INTRODUCCIÓN

Los pastos (*Poaceae*) son una alternativa forrajera que pueden aprovechar desde 20 mm de lluvia para rebrotar; ante la escasas y mala distribución de lluvia en zonas semiáridas. En México se encuentran distribuidos recursos genéticos de switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino. El pasto switchgrass (*Panicum virgatum* L.) es un pasto perenne C₄. Al respecto, Marra *et al.* (2013) reporta que el primer año de producción se tienen rendimientos promedios de 2 359 kg MS ha⁻¹, mientras que Ra *et al.* (2012) reportan 9 100 kg MS ha⁻¹. El pasto maicero [*Tripsacum dactyloides* (L.) L.] es un pasto C₄ perenne distribuido en el Noreste mexicano y Este de E.U., utilizado debido a su buena palatabilidad (Coblentz *et al.* 2010). La producción de forraje de *T. dactyloides* reportada por Krizek *et al.* (2003) en seis sitios de EUA en condiciones de temporal del 1^{er} al 3^{er} año, fue de 2 288, 4 469 y 6 007 kg MS ha⁻¹ a densidad de 15 000 plantas por ha (Springer *et al.* 2003). El pasto zacatón alcalino [*Sporobolus airoides* (Torr.) Torr.] según Cox (1984) es un pasto C₄ dehiscente que se distribuye desde el sureste de Arizona, Centro de Texas y Norte de México con la característica particular de crecer con 20 mm de lluvia en primavera, cuando otros pastos perennes están dormantes y llega a madurez fisiológica con 200 mm de lluvia con producción de forraje de 2 360 a 5 230 kg MS ha⁻¹. En México la investigación de pastos forrajeros como switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino a latitud Norte menor de 20° a más de 2 000 msnm es escasa. También, se tiene necesidad de dar a conocer forrajes alternativos de poca disposición de humedad para rumiantes en el Valle de Tulancingo. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue evaluar en el primer año de establecimiento altura de planta, producción de forraje, dinámica de tallos, de *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides*, con riego por goteo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio experimental. El estudio se realizó en Ahuehuetitla, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México a 20° 05 05 LN y 98° 24 51 LO, a 2 172 msnm. El lugar tiene clima templado semihúmedo con temperatura media anual de 16 °C. El suelo del lugar es de tipo vertisol de textura arcillosa (INEGI 2009). El establecimiento de switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino fue realizado el 22 de abril de 2020 a partir de tallos con raíces vivas de plantas adultas en suelo saturado. Los datos mensuales de precipitación y temperaturas media promedio durante el periodo experimental, se obtuvieron de la Dirección de Protección Civil-bomberos de Tulancingo ubicada a 1 500 m del área experimental (Figura 1).

Preparación de terreno y origen de los pastos. Se dio un barbecho y dos pasos de rastra, se surcó a distancia de 1.2 m, con meseta de 50 cm, después, se colocó cintilla de goteo con capacidad de 10 L por hora y se cubrió con acolchado plástico. Cada pasto de su lugar de origen, fue extraído a 30 cm del suelo, después, las plantas se colocaron en macetas (40 cm diámetro x 40 cm de alto) para su transporte, e inmediatamente la parte aérea se cortó a 10 cm de forraje residual y se agregó suelo del lugar de modo de no exponer raíces al viento o radiación solar. Las plantas de switchgrass se colectaron el 15 de abril de 2020 en Rioverde, San Luis Potosí, México (21° 52 49 LN y 100° 01 25 LO), a 1 004 msnm. Las plantas de zacatón alcalino se colectaron el 17 de abril de 2020 en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México (22° 14 17 LN y 100° 51 20 LO), a 1 838 msnm. Mientras que las plantas de pasto maicero se colectaron el 20 de abril de 2020 en Jaltepec, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México (20° 06 21 LN y 98° 25 14 LO) a 2 174 msnm.

Manejo de las parcelas, diseño. Cada unidad experimental constó de dos surcos (2.4 m) por 5 m de largo con capacidad para 10 plantas en 12 m², con 90 cm de distancia entre plantas por línea a densidad de 8 333 plantas ha⁻¹. El diseño fue en bloques completos al azar con tres repeticiones. Se regó cinco días antes de trasplantar con 30 mm de lámina de agua para llevar el suelo a capacidad de campo, y al terminar nuevamente se regó con otros 30 mm de agua distribuidos en 10 días para asegurar el establecimiento, posteriormente se regó a los 15 y 30 días después del trasplante con 30 mm por fecha y por último el 15 y 30 de julio con 20 mm por fecha (en cada fecha, la cantidad de agua se distribuyó en 10 días). Posteriormente el riego ya no fue utilizado, y se dependió totalmente de la precipitación pluvial, ya que se consideró exitoso el establecimiento. No se fertilizó y no se observaron plagas que disminuyeran la producción de forraje.

Variables evaluadas. Se evaluaron dos ciclos productivos, de abril a agosto, y de agosto a diciembre del 2020. El corte de uniformización se realizó el 21 de mayo de 2020 para el primer ciclo y 20 de agosto para el segundo ciclo. La producción de forraje (kg MS ha⁻¹), se determinó a los 90 días después de trasplante cuando las tres especies de pasto mostraban anthesis en la mitad de tallos florales. Para lo cual se defoliaron cuatro plantas de cada parcela a 20 cm sobre el suelo. El forraje se puso al ambiente con techo durante 14 días y después durante 48 h en una estufa de aire forzado Marca Ciderta® (Huelva, España) a 55 °C y se pesó en báscula marca Hanchen modelo BSM220.4 (Pekin, 0.0001 g). La producción de forraje (kg MS ha⁻¹), se obtuvo al multiplicar el promedio de las cuatro plantas de cada parcela experimental, por la densidad de 8,333 plantas por hectárea. Densidad poblacional de tallos, se realizó en dos plantas por unidad experimental, para lo cual los tallos presentes de cada planta se consideraron como población inicial. Posteriormente, cada 30 días, de abril a diciembre, los tallos emergidos se marcaron con anillos de diferente color y se registraron, los tallos muertos se contaron y se les retiró el anillo, los cuales fueron restados a la densidad de tallos del mes correspondiente. Los datos se analizaron mediante un Diseño Completamente al Azar, con GLM de SAS/STAT (2010); la comparación de medias de todos tratamientos se efectuó mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS

En producción de forraje, el pasto switchgrass destacó por producir mayor cantidad de forraje en la suma de los dos ciclos ($P<0.05$), en comparación a pasto maicero y zacatón alcalino en 5.5 y 9.5 veces, dadas las condiciones de humedad constante, sin fertilización y altura sobre el nivel del mar (Figura 2), por tanto, en el primer año de establecimiento, el pasto menos productivo fue zacatón alcalino. Sin embargo, se observó que la producción de forraje disminuyó en switchgrass al segundo ciclo en 2.0 veces, mientras pasto maicero y zacatón alcalino incrementaron en 1.6 y 1.8 veces (dato no presentado en el presente documento).

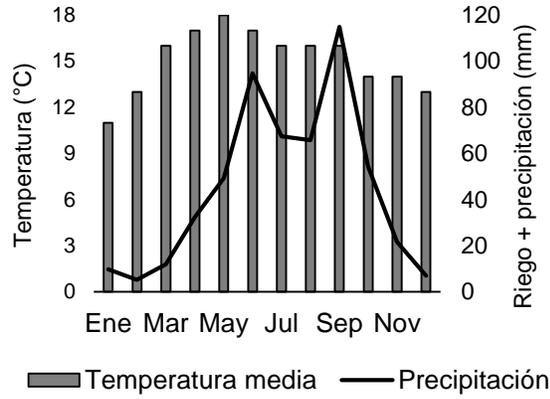


Figura 1. Condiciones climatológicas de precipitación + riego y temperatura promedio en Tulancingo de Bravo, Hidalgo durante el periodo experimental.

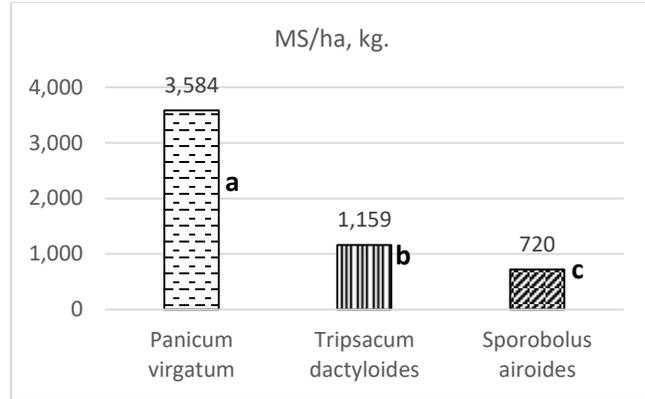


Figura 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹), en tres pastos nativos forrajeros mexicanos, establecidos en Tulancingo, Hidalgo, México. † letras minúsculas diferentes en grafica de barras son promedios estadísticamente diferentes (P<0.05).

La densidad de población de tallos en los tres pastos estudiados incrementó cada 30 días de manera constante y se observaron diferencias en aparición de tallos por planta de mayo a diciembre (P<0.0001; Figura 3). El incremento de tallos en la primera fecha respecto a la última en switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino fue 9.0, 21.6 y 10.0 veces, respectivamente, ya que eran nuevos macollos en crecimiento sin haber llegado a edad fisiológica madura. La vida productiva de los tallos es alta en las tres especies de pasto estudiadas, en promedio los tallos por especie de pasto, sobrevivió el 97.0, 95.6 y 90.4% para switchgrass, pasto maicero y zacatón alcalino, respectivamente, ya que las plantas siempre tuvieron humedad y no hubo presencia de plagas o enfermedades que repercutieran en disminuir la vida de los tallos.

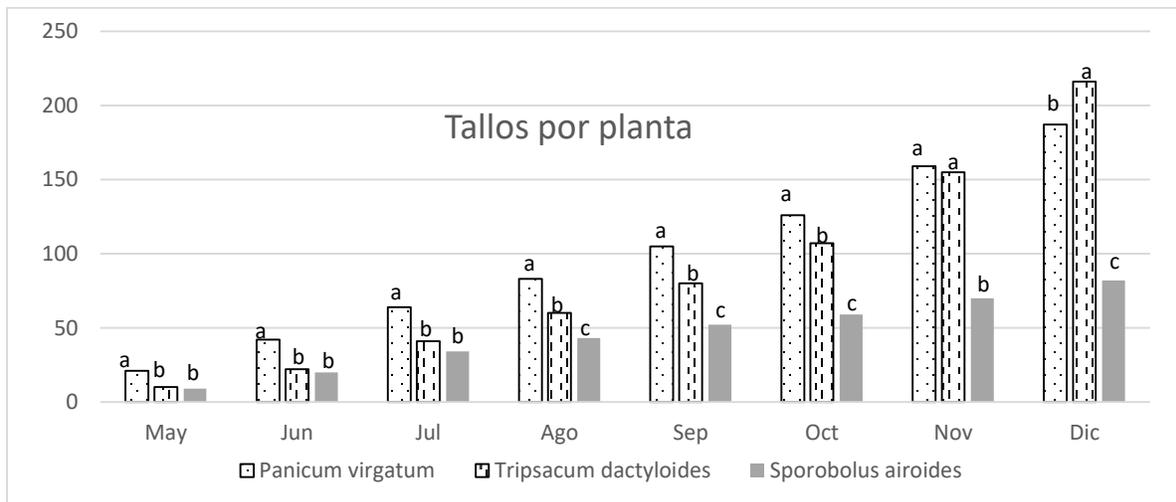


Figura 3. Tallos presentes por planta de tres pastos nativos forrajeros mexicanos, establecidos mediante trasplante de tallos a partir de plantas adultas en riego por goteo en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. † letras minúsculas diferentes en grafica de barras en el mismo mes son promedios estadísticamente diferentes (P<0.05).

La producción de forraje en suma de los dos ciclos de producción en el primer año de producción, para switchgrass (3 584 kg MS ha⁻¹) y pasto maicero (1 159 kg MS ha⁻¹), están en el rango mencionado por Marra *et al.* (2013) y Mason *et al.* (2019), respectivamente. Por otro lado, en zacatón alcalino (720 kg MS ha⁻¹) fue inferior a lo reportado por Cox (1984), pero no hay reportes en el primer año de establecimiento. La producción de forraje en switchgrass no fue afectada dados 1 168 m de diferencia con su lugar de origen (Río Verde, SLP, México), al respecto Giraldo-Cañas (2010) y Grabowski *et al.* (2014) mencionan que la mayor plasticidad genética (ploidía) permite mayor adaptabilidad, mientras que Coblenz *et al.* (2010) reportan que en este pasto la producción es más afectada por longitud, por lo que no se debe desplazar más de 500 km de su lugar de origen. En tanto que Tornqvist *et al.*, (2017) mencionan que los genotipos de switchgrass originarios de tierras bajas son de porte alto con tallos fuertes que permiten altos rendimientos de forraje.

Para la densidad poblacional de tallos de pasto maicero los valores encontrados se encuentran dentro de los rangos reportados por Springer *et al.* (2003), sin embargo, en el switchgrass potosino se comparó con los genotipos evaluados por Min *et al.* (2017) y éste es ampliamente superior en amacollar en 6.0 veces a seis meses de muestreo, además, el genotipo mexicano, los tallos tienen más vida productiva. También para el pasto maicero, variedad Pete se reportan que incrementa durante el ciclo productivo, pero al final, persiste similar cantidad de 600 tallos m² (Huang *et al.* 2016). La densidad de tallos de zacatón alcalino (82 tallos m²) fue mayor a lo reportado por Sebade y Meador (2012), los cuales fueron de 3.0 a 6.2 tallos planta⁻¹ en el primer año, lo que indica que el genotipo colectado en Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México, amacolla en mayor cantidad que genotipos de Wyoming, E.U. En los tres pastos se observó que los tallos registrados en la primera fecha persisten hasta la última, por tal motivo no se encontró abundante material muerto, ya que la aparición de tallos y baja mortalidad de los mismos trajo consigo nuevas hojas que incrementan la cantidad de peso por planta, como fue consignado por Gastal y Lamaire (2015).

CONCLUSIONES

En el primer año de establecimiento en Tulancingo, Hidalgo, la producción mayor de forraje y cantidad de hojas se observó en switchgrass, seguido de pasto maicero y zacatón alcalino. La densidad poblacional de tallos fue más destacada en switchgrass y pasto maicero.

LITERATURA CITADA

- Coblenz W.K., Jokela W.E., Hoffman P.C., Bertra M.G. 2010. Unique dairy applications of eastern gamagrass forages in Central Wisconsin: I. Yield potential. *Agronomy Journal* 102: 1710-1719.
- Cox J.R. 1984. Shoot production and biomass transfer of big sacaton [*Sporobolus wrightii*]. *Journal of Range Management* 37: 377-380.
- Giraldo-Cañas D. 2010. Distribución e invasión de gramíneas C₃ y C₄ (*Poaceae*) en un gradiente altitudinal de los Andes de Colombia. *Caldasia* 32: 65-86.
- Grabowski P.P., Morris G.P., Casler M.D., Borevitz J.O. 2014. Population genomic variation reveals roles of history, adaptation and ploidy in switchgrass. *Molecular Ecology* 23: 4059- 4073.
- Huang W., Wang D., Taylor A.G. 2016. Seed pressing to remove cupules and obtain caryopses in eastern gamagrass. *Seed Science and Technology* 44: 114-124.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 9p.

- Krizek D.T., Ritchie J.C., Sadeghi A.M., Foy C.D., Rhoden E.G., Davis J.R., Camp M.J. 2003. A four-year study of biomass production of eastern gamagrass grown on an acid compact soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 457-480.
- Marra M., Keene T., Skousen J., Griggs T. 2013. Switchgrass yield on reclaimed surface mines for bioenergy production. *Journal of Environment Quality* 42: 696-703.
- Mason K.M., Mullenix M.K., Tucker J.J., Muntifering R.B., Angle J.S., Yeager J. 2019. Overseeding eastern gamagrass with cool-season annual grasses or grass - legume mixtures. *Crop Science* 59: 2264-2270.
- Min D., Guragain Y.N., Prasad V., Vadlani P.V., Lee J. 2017. Effects of different genotypes of switchgrass as a bioenergy crop on yield components and bioconversion potential. *Journal of Sustainable Bioenergy Systems* 7: 27-35.
- Ra K., Shiotsu F., Abe J., Morita S. 2012. Biomass yield and nitrogen use efficiency of cellulosic energy crops for ethanol production. *Biomass and Bioenergy* 37: 330-334.
- Sebade B.M., Hild A.L., Meador B.A. 2012. Native Grasses Collected from Invasions Demonstrate Invasion Resistance. *Ecological Restoration* 30: 209-217.
- Springer T.L., Dewald C.L., Sims P.L., Gillen R.L. 2003. How does plant population density affect the forage yield of eastern gamagrass? *Crop Science* 43: 2206-2211.
- Tornqvist C.E., Vaillancourt B., Kim J., Buell C.R., Kaeppler S.M., Casler M.D. 2017. Transcriptional analysis of flowering time in Switchgrass. *BioEnergy Research* 10: 700-713
- SAS/STAT. 2010. Statistical Analysis System for windows. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.

PROMOVEDORES PREGERMINATIVOS PARA MAÍZ (*Zea Mays L.*) EN SUELOS ÁCIDOS

PREGERMINATIVE PROMOTERS FOR MAIZE (*Zea Mays L.*) IN ACID SOILS

Anadelia Antonio-Medina¹, Leticia Romana Gaytán-Alemán¹, Rubén López-Salazar¹, Sergio Iban Mendoza-Pedroza², Aurelio Morales-Rivera³, Dalia Iveth Carrillo-Moreno¹, Ángel Artemio Estrada-Ortigoza³

¹Postgrado Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Valle Verde, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27054. ²Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. ³Instituto Tecnológico Superior De Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670.

RESUMEN

La latencia en semillas restringe en algunas ocasiones el manejo agronómico, haciendo que se tengan problemas en la germinación. Con el fin de identificar el efecto de los promotores de la germinación en tres genotipos de maíz se realizó un experimento en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz; con un diseño de parcelas divididas con arreglo factorial, parcela grande Genotipos Gen: (G1= 405, G2=Arlequín, G3=404); parcela chica promovedores Prom (SH=Sustancia húmica, CI=Citrulina, AS=Ácido Salicílico). Se tomaron variables de: velocidad germinación (VG), porcentaje de emergencia (EMERG), volumen de tallo y hoja (VTYH), volumen de raíz (VR), clorofila (CLFI), raíces secundaria (RSEC), diámetro de tallo (DMT), numero de hojas (NH), área foliar (AF), largo de raíz (LR) y altura de la planta (ALT). Se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Se encontró que para (VG) fue para CI efectos simples Gen*Promo para el G3, de igual forma mismo genotipo pero para NH y AF, en SH y LR para AS, en la variable EMERG los tres PROMO fueron estadísticamente iguales para G2 y G3, en VTYH (SH=G2,G3 y CI=G2) y ALT fueron para SH y CI=G3; en CLFI (G1-G3=CI y G2=AS) y DMT (G1-G2=CI y G2=AS). Por lo anterior se puede observar que los genotipos que mejor se adaptan a los suelos ácidos son G2 y G3 con el promovedor CI en dosis de 1000 ppm, para acelerar la velocidad de emergencia del cultivo de maíz.

Palabras clave: Aminoácidos, ciclo de Krebs, ácido abscísico, emergencia

ABSTRACT

Seed dormancy sometimes restricts agronomic management, causing germination problems. In order to identify the effect of germination promoters on three maize genotypes, an experiment was conducted at the Juan Rodríguez Clara Higher Technological Institute, Veracruz; with a split plot design with factorial arrangement, large plot Genotypes Gen: (G1= 405, G2=Arlequin, G3=404); small plot promoters Prom (SH=Humic Substance, CI=Citrulline, SA=Salicylic Acid). Variables were taken from: germination rate (VG), emergence percentage (EMERG), stem and leaf volume (VTYH), root volume (VR), chlorophyll (CLFI), secondary roots (RSEC), stem diameter (DMT), number of leaves (NH), leaf area (AF), root length (LR) and plant height (ALT). An analysis of variance and Tukey means tests ($\alpha \leq 0.05$) were performed. It was found that for (VG) it was for CI simple Gen*Promo effects for G3, in the same way, same genotype but for NH and AF, in SH

and LR for AS, in the EMERG variable the three PROMO were statistically equal for G2 and G3, in VTYH (SH=G2,G3 and CI=G2) and ALT were for SH and CI=G3; in CLFI (G1-G3=CI and G2=AS) and DMT (G1-G2=CI and G2=AS). Therefore, it can be seen that the genotypes that best adapt to acid soils are G2 and G3 with the CI promoter at a dose of 1000 ppm, to accelerate the speed of emergence of the corn crop.

Keywords: Amino acids, Krebs cycle, abscisic acid, emergence

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está alterando la germinación de numerosas especies vegetales, de ahí surge la importancia de conocer más sobre el proceso de la germinación; las semillas contienen sustancias bioactivas (Debouza *et al.*, 2021). Con la activación de los primeros procesos, las mitocondrias son activadas, donde se estimula para llevar a cabo en inicio de la glucólisis, seguido por el ciclo de Krebs, donde actúan enzimas, hormonas, y algunas moléculas específicas del ARN mensajero para la síntesis de ARNm, ARNt, ARNr y ADN, también surgen procesos de alargamiento celular, síntesis de proteínas (Matilla 2008; Ali y Elozeiri, 2017). Con el uso de tratamientos pregerminativos se puede ayudar al proceso de la germinación (Bautista-Rodríguez *et al.*, 2017). El uso de la citrulina podría resultar un tratamiento químico, se conocen pocos estudios que se usen para estimular la germinación sin embargo, Song *et al.*, (2020) menciona que es un componente que aumenta los niveles del aminoácido arginina y mejora el equilibrio del nitrógeno. Por otro lado, existen, sustancias húmicas (HS) que son pequeñas moléculas heterogéneas, constituyentes de la materia orgánica del suelo que facilitan el transporte de las moléculas orgánicas e inorgánicas (Giachin *et al.*, 2017), promoviendo la absorción de nutrientes iónicos y la eficiencia en el uso de nutrientes porque catabolizan el carbono para liberar energía y el metabolismo de los aminoácidos (Popa *et al.*, 2022). Chitnis *et al.*, (2014) menciona que en la germinación debe haber un equilibrio con la hormona giberelina (GA; sin embargo, existen otras hormonas vegetales implicadas, como el ácido salicílico (SA) en semillas dicotiledóneas, porque modula el nivel celular reduciendo el daño oxidativo de especies reactivas de oxígeno (ROS), mejorando el vigor de las semillas, la síntesis de enzimas antioxidantes y la movilización de las proteínas de almacenamiento de las semillas (Rajjou *et al.*, 2006). Zetina-Lezama *et al.*, (2017) y Tosquy-Valle *et al.*, (2020) mencionan que los suelos ácidos son de clima tropical y se encuentran en sur del país; en el estado de Veracruz hay suelos con reacción extremadamente ácida, específicamente en los municipios de Juan Rodríguez Clara e Isla, materia orgánica deficiente, nitrógeno inorgánico, por todo lo antes mencionado la germinación, desarrollo y productividad se ve limitada en estas zonas (Morales-Rivera *et al.*, 2015). Conociendo el potencial de los tratamientos pregerminativos, existirá un efecto de los diferentes promovedores de la germinación con la semilla de maíz en los suelos ácidos. El presente estudio evaluó el efecto de los diferentes promotores de la germinación con referencia a tres genotipos de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara en primavera-verano, ubicado en Juan Rodríguez Clara, Veracruz, coordenadas geográficas 18° 00 6.1 LN y 95° 24 1.7 LO, altitud de 133 m. El clima, según Köppen modificado por García (2004) cálido subhúmedo (AW₀), de temperatura media de 24.5° C, precipitación media anual de 1100 mm, tipo de suelo, Cambisol dístrico, pH fuertemente ácido (Tosquy-Valle *et al.*, 2020).

Establecimiento del experimento y variables.

El experimento se evaluó en un terreno de 1800 m² de superficie, labranza cero, fecha de siembra, 11 de junio del 2021, se remojó la semilla con los tratamientos por una hora, se aplicó herbicida atrazina. Las variables que se midieron: porcentaje de emergencia del cultivo (PEC), coeficiente de velocidad de germinación (CVG) (Sobarzo-Bernal *et al*, 2021), volumen hoja y tallo por el método de desplazamiento del agua, (VTYH) en mm (Angulo-Castro *et al.*, 2017), largo de raíz (LR) en cm, área foliar (AF) cm², (Berdjour *et al*, 2020), clorofila (CL) (Mendoza-Tafolla *et al*, 2022), número de hojas. El porcentaje de emergencia del cultivo (PEC) A partir del día tres de la siembra se cuantificó, diario, el porcentaje de semillas emergidas (PE) y la tasa de emergencia (TE) (Martínez-Solís et al., 2010).

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con un arreglo factorial de 3x3 con 3 repeticiones. El factor de estudio fueron los Genotipos (G1=MS 405, G2=Arlequín, G3= MS 404): factor A y los (promovedores): Factor B (AS=ácido salicílico, CI=citrulina, SH=sustancias húmicas). Se realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey; P <0.05). Todos los análisis fueron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Influencia de las medias en la emergencia de los genotipos con respecto a los controladores

Como se puede observar en el cuadro de doble entrada (Cuadro 1) el comportamiento de las medias de los efectos principales con respecto a la germinación de los genotipos (G1, G2, G3) para la variable (VG, EMERG, NH y ALT) fue estadísticamente diferente para (G2) y (G3), igualmente fue para (DMT) sin embargo, solo para (G2), no hubo diferencia estadística por genotipos para las variables (VTYH, CLFI, AF y LR). Por otra parte, el efecto que existió en los controladores por genotipos no fue estadísticamente diferente en (VG, DMT), a pesar de ello existió para (EMERG y CLFI) para (CI), también para (VTYH, NH y AF) pero con (SH) y (LR) para (AS), estadísticamente fueron iguales (SH Y CI) para (ALT). También se tienen los efectos simples, donde se observa que la VE fue estadísticamente diferente en él (G3) con la combinación de (CI), con respecto a EMERG los promovedores de menor porcentaje fueron para (SH y AS) con él (G1), en cuanto a VR, RSEC no mostraron diferencias estadísticas. En la variable de VTYH el efecto de los controladores se presentó en los genotipos (G2 y G3=SH) y solo (CI=G2); en la CLFI tuvo efecto en los (G1 y G3) para (CI) él (AS) en él (G2). Con respecto al DMT, tuvieron efecto en los (G1 y G2) para (CI) y solo para el G2 (AS); NH AF, LR y ALT tuvo el efecto de diferencia estadística en los (G3) pero con diferente controlador; sin embargo, en NH y AF fueron para (SH) y LR con ALT fueron, (AS) para el LR y ALT, (SH) (CI).

Cuadro 1. Efectos de las medias de los genotipos (G1), (G2), (G3) con respecto a los controladores, sustancias húmicas (SH), citrulina (CI) y ácido salicílico (AS) y su interacción entre ellos para las variables velocidad de germinación (VG), emergencia (EMERG), volumen de tallo y hoja (VTYH), velocidad de raíz (VR), clorofila (CLFI), raíces secundarias (RSEC).

VAR	GEN	Promovedor			
		SH	CI	AS	MEDIA
VG	G1	13.75 cd	15.66 bcd	9.17 d	12.86 b
	G2	18.87 abc	18.21 abc	22.54 ab	19.87 a
	G3	22.63 ab	24.06 a	22.38 ab	23.02 a
	MEDIA	18.41 a	19.31 a	18.03 a	
EMERG	G1	60 b	84 a	60 b	68 b
	G2	90 a	93 a	100 a	94 a
	G3	90 a	94 a	94 a	93 a
	MEDIA	80 b	90 a	85 ab	
VTYH	G1	10.1 ab	12.7 ab	6.2 b	9.6 a
	G2	15.0 a	15.0 a	12.0 ab	14.0 a
	G3	15.0 a	7.0 b	9.0 ab	10.3 a
	MEDIA	13.4 a	11.6 ab	9.1 b	
CLFI	G1	45.6 ab	51.9 a	44.0 ab	47.2 a
	G2	40.1 ac	46.7 ab	53.6 a	44.1 a
	G3	31.9 c	51.5 a	37.0 bc	40.1 a
	MEDIA	39.2 c	50.1 a	44.9 b	
DMT	G1	0.54 bc	0.77 a	0.40 c	0.57 b
	G2	0.70 ab	0.83 a	0.80 a	0.78 a
	G3	0.70 ab	0.60 abc	0.70 ab	0.67 ab
	MEDIA	0.65 a	0.73 a	0.63 a	

VAR	GEN	Promovedor			
		SH	CI	AS	MEDIA
NH	G1	6.1 b	6.0 b	4.7 c	5.6 b
	G2	7.0 ab	7.0 ab	7.0 ab	7.3 a
	G3	8.0 a	6.0 b	7.0 ab	7.0 a
	MEDIA	7.0 a	6.3 b	6.2 b	
AF	G1	61.2 abc	63.7 abc	45.5 bc	56.8 a
	G2	51.2 abc	78.2 ab	61.9 abc	74.0 a
	G3	81.9 a	40.5 c	43.5 c	55.3 a
	MEDIA	64.8 a	60.8 ab	50.3 b	
LR	G1	20.2 b	25.7 b	23.0 b	23.0 a
	G2	21.0 b	33.7 ab	25.0 b	28.6 a
	G3	27.0 b	25.0b	47.0 a	33.0 a
	MEDIA	22.7 b	28.1 ab	31.7 a	
ALT	G1	7.81abc	6.46 bc	6.03 c	6.77 b
	G2	8.31 ab	8.67ab	7.88 abc	8.29 a
	G3	9.52 a	9.98 a	7.94 abc	9.15 a
	MEDIA	8.55 a	8.37 a	7.28 b	

†Las variables VG, EMERG, VTYH, CLFI, DMT, NH, AF, LR, ALT, presentaron diferencias estadísticas entre los genotipos y los promotores (SH, CI, AS) ($p \leq 0.05$). a,b,c: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). VG=%, EMERG=%, VTYH=mm, CLFI=nm, DMT=mm, AF=cm², LR=cm y ALT=cm.

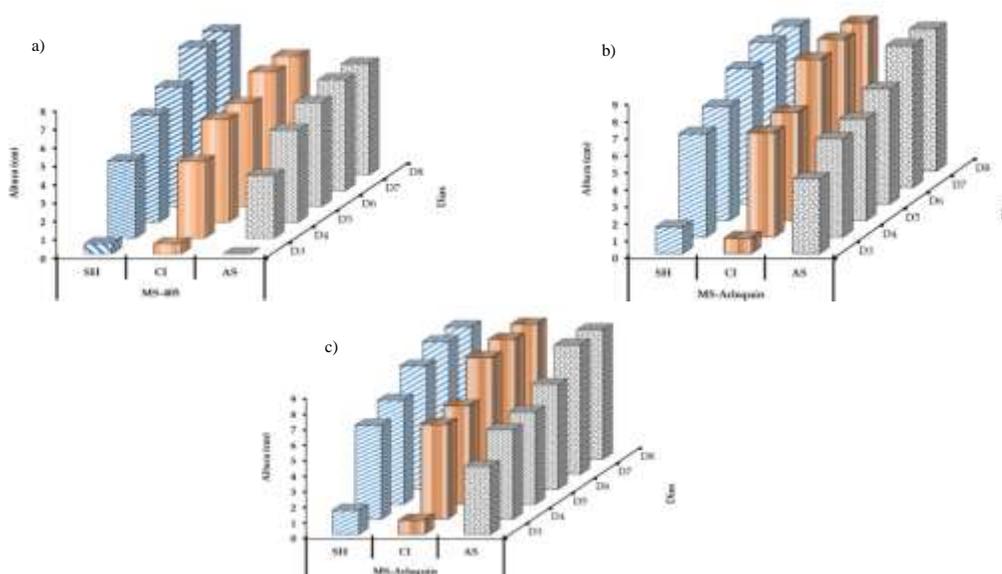


Figura 1. Altura de los G1, G2, G3=405, Arlequín y 404 durante 8 días después de la emergencia, con respecto a los controladores SH=sustancia húmica, CI= citrulina y AS= ácido salicílico

Emergencia en suelos ácidos

Con la hidratación de los tratamientos pregerminativos, las semillas mostraron un aumento en las diversas actividades metabólicas por las enzimas expresando, para VG y EMERG para genotipos y en los efectos de las medias del Cuadro 1 presentaron diferencias estadísticas para efectos simples genotipos * promovedores (GEN*PROM) fue para (CI) en VG, y entre promovedores (EMERG) también para (CI); la citrulina es un componente que mejora los niveles de L-arginina, ayuda a producir óxido nítrico, este proceso lleva la ruta glucolítica-ciclo de Krebs (Valle *et al.*, 2017), Song *et al.*, (2020) menciona que la citrulina, mejora el equilibrio del nitrógeno soluble porque elimina los radicales hidroxilo y protege del daño oxidativo en las enzimas celulares, (Boulter y Barber 1963; Galili *et al.*, 2014) al tener más disponible el nitrógeno soluble por la acción de la síntesis de los aminoácidos aumenta de energía por el ATP estas se desarrollan y crecen más rápido por los procesos fisiológicos-bioquímicos antes mencionados (Rosental *et al.*, 2014) Figura 1(a,b,c) Por otra parte, también se observaron efectos simples de los efectos en (Gen*Promo) en las variables VTYH, CLFI, DMT, ALT para citrulina en los genotipos G1, G2 y G3, Song *et al.*, 2020 menciona que con la citrulina se mostraron aumentos en los tejidos de los tallos y hojas, el contenido de clorofila por la asimilación del nitrógeno, además de contribuir a proteger los tejidos verdes del daño por estrés oxidativo secundario. Así mismo en mismo Cuadro 1 se muestra el efecto simple del controlador Ácido salicílico (AS) el cual tuvo efecto para EMERG, por (Gen*Promo) en los G2 y G3, CLRF, DMT, en G2, y LR G3 este último también para (Promo) Bijanzadeh *et al.*, (2019); Dzib-Ek *et al.*, (2022) menciona que el ácido salicílico en concentraciones 1 y 0.01 μM favorece significativamente la longitud radicular de las plántulas y la formación de raíces secundarias en comparación con los controles aumentaron significativamente ($p < 0.05$) al ser una hormona vegetal está involucrada en la regulación de varios procesos de crecimiento y desarrollo de plantas, incluida la germinación de semillas, mejorando su vigor (Rangel *et al.*, 2010; Chitnis *et al.*, 2014).

Para sustancias húmicas (SH), Figura 1-3 se observa que presento desarrollo de tallos y hojas, Bijanzadeh *et al.*, (2019) menciona que el ácido húmico mostró efectos bioquímicos aumentos en la permeabilidad de la membrana celular, absorción de potasio, fotosíntesis y respiración, su aplicación en híbridos de maíz tuvieron efectos positivos en la mejora del crecimiento de las plántulas, y se relaciona con las vías metabólicas de los metabolismos primarios del ciclo del ácido tricarbóxico (TCA) o ciclo de Krebs y metabolismo de los aminoácidos (Popa *et al.*, 2022), como se puede observar que entre promovedores no existió diferencia estadística en la velocidad de germinación Cuadro 1.

CONCLUSIONES

La aplicación en remojo por una hora de los tratamientos pregerminativos hacia los híbridos de maíz tuvo efectos positivos en la velocidad y el porcentaje de germinación, así como el desarrollo de la plántula. Existió una alta significancia en la velocidad de emergencia, para el promovedor citrulina con un estímulo de 1000 ppm, reflejándose en la emergencia en un 94 y 93 % de los genotipos 2 y 3, (MS-404 y Arlequín), para suelos ácidos, del mismo modo, se observó cómo se tuvo un incremento en clorofila, volumen, número, altura de tallo y hoja, de esos mismos genotipos durante el monitoreo de 15 días después de que emergió la planta, sería de mucha utilidad darle un seguimiento con otros estudios, para monitorear hasta donde llegan los efectos de los tratamientos

pregerminativos aplicados y se pueda establecer si estas aplicaciones tienen incidencias en la finalización de la producción o habría que seguir realizando más aplicaciones.

LITERATURA CITADA.

- Ali AS. y Elozeiri AA 2017. Metabolic Processes During Seed Germination. *Seed Biology*. 8:141-166. DOI: 10.5772/intechopen.70653
- Angulo-Castro A, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A, Almaraz-Suárez JJ, Delgadillo-Martínez J, Jiménez-Fernández M y García-Barradas O 2017. Crecimiento y eficiencia fotoquímica en del fotosistema ii plántulas de 2 variedades de *Capsicum* inoculadas *annuum* L. con rizobacterias u hongos micorrícicos arbusculares. *Revista de Argentina de Microbiología* 50(2): 178-188
- Bautista-Rodríguez EI, Lagunes-Espinoza LC, Lara-Viveros FM, Castelán-Estrada M, Conde-Martínez V 2017. Comparison of pre-germination treatments in *Lupinus* spp. and their effects on germination and related solutes. *Botanical Sciences* 95(3): 577-590, <https://doi.org/10.17129/botsci.893>
- Berdjour A, Yakamba Dugje I, Yaya Kamara A, Abdul Rahman N, Asomaning Odoo D y Ajala S. 2020. Direct Estimation of Maize Leaf Area Index as Influenced by Organic and Inorganic Fertilizer Rates in Guinea Savanna. *Journal of Agricultural Science*. 12(6): 66-75
- Bijanzadeh E, Naderi R, and Egan TP 2019. Exogenous application of humic acid and salicylic acid to alleviate seedling drought stress in two corn (*Zea mays* L.) hybrids. *Journal of Plant Nutrition*. 42(13): 1483–1495
- Boulter D, Barber J. T. 1963. Amino-acid metabolism in germinating seeds of vicia faba l. In relation to their biology. The Hartley Botanical Laboratories, University of Liverpool. 301-316
- Chitnis VR., Gao F, Yao Z, Jordan MC, Park S, Ayele BT 2014. After-Ripening Induced Transcriptional Changes of Hormonal Genes in Wheat Seeds: The Cases of Brassinosteroids, Ethylene, Cytokinin and Salicylic Acid. *PLOS ONE*. 9(1):1-14
- Debouza NE, Thruppoyil SB, Gopi K, Zain S, Ksiksi T 2021. Plant and seed germination responses to global change, with a focus on CO₂: A review. *One Ecosystem*.1-34
- Dzib-Ek G, Villanueva-Couoh E, Garruña-Hernández R, Vergara Yoisura S, Larqué-Saavedra A 2022. Efecto del ácido salicílico en la germinación y crecimiento radicular del tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 12(4): 735-740
- Galili G, Avin-Wittenberg T, Angelovici R and Fernie AR 2014. The role of photosynthesis and amino acid metabolism in the energy status during seed development. *Frontiers in Plant Science*. 5(447):1-6 <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00447>
- García AE 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Offset Larios. México. 246
- Giachin G, Nepravishta R, Margon A, Mandaliti W, Melino S, Legname G, Scaini D, Mazzei P, Alessandro P, Maurizio P, Liviana L 2017. The mechanisms of humic substances selfassembly with biological molecules: The case study of the prion protein *PLoS ONE* 12(11): 1-16 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188308>
- Martínez-Solís SJ, Virgen VJ, Peña OMG, Santiago RA 2010. Índice de velocidad de emergencia en líneas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 1(3): 289-304
- Matilla AJ 2008. Desarrollo y germinación de las semillas. *Fundamentos de Fisiología vegetal*. Madrid, McGraw-Hill, Interamericana.1-22
- Mendoza-Tafolla RO, Juárez-Lopez P, Ontiveros-Capurata RE, Alia-Tejagal I, Guillén-Sánchez D, Villegas-Torres OG y Chávez-Bárcenas AT. 2022. Estimación de la concentración de clorofila, nitrógeno y biomasa en arúgula (*Eruca sativa* Mill.) mediante mediciones portátiles no destructivas. *Bioagro* 34(2): 151-162. <http://www.doi.org/10.51372/bioagro342.5>
- Morales RA, López CC, Kohashi SJ, Miranda CS y García EA. 2015. Comparación de los componentes del rendimiento en variedades de frijol en condiciones de acidez y humedad residual del suelo en el sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana* 33(4): 309-319
- Popa DG, Lupu C, Constantinescu-Aruxandei D, and Oancea F 2022. Humic Substances as Microalgal Biostimulants—Implications for Microalgal Biotechnology. *Mar Drugs*. *Biotechnology* 20(5):327 <https://doi.org/10.3390/md20050327>
- Rajjou L, Belghazi M, Huguet R, Robin C, Moreau A, Job C, and Job D 2006. Proteomic Investigation of the Effect of Salicylic Acid on *Arabidopsis* Seed Germination and Establishment of Early Defense Mechanisms. *Plant Physiology*, 141(3): 910–923

- Rangel SG, Castro ME, Beltrán PE, Reyes de la CH y García PE 2010. El ácido salicílico y su participación en la resistencia a patógenos en plantas. *Biológicas*. 12(2): 90–95
- Rosental L, Nonogaki H, Fait A 2014. Activation and regulation of primary metabolism during seed germination. *Seed Science Research*. 24(1): 1-15 <https://doi.org/10.1017/S0960258513000391>
- SAS, 2009 SAS Institute. SAS/STAT®9.2. User Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 111.
- Sobarzo-Bernal O, Gómez-Merino FC, Alcántar-González G, Saucedo-Veloz C y Trejo-Téllez LI. 2021. Biostimulant Effects of Cerium on Seed Germination and Initial Growth of Tomato Seedlings. *Agronomy* 11(1525): 1-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081525>
- Song Q, Joshi M, DiPiazza J y Joshi V 2020. Functional Relevance of Citrulline in the Vegetative Tissues of Watermelon During Abiotic Stresses. *Frontiers in Plant Science*. 11(512): 1-13
- Tosquy-Valle OH, Zetina-Lezama R, López-Salinas E, Ibarra-Pérez FJ, Villar-Sánchez B. y Rodríguez-Rodríguez JR. 2020. Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana* 38: 91-102. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>
- Valle MR, Covarrubias PJ, Ramírez PJG, Aguirre MCL, Iturriaga de la FG, Raya PJC 2017. Efecto del osmoacondicionamiento sobre la germinación del maíz tipo palomero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2):1-16

**COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE GRANO Y BIOMASA DE TRES
VARIEDADES DE TRITICALE (*x Triticosecale Wittmack*) EN
CONDICIONES DE RIEGO EN CHIHUAHUA**

**COMPONENTS OF GRAIN YIELD AND BIOMASS OF THREE VARIETIES OF
TRITICALE (*x Triticosecale Wittmack*) UNDER IRRIGATED CONDITIONS IN
CHIHUAHUA**

Victoria Guadalupe Fierro Candia¹, Carlos Raúl Morales Nieto¹, Alan Álvarez Holguín¹, Raúl Corrales Lerma y Nelson Guadalupe Aguilar Palma¹.

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el potencial de grano y forraje de tres variedades de triticale en el estado de Chihuahua. Las variedades fueron intermedia, precoz y facultativa. Los componentes de rendimiento fueron estimados mediante muestras. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (AP), longitud de espiga (LE) y números de espiguillas por espiga (EPE). Las espigas se trillaron de manera individual y se contaron los granos por espiga (GPE) y peso de granos por espiga (PGE). Para estimar el número de espigas por m² (EPMC) se contaron las presentes por m² en cada muestra por variedad. A los datos se le realizó análisis de varianza y comparación de medias (Tukey 0.05). Se usó el paquete estadístico SAS 9.0 (SAS, 2002). El mayor rendimiento de grano lo presentaron la variedad precoz (328.53 g m⁻²) y facultativa (331.60 g m⁻²), siendo diferentes (P < 0.0001) a la variedad intermedia (287.15 g m⁻²). En peso de granos por espiga fue la precoz la que obtuvo el mayor peso (2.20 g), siendo estadísticamente similar (P<0.05) a la facultativa (2.13 g), pero diferente (P>0.05) a la variedad intermedia (1.37 g). La variedad intermedia presentó el mayor rendimiento de forraje (373.50 g m⁻²) y fue diferente (P > 0.0001) a la facultativa (354.67 g m⁻²) y precoz (277.46 g m⁻²). Se recomiendan a la variedad Facultativa y Precoz para producción de grano, sin embargo, si el propósito del productor es producir forraje, se recomienda utilizar la variedad intermedia y facultativa.

Palabras clave: Triticale, rendimiento de grano, rendimiento de forraje, variedades.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the grain and forage production potential of three varieties in the state of Chihuahua. The varieties were intermediate, early and facultative. Yield components were estimated from samples- The variables were: plant height (PH), spike length (SL) and number of spikelets per spike (SS). The spikes were threshed individually and grains per spike (GE) and weight of grains per spike (WGS) were measured. To estimate the number of spikes per m² (SPMQ), the spikes present per m² per sample per variety were counted. Analysis of variance and comparison on means (Tukey 0.05) were performed on the data. The statistical package SAS 9.0 (SAS, 2002) was used. The highest grain yield was presented by the early variety (328.53 g m⁻²) and facultative (331.60 g m⁻²), being different (P < 0.0001) to the intermediate variety (287.15 g m⁻²). In weight of grains per spike, the early one obtained the highest weight (2.20 g), being statistically similar (P<0.05) to the facultative (2.13 g), but different (P>0.05) to the intermediate

variety (1.37 g). The intermediate variety presented the highest forage yield (373.50 g m⁻²) and was different ($P > 0.0001$) from the facultative (354.67 g m⁻²) and early (277.46 g m⁻²). The facultative and early varieties are recommended for grain production, however, if the producer's purpose is to produce forage, it is recommended to use the intermediate and facultative varieties.

Keywords: Triticale, grain yield, forage yield, varieties.

INTRODUCCIÓN

El triticale (*x Triticosecale* Wittmack) es un cereal híbrido producto del cruzamiento entre el trigo (*Triticum aestivum* L.) y el centeno (*Secale cereale* L.) reportado por primera vez en Escocia en 1875 y reproducido en 1937 dando como resultado ejemplares no estériles gracias al uso de colchicina (Lorenz & Pomeranz, 1974; Ślusarkiewicz-Jarzina *et al.*, 2017). El triticale fue introducido en los años 60's a México durante los programas de mejoramiento genético en donde se eliminaron las deficiencias del triticale como; baja productividad de grano, marchitamiento del mismo, semilla formada de manera inadecuada, brotación prematura y tallos altos que provocaba el doblamiento del mismo, hasta que fue fertilizada con polen de trigo enano y mediante selección controlada se generó la variedad Armadillo (Mergoum & Macpherson, 2004; Mergoum *et al.*, 2009; Zillinsky, 1974). El triticale se usa para consumo animal (forraje y grano) pero se espera que su cultivo aumente por su rusticidad y llegue a ser atractivo como cereal ante la gente por su alto contenido proteico incluso más que el trigo (Glamočlija *et al.*, 2018). Por la importancia de lo anterior, se planteó la presente investigación, cuyo objetivo fue evaluar el potencial de producción de grano y forraje de tres variedades de triticale en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano del año 2022 en el Campo Experimental Teseachi de la UACH, en Chihuahua, México, localizado en las coordenadas 28.89° latitud norte y -107.45° longitud oeste y 1940 msnm. El área tiene un clima seco-árido, con temperaturas máxima de 31.6 C en junio y mínimas de -5.9 C en enero y un promedio de 13 C, una precipitación de 580 mm y cuenta con una textura franca-arenosa a arcillo-arenosa con buen drenaje, alto en materia orgánica y escurrimiento moderado (Trevizo, 2016; García, 1988).

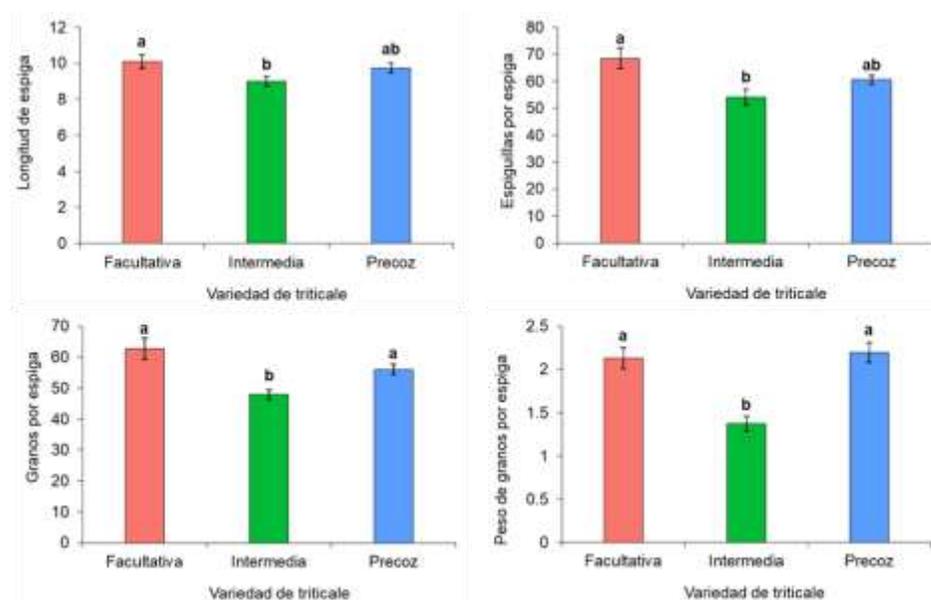
Se evaluaron tres variedades de triticale comerciales, la siembra se hizo en parcelas de 1.5 hectáreas por variedad durante el mes de enero del 2022 con una densidad de siembra de 150 kg ha⁻¹ con una sembradora Jhon Deere 9350 con 10 cm entre hileras: Se utilizaron los fertilizantes 11-52-00 al momento de la siembra con 160 kg y 46-00-00 con 200 kg a los 77 días después de la siembra, el riego se aplicó a la siembra y seis más de auxilio, más deshierbes manuales.

La medición y estimación del rendimiento de grano y sus componentes se realizó en la etapa de cosecha mediante cuadrantes, hoces y bolsas de papel, las plantas se cortaron a 5 cm del suelo y se secaron por 15 días en un invernadero. Las variables evaluadas fueron altura de planta (AP), longitud de espiga (LE), número de espiguillas por espiga (EPE). Las espigas se trillaron de manera individual y se midieron los granos por espiga (GPE) y peso de granos por espiga (PGE). Para estimar el número de espigas por m² (EPMC). Además, se evaluó el peso de 1000 granos (PMG), rendimiento de grano (RG) y forraje (RF). Finalmente, los datos obtenidos se analizaron mediante un ANOVA y una comparación de medias de Tukey (0.05) usando el paquete estadístico SAS 9.0

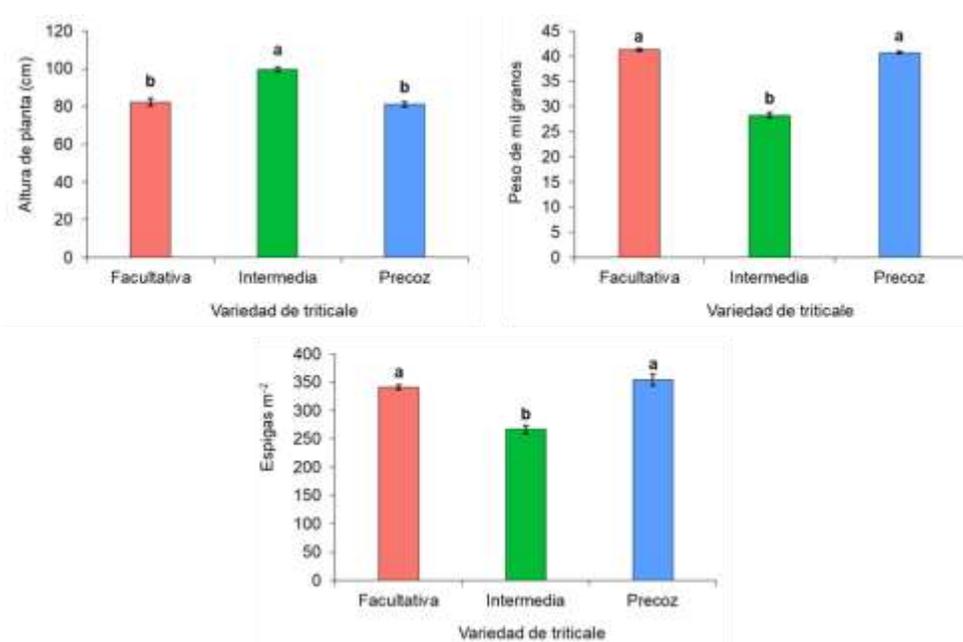
(SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

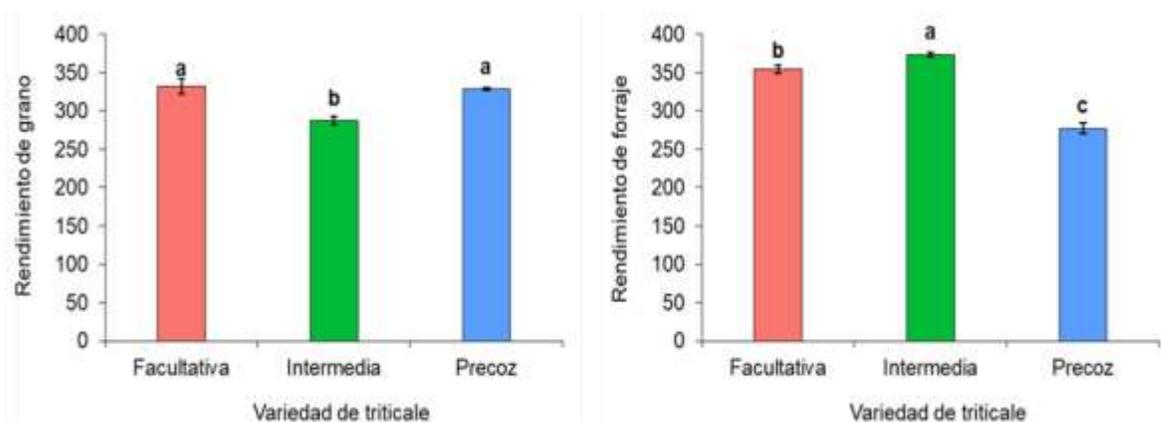
Al analizar la variable longitud de espiga en las tres variedades, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) entre la variedad facultativa (10.10 cm) y precoz (9.75 cm), comportamiento similar se presentó en espiguillas por espiga, siendo la facultativa (68.53) y precoz (60.60) estadísticamente iguales ($P < 0.05$). En granos por espiga la variedad facultativa (62.67) y precoz (56.00) resultaron estadísticamente iguales ($P < 0.05$). En peso de granos por espiga fue la precoz la que obtuvo el mayor peso (2.20 g), siendo estadísticamente similar ($P < 0.05$) a la facultativa (2.13 g; Gráfica 1). Al respecto Biadial *et al.* (1995) reportan rangos de alturas de planta desde 73 hasta 109 cm, de 17 a 47 espiguillas por espiga y de 3 a los 82 granos por espiga. En altura de planta la variedad intermedia mostró mayor altura (99.53 cm), siendo estadísticamente diferente ($P < 0.0001$) a las variedades facultativa (82.23 cm) y precoz (81.10 cm). El peso de 1000 granos mostró efecto significativo ($P < 0.0001$), siendo la variedad facultativa (41.2 g) y precoz (40.7 g) estadísticamente iguales ($P < 0.0001$). El número de espigas m^{-2} en las variedades facultativa (354.40) y precoz (340.80) fueron estadísticamente iguales ($P > 0.0001$; Gráfica 2). En rendimiento de grano, no se encontraron diferencias ($P < 0.0001$) entre la variedad facultativa (331.60 $g\ m^{-2}$) y la precoz (328.53 $g\ m^{-2}$) pero en rendimiento de forraje si se encontraron diferencias ($P > 0.0001$) entre variedades, siendo la intermedia la que presentó los mayores rendimientos de forraje (373.50 $g\ m^{-2}$) y fue estadísticamente diferente ($P > 0.0001$) a la variedad facultativa (354.67 $g\ m^{-2}$) y precoz (277.46 $g\ m^{-2}$; Gráfica 3). Mendoza *et al.* (2011) al evaluar época y densidad de siembra en producción y calidad de semilla de triticale reportan que la longitud de espiga se relacionó directamente con el número de espiguillas por espiga, granos por espiga, peso de granos por espiga, peso de mil granos y rendimiento de grano y concluyen que la densidad de siembra de 150 $kg\ ha^{-1}$ resultó ser un factor importante para lograr mayor desarrollo de espiga, pero que este crecimiento de la espiga disminuye significativamente a densidades de siembra de 75 a 50 $kg\ ha^{-1}$. Este mismo comportamiento se observó en rendimiento de grano a una densidad de siembra de 150 $kg\ ha^{-1}$. Jung y Lelley (1985) al evaluar interacciones genéticas entre genomas de trigo y centeno en triticale, reportan alturas de planta desde 43.9 hasta 81.9 cm, longitud de espiga desde 10.1 hasta 12.2 cm, número de espiguillas por espiga desde 46.8 hasta 54.2, granos por espiga desde 29 hasta 45.1 y peso de mil granos de 42.5 a 55.2 g.



Gráfica 1. Comportamiento de cuatro variables de rendimiento de grano en tres variedades de triticale (x *Triticosecale* Wittmack).



Gráfica 2. Comportamiento de tres variables de rendimiento de grano en tres variedades de triticale (x *Triticosecale* Wittmack).



Gráfica 3. Comportamiento de dos variables de rendimiento de grano y forraje de tres variedades de triticale (x *Triticosecale* Wittmack).

CONCLUSIÓN

La variedad facultativo y precoz presentaron los mayores rendimientos de grano. La variedad intermedia y facultativo presentaron los mayores rendimientos de forraje. De las tres variedades evaluadas se recomiendan a la variedad facultativa y precoz para producción de grano, sin embargo, si el propósito del productor es producir forraje de triticale, se recomienda utilizar la variedad intermedia y facultativo.

LITERATURA CITADA

- Badiali, O. J. J., Lovey, R., & Rolando, R. O. (1995). Heredabilidad y coeficientes de variación fenotípica y genética de caracteres agronómicos en triticale (*Triticosecale* Wittmack). *Agriscientia*, 12, 19-23.
- García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 217 p.
- Lorenz, K., & Pomeranz, Y. (1974). The history, development, and utilization of triticale. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 5(2), 175-280. <https://doi.org/10.1080/10408397409527174>
- Glamočlija, N., Starčević, M., Ćirić, J., Šefer, D., Glišić, M., Baltić, M. Ž., & Glamočlija, Đ. (2018). The importance of triticale in animal nutrition. *Ветеринарски журнал републике српске*, 18, 73-94. DOI: 10.7251/VETJEN1801073G
- Jung, C., & Lelley, T. (1985). Genetic interactions between wheat and rye genomes in triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 70(4), 427-432.
- Mendoza M., Cortez E., Rivera J. G., Rangel J. A., Andrio E., & Cervantes F. (2011). Época y densidad de siembra en la producción y calidad de semilla de triticale (X *Triticosecale* Wittmack). *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 309-316.
- Mergoum, M., & Macpherson, H. G. (2004). *Triticale improvement and production* (Vol. 179). Food & Agriculture Org. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=vDp7R1CDXZ0C&oi=fnd&pg=PR9&dq=triticale+improvement+and+production+book&ots=pR38_UlbRW&sig=YvOsRmsTTTbzSxi4aUEAWPBY8Ok#v=onepage&q&f=false
- Mergoum, M., Singh, P. K., Pena, R. J., Lozano-del Río, A. J., Cooper, K. V., Salmon, D. F., & Gómez Macpherson, H. (2009). Triticale: a “new” crop with old challenges. In *Cereals*, 267-287. https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_9
- Ślusarkiewicz-Jarzina, A., Pudelska, H., Woźna, J., & Pniewski, T. (2017). Improved production of doubled haploids of winter and spring triticale hybrids via combination of colchicine treatments on anthers and regenerated plants. *Journal of applied genetics*, 58(3), 287-295. <https://doi.org/10.1007/s13353-016-0387-9>
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. (2002). *SAS/STAT User’s Guide*. Version 8, 6th Edition, SAS Institute, Cary, 112.

- Trevizo, A. (2016). Caracterización del componente natural del rancho experimental Teseachi como insumo para su ordenamiento ecológico territorial. [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chihuahua].
- Zillinsky, F. J. (1974). The development of triticale. *Advances in Agronomy*, 26, 315-348.
[https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60875-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60875-5)

SISTEMA DE ALERTA DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) CON AGRO-PRON

Nadiezhdá Ramírez-Cabral*¹, Miguel Ángel González-González², Arturo Corrales-Suastegui²,
Jaime Mena Covarrubias¹.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

¹Campo Experimental Zacatecas. Carretera Zacatecas – Fresnillo km. 24.5. CP. 98500. INIFAP. ²Campo Experimental Pabellón.

ramirez.nadiezhdá@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años las condiciones climáticas han venido cambiando y afectando pastizales incrementándose los daños por plagas. *Spodoptera frugiperda* se alimenta de varias especies de gramíneas y ha sido muy difícil controlarla. Por otro lado, actualmente, existe información escasa de pronósticos climáticos diarios con alcance quincenal. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema de alerta para gusano cogollero basándose en el pronóstico de unidades calor con AgroPron. El sistema de alerta integra las condiciones de clima que favorecen el desarrollo del gusano cogollero así como aspectos clave de la biología y ecología de la fase de larva, consiste en dos partes: un sistema que modela las etapas de desarrollo del insecto con base en Unidades Calor (UC) calculadas a partir de los datos de temperatura generados en la red de estaciones agrometeorológicas de Zacatecas y un sistema de pronóstico meteorológico de UC a quince días derivado de la tecnología AgroPron. Se desarrolló una plataforma en formato web con el sistema de alerta donde se muestran los niveles de advertencia para cada una de las etapas de desarrollo del gusano cogollero, dependiendo del desarrollo que va teniendo la plaga. Con la aplicación de esta tecnología se espera incrementar la efectividad del control químico y/o biológico en al menos un 30%, reduciendo riesgos de producción, incrementando la competitividad y genera menor contaminación ambiental.

ABSTRACT

In recent years, climatic conditions have been changing and affecting pastures, increasing damage by pests. *Spodoptera frugiperda* feeds on several species of grasses and its control has been very difficult. On the other hand, currently, there is scarce information on daily climate forecasts with a fortnightly scope. The objective of this research was to develop an alert system for fall armyworm based on the forecast of heat units with AgroPron. This system integrates the weather conditions that benefits the development of the armyworm as well as key aspects of the biology and ecology of the larva phase. It consists of two parts: a system that models the development stages of the insect based on heat units (HU) calculated from temperature data generated in the network of weather stations in Zacatecas and a fifteen-day HU weather forecast system derived from AgroPron technology. A web platform was developed with the alert system where warning levels are shown for each of the stages of development of the fall armyworm, depending on the development of the pest. With the application of this technology, may increase the effectiveness of chemical and/or biological control by at least 30%, reducing production risks, increasing competitiveness and generating less environmental pollution.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las condiciones climáticas han venido cambiando y afectando todas las actividades humanas, en especial la agricultura, principalmente, la de temporal y pastizales. Año con año se pierden miles de toneladas de cosechas por sequías, inundaciones, aparición de plagas y/o enfermedades, entre otras causas. En relación a las plagas, éstas han venido presentándose antes de lo esperado, con un mayor número de individuos y en lugares que se encontraban libres de determinada plaga. Tal es el caso del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) que sólo se había presentado en América, sin embargo, para el año 2016 se tiene el primer reporte de esta plaga en África y a partir de esa fecha el problema fue escalando, destruyendo miles de cultivos y dispersándose por el resto de los continentes (George et al., 2016; Overton et al., 2021). *S. frugiperda* es un insecto polífago que se alimenta de más de 186 hospederos, dentro de sus hospederas más comunes se encuentran varias especies de gramíneas (Casmuz, 2010). Esta plaga año con año daña las siembras de maíz en todo el Altiplano Mexicano, razón por la cual, los productores hacen varias aplicaciones de insecticidas con el fin de eliminar sus poblaciones. Sin embargo, se tiene baja o nula eficiencia en estas aplicaciones debido a que los agricultores inician la aplicación de plaguicidas hasta que son evidentes los daños ocasionados por la larva de este insecto, y para entonces ya no es posible que el insecticida elimine este insecto debido a que hay un espacio lleno de excrementos entre la larva y el insecticida aplicado, además de que ya son gusanos de mayor tamaño, los cuales no son afectados por insecticidas biológicos, y son más resistentes a los insecticidas convencionales (Mena et al., 2021).

Por otro lado, actualmente, existe información escasa de pronósticos climáticos diarios con alcance quincenal. El Servicio Meteorológico Nacional emite este tipo de pronósticos solo los días 1° y 15 de cada mes, y aunque algunas empresas comerciales como Accuweather emiten pronósticos quincenales de precipitación y temperatura diariamente, no se cuenta con una tecnología que genere un pronóstico con mayor número de variables climáticas y accesibilidad a datos. Por ejemplo: a) avisos de exceso de humedad (lluvias) para el desarrollo de los cultivos, b) número de grados días de desarrollo para su aplicación en la detección temprana de plagas y enfermedades, c) alertas de temperaturas extremas para la protección de cultivos, y d) cálculo de días de calentamiento y enfriamiento para el sector agroindustrial, entre otros índices (González et al., 2022). El objetivo de este trabajo fue desarrollar un sistema de alerta para gusano cogollero basándose en el pronóstico de unidades calor con AgroPron para darle seguimiento al desarrollo y crecimiento de esta plaga y así lograr un manejo oportuno de la plaga y disminuir las pérdidas económicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se desarrolló un sistema de alerta que integra las condiciones de clima que favorecen el desarrollo del gusano cogollero, así como aspectos clave de la biología y ecología de la fase de larva. El sistema consiste en dos partes: un sistema que modela las etapas de desarrollo del insecto con base en Unidades Calor (UC) calculadas a partir de los datos de temperatura generados en la red de estaciones agrometeorológicas de Zacatecas (RECZac) y un sistema de pronóstico meteorológico de UC a quince días derivado de la tecnología AgroPron.

Las principales entradas del sistema son: los picos poblacionales, la información climática de la RECZac y el pronóstico a quince días generado por Agro-Pron. Los picos poblacionales se obtienen de trampeos realizados con feromonas, los cuales con ayuda del Comité Estatal de Sanidad Vegetal se suben al sistema para que sirvan de referencia. Las bases de datos de RECZac y Agro-Pron se almacenan en el servidor de INIFAP y se tiene acceso automático a ellas. Como se mencionó con los datos de campo de las poblaciones de adultos atrapados con trampas de feromona (picos poblacionales) se comienza con el conteo de las unidades calor. La finalidad es pronosticar al día (registros de la red de estaciones agrometeorológicas de Zacatecas) y a quince días las etapas de desarrollo de la larva durante las cuales si es posible su control. AgroPron-Componente quincenal constituye una aplicación informática de pronósticos diarios de variables meteorológicas a mediano plazo en México. La tecnología fue desarrollada con base en el modelo numérico Global Forecast System (Global GFS-FV3) con resolución espacial de ~27 km en malla para el dominio de la República Mexicana. A partir de un ambiente de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), se convirtieron las bases de datos históricos mensuales de precipitación de 1951 a 2010 en malla (Livneh et al., 2015) 1 de formato NetCDF a formato raster. Con ello, fue posible obtener las climatologías (1981-2010) en alta resolución (~6km) sobre áreas agrícolas para cada una de las quincenas del ciclo primavera verano. Esta información, a su vez, se implementó para su uso en el pronóstico de la detección de años históricos similares. Para la identificación de años históricos similares, se usó una metodología basada en un árbol de decisión que detecta aquellos índices históricos mensuales del fenómeno océano-atmósfera de El Niño con los índices recientes del periodo (mes) que se requiere pronosticar, en este caso, el mes de una quincena determinada. Tal pronóstico genera cantidades de lluvia en cada quincena, así como su anomalía con respecto a la climatología 1981-2010 (González *et al.*, 2022).

RESULTADOS PRELIMINARES

Se desarrolló un sistema de alerta para el gusano cogollero en una página web, en la Figura 1 se puede observar el sistema con el mapa de las estaciones de la red de monitoreo del estado de Zacatecas. Esta herramienta ofrecerá información confiable, en tiempo real, a futuro y de fácil interpretación que ayuda en la toma de decisiones para el manejo del gusano cogollero.

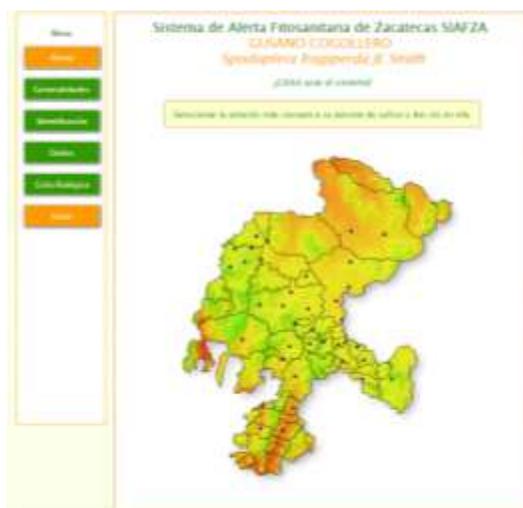


Figura 1. Página principal del sistema de alerta de cogollero

En la siguiente figura 2 se muestran los niveles de advertencia para cada una de las etapas de desarrollo del gusano cogollero, dependiendo del desarrollo que va teniendo la plaga, las cuales se basan en las unidades calor.

UCA	ETAPA DE DESARROLLO	RECOMENDACION	SEMAFORO
24.4	Preoviposición y puesta de masa de huevecillos	Control biológico. Liberación de avispas del género, <i>Trichogramma</i> spp y <i>Telenomus</i> spp. Reduce poblaciones pero no las extermina. Se recomienda poner trampas alimenticias a base de melaza y piña fermentada para capturar a los adultos.	SIN RIESGO
71.1	Eclosión masa de huevecillos		RIESGO BAJO
125	Instar 1	Control biológico. <i>Nomuraea rileyi</i> (hongo) y/o <i>Bacillus thuringiensis</i> (bacteria). Reduce poblaciones pero no las extermina. Es necesario hacer bajadas de las boquillas del aspersor para dirigir la aspersión de abajo hacia arriba.	RIESGO BAJO
167.6	Instar 2		RIESGO BAJO
205.8	Instar 3	Se recomienda la aplicación de químicos, ésta es la mejor fecha por la susceptibilidad de las larvas a los insecticidas. Existe una gran variedad de insecticidas. Es necesario hacer bajadas de las boquillas del aspersor para dirigir la aspersión de abajo hacia arriba.	RIESGO INTERMEDIO
244.4	Instar 4	No se recomienda la aplicación de químicos. Existe una mayor resistencia de la larva a morir por el efecto del insecticida de hasta 100 veces mayor que en los instares 1 al 3. A partir del instar 4, la larva se traslada al cogollo protegiéndose con un tapón de excrementos que impide al insecticida entrar en contacto con la larva.	RIESGO ALTO
289.2	Instar 5		RIESGO ALTO
348.1	Instar 6		RIESGO ALTO
380.9	Prepupa		SIN RIESGO
<469.9	Pupa	No existe recomendación.	SIN RIESGO
>=469.9	Adulto	Se recomienda poner trampas alimenticias a base de melaza y piña fermentada.	SIN RIESGO

UCA=UNIDADES CALOR ACUMULADAS

Figura 2. Niveles de alerta basados en UC pronosticadas con AgroPron.

El pronóstico muestra de forma operativa las condiciones climáticas que prevalecerán quincenalmente a nivel nacional, mediante mapas temáticos de 20 variables. Además del sector agropecuario, la herramienta podría atender a diferentes usuarios de otros sectores primarios/sociales (ambiente, salud, energía, construcción y turismo) quienes planificarían en los siguientes quince días sus sistemas de producción/actividades, y así disminuir los impactos negativos del clima. Dicha tecnología genera sistemáticamente información de pronósticos a quince días de unidades calor tomando como temperatura base la del gusano cogollero (Fig. 3).

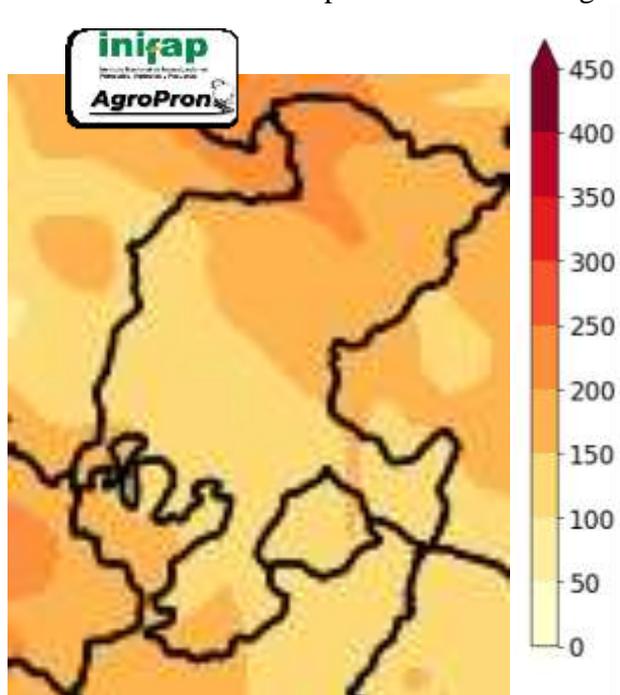


Figura 3. Pronóstico de UC para Zacatecas con AgroPron del 1 al 15 de septiembre 2022

CONCLUSIONES

Se necesita trampear los adultos del cogollero para conocer el pico poblacional de este insecto plaga. Estar familiarizado con la estimación de unidades calor registradas y pronosticadas. La aspersión de un producto requiere tener extensiones para bajar las boquillas del aguilón de la aspersora y dirigir la aspersión de abajo hacia arriba. Con la aplicación de esta tecnología se espera incrementar la efectividad del control químico y/o biológico en al menos un 30%, reduciendo riesgos de producción, incrementando la competitividad y genera menor contaminación ambiental.

LITERATURA CITADA

- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Gastaminza, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Soc. Entomol. Argent.* 69, 209-231.
- Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., y Tamò, M. 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS one*, 11(10), e0165632.
- González G. M. A., Corrales S. A., González J. L. A. y Narváez M. M. P. 2022. Evaluación de pronósticos quincenales de lluvia durante el temporal para las áreas agrícolas de la República Mexicana. Memoria de XXXIV Semana Internacional de Agronomía. ISSN: 2594-1437.
- Livneh, B., Bohn, T. J., Pierce, D. W., Muñoz-Arriola, F., Nijssen, B., Vose, R., ... y Brekke, L. 2015. A spatially comprehensive, hydrometeorological data set for Mexico, the US, and Southern Canada 1950–2013. *Scientific data*, 2(1), 1-12.
- Mena, C. J., Ramírez-Cabral, N.Z.Y., Medina, G. G. y Sánchez, G. R. 2021. Trampa alimenticia para el manejo agroecológico de insectos plaga en cultivos básicos y hortalizas. Folleto para Productores 41. Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC, INIFAP. 17 p.
- Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., ... y Reynolds, O. L. 2021. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection*, 145, 105641.

EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DE *Morus alba* y *Morus nigra* EN CONDICIONES DE RIEGO EN LA LOCALIDAD DE TZUCACAB, YUCATÁN, MÉXICO

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT OF *Morus alba* and *Morus nigra* UNDER IRRIGATED CONDITIONS IN THE TOWN OF TZUCACAB, YUCATAN, MEXICO

Verónica Mariana Hernández Ramírez¹, Javier Herrera Godoy¹, Jorge Luis Castrellón Montelongo¹, Mario Antonio Vega Loera², Mario Alberto Santiago Ortega³, Alejandro Lara Bueno¹, Constantino Romero Márquez¹, Filogonio Jesús Hernández Guzmán⁴.

¹ DEIS Zootecnia-Universidad Autónoma Chapingo. ² Sitio Experimental Costa de Jalisco - CIRPAC - INIFAP. ³ Centro de Desarrollo Tecnológico Tantakin-FIRA. ⁴ Universidad Politécnica de Francisco I. Madero.

RESUMEN

Se evaluó el establecimiento de *Morus alba* y *Morus nigra*, en condiciones de riego durante 95 días post-siembra de varetas en macetas a cielo abierto. Se determinó el número de yemas rebrotadas, número de ramas y longitud de ramas (cm); así como los tratamientos: Enraizante, micorrizas, micorrizas + enraizante y el testigo (sin aplicación). La aplicación de micorrizas tuvo efecto significativo ($P < 0.001$) en *Morus alba* con 85% de varetas vivas, mientras que la aplicación del enraizador tuvo efecto significativo en *Morus nigra*, 15% ($P < 0.001$). Se concluye que la aplicación de micorrizas y hormonas enraizantes incrementan el porcentaje de establecimiento de morera.

Palabras clave: *Morus alba*, *Morus nigra*, establecimiento, morera, riego.

ABSTRACT

We evaluated the establishment of *Morus alba* and *Morus nigra*, under irrigation conditions for 95 days after sowing varettes in open-air pots. We determined the number of buds sprouted, number of branches and length of branches (cm); as well as treatments: rooting, mycorrhizae, mycorrhizae + rooting and control (without application). The application of mycorrhizae had a significant effect ($P < 0.001$) on *Morus alba* with 85% of live varettes, while the application of rooting had a significant effect on *Morus nigra*, 15% ($P < 0.001$). It is concluded that the application of mycorrhizae and rooting hormones increase the percentage of establishment of mulberry.

Keywords: *Morus alba*, *Morus nigra*, establishment, mulberry, irrigation.

INTRODUCCIÓN

En la península de Yucatán, en el ámbito pecuario, se ha incrementado el interés por el componente arbóreo en las fincas ganaderas por parte de los productores. Entre las especies forrajeras arbóreas que destacan por su valor nutritivo, así como por su rápido crecimiento está la morera: *Morus alba* y *Morus nigra* (14-22% PC y DIVMS 70-80%). Se pretende plantear una solución al problema de escasez de alimento para el ganado, así como generar información que ayude a mejorar la suplementación del ganado en pastoreo. Se piensa que *Morus alba* y *Morus nigra* tendrán diferente porcentaje de establecimiento y que la aplicación de micorrizas y hormonas enraizantes

incrementarán el porcentaje de establecimiento y el desarrollo de yemas y ramas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el establecimiento de varetas de *Morus alba* y *Morus nigra* en macetas a cielo abierto, así como su inoculación con micorrizas, hormonas (auxinas) y su combinación en la localidad de Tzucacab, Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con material vegetativo del banco de germoplasma forrajero que se encuentra en el Sitio Experimental Costa de Jalisco perteneciente al CIRPAC de INIFAP. Las varetas provenían de plantas de 1.7 años de edad, contaban con una longitud de 30 cm y variabilidad en su grosor. A partir del corte del material, a la siembra transcurrieron un total de 92 h. El suelo fue extraído de los campos experimentales del CDT Tantakin. Se utilizaron micorrizas Micorrizafer Plus con 30,000 esporas micorriza arbuscular/kg: *Rhizophagus irregularis* o *Glomus irregulare*. Para el enraizador se empleó Raizal 400 con 400 ppm de complejo auxínico/kg. Las soluciones para cada tratamiento: Tratamiento 1: Raizal 400; solución: 7g de enraizante en 1 l de agua. Tratamiento 2: Micorrizafer plus; solución: 15g de micorrizas en 1 l de agua. Tratamiento 3: Raizal 400 + Micorrizafer plus; Mezcla: 1 l de solución de micorrizas + 1 l de solución de enraizante. Tratamiento 4: testigo (agua); 2 l de agua. Las varetas de ambas especies se colocaron en cada solución durante 30 min, luego se sembraron aleatoriamente en la maceta con suelo a punto de saturación. El arreglo para ambas especies fue el mismo, contaba con 20 varetas para cada uno de los tratamientos. Resultando así un total de 80 varetas para cada especie. El riego fue manual y se regaron todos los días por la mañana a punto de saturación.

Las variables se evaluaron a los 35, 65 y 95 días después del trasplante: Supervivencia de varetas, número de yemas por vareta, número de ramas por vareta y longitud de ramas (cm). Para la variable supervivencia de varetas se observó y contabilizó en cada lectura cada vareta que presentara yemas rebrotadas. El conteo de número de yemas por vareta y número de ramas se hizo observando la cantidad de yemas rebrotadas por vareta. La determinación de longitud de ramas (cm) se realizó con una cinta métrica, midiendo desde la yema axilar hasta la yema apical de cada rama. Para el diámetro (cm) se utilizó un Vernier milimétrico con sensibilidad de 0.05 mm, se posicionó el Vernier en la parte media de la vareta y se registró. El diseño estadístico fue un completamente al azar. Se utilizó el procedimiento GLM en SAS análisis estadístico. En la comparación de medias se utilizó la transformación de datos al arcoseno + 0.5 y Tukey ($\alpha=0.05$). Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Variables de respuesta asociadas con el establecimiento de morera forrajera con promedio y significancia de tres fechas de observación post siembra en condiciones de macetas a cielo abierto con riego en Tzucacab, Yucatán, México.

Especie	Tratamiento	Supervivencia	Diámetro	Número	Número	Longitud de
			(cm)	de yemas	de ramas	ramas (cm)
			Promedio/ Significancia	Promedio/ Significancia	Promedio/ Significancia	Promedio/ Significancia
<i>Morus alba</i>	Testigo	11.0a	0.92	2**	2**	20.5*
	A+B	15.0a	0.77	2**	2**	14.3**

	Micorriza (B)	17.0a	0.66	0.8a	2**	2**	19.8*
	Enraizador (A)	11.0a	0.83		3**	2**	10.3**
	Testigo	0.0 ^x b	0		0***	0***	0***
	A+B	2.0b	0.79		6*	4*	13.5**
<i>Morus nigra</i>	Micorriza (B)	1.0b	0.75	0.63b	5*	2**	13.4**
	Enraizador (A)	3.0b	0.99		5*	3*	9.9**

Literales minúsculas iguales en cada columna son promedios estadísticamente similares *(P<0.05), **(P<0.01), ***(P<0.001). ^x=Vareta (s) muerta (s).

El establecimiento fue mayor cuando se usó micorrizas en *Morus alba* (P<0.05) con un total de 17 varetas rebrotadas de 20 sembradas. Para Franco (2003) formar micorrizas provoca alteraciones morfológicas y anatómicas en las plantas colonizadas.

Estos efectos responden a cambios metabólicos más profundos y complejos, debidos a la integración fisiológica de los simbiontes. *Morus nigra* respondió al enraizante con 3 varetas establecidas (P<0.001). Adicionar enraizante a varetas de *Morus nigra* si desea obtener respuesta positiva al establecimiento. Langé (2013) concuerda en que la aplicación de reguladores de crecimiento (auxinas) es una práctica viable y decisiva para la formación de raíces; promueve la iniciación de raíces, permite adelantar la iniciación radical.

Se observaron diferencias para la variable número de yemas resultando el tratamiento A+B en la especie *Morus nigra* el que tuvo una mejor respuesta con un valor promedio de 6 yemas por vareta (P<0.05). Para la especie *Morus alba* el tratamiento que mejor resultado reflejó fue el enraizante (P<0.01). En la especie *Morus nigra*, el enraizante aceleró el proceso del crecimiento de la raíz y una vez establecido el sistema radicular comenzó la acción de las micorrizas dando pie a la simbiosis. Como resultado final se dio el brote de las yemas siguiendo el proceso como lo enunció Carmona (2006) anteriormente. De acuerdo con Félix (2018) y con los resultados obtenidos en este experimento, en la especie *Morus alba* el efecto del tratamiento enraizante en las varetas favoreció el desarrollo del sistema radicular, con esto se favorecieron las condiciones de establecimiento.

Se observó diferencia entre los diámetros de las especies de morera, favoreciendo un mayor grosor a *Morus alba*, promedio 0.80 cm (P<0.05), mientras que *Morus nigra*, promedio 0.63 cm (P<0.05). La diferencia de diámetro en cada tratamiento para ambas especies se debió a factores intrínsecos y extrínsecos de la planta como: edad de la planta, estado de madurez (ramas), hidratación y lugar de la planta (extracción de varetas).

Para número de ramas, *Morus nigra*, la mezcla de A+B mostró un promedio de 4 ramas (P<0.05). Para *Morus alba* el enraizante tuvo 3 ramas (P<0.01). Para *Morus nigra* el enraizante ayudó para que la planta pudiera obtener nutrientes y agua para favorecer la elongación y desarrollo de las yemas ya rebrotadas. Para *Morus alba*, la utilización de la solución con enraizante favoreció a corto plazo el desarrollo radicular para obtener con mayor facilidad y rapidez los nutrientes para cubrir sus necesidades fisiológicas y continuar con el crecimiento de ramas y hojas.

Se observaron diferencias entre los tratamientos para longitud de ramas, en la especie *Morus alba* el testigo mostró 20.5 cm ($P < 0.05$), cabe resaltar que las micorrizas fue el segundo tratamiento que mostró un valor promedio alto de 19.8 cm ($P < 0.05$) para la especie *Morus alba*, estos tratamientos no son diferentes significativamente ($P < 0.05$).

En la especie *Morus nigra*, el tratamiento micorrizas + enraizante resultó ser el más efectivo con un valor de longitud promedio de ramas de 13.5 cm ($P < 0.01$). Como lo enuncia Gómez y Villate (2010), las micorrizas arbusculares incrementan la captación de nutrientes para la planta desde el suelo, donde la planta suministra al hongo carbohidratos para su metabolismo y el hongo facilita los nutrientes que la planta requiere, en ambientes donde la disponibilidad de estos nutrientes es restrictiva para el crecimiento vegetal, especialmente el fósforo. En el caso de la especie *Morus alba* el testigo se vio favorecido con el mayor promedio en cuanto a longitud de ramas esto se pudo deber a que el diámetro promedio de las varetas del testigo tuvo un mayor valor comparado con el diámetro promedio del tratamiento de micorrizas (el cuál fue el segundo tratamiento que mejor respuesta tuvo).

CONCLUSIONES

La adición de micorrizas para *Morus alba* tuvo mejor respuesta al establecimiento con un 85% de varetas rebrotadas ($P < 0.05$) a los 95 días después de su siembra, mientras que *Morus nigra* tuvo mejor respuesta a la adición de enraizante + micorrizas con un 15 % de varetas rebrotadas ($P < 0.05$). Con esto se comprueba que la aplicación de micorrizas y hormonas enraizantes incrementan el porcentaje de establecimiento de morera. La especie *Morus alba* presentó mejor respuesta al establecimiento en las variables evaluadas a los 95 días después de la siembra en macetas para las condiciones edafoclimáticas de la localidad de Tzucacab, Yucatán, México.

LITERATURA CITADA

- Félix, I., 2018. Reguladores de crecimiento ¿Qué son los Enraizadores? Disponible en: <https://blogdefagro.com/2018/08/17/que-son-losenraizadores/>.
- Franco, J. 2003. Efectos beneficiosos de las micorrizas sobre las plantas. a Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://escueladeregeneracion.com/wpcontent/uploads/2019/07/Navarro-micorrizas.pdf>.
- Gómez, M., y Villate, A. 2010. Señales de reconocimiento entre plantas y hongos formadores de micorrizas arbusculares. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1): 53-60. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945028007.pdf>.
- Guerra, B. 2008. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264005242_Micorriza_arbuscularRecurso_Microbiologico_en_la_agricultura_sostenible.
- Langé, P. 2013. Efecto de auxinas en el enraizamiento de estaquillas de *Buxus sempervirens* L., en distintas épocas del año. Universidad Nacional del Litoral. Disponible en: <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/530/tesis.pdf?sequence=1#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20de%20auxinas%20en,proporcionar%20mayor%20uniformidad%20de%20enraizamiento%20>.
- Gutiérrez, J. 2015. Diseño de bloques al azar. Centro Universitario UAEM Zumpango. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/31401/secme17390.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

EFEECTO DE QUEMA, HERBICIDA Y CORTE EN LA ESTRUCTURA DE UN ZACATAL DE *Amelichloa clandestina* (HACK.) ARRIAGA & BARKWORTH EN EL SURESTE DE COAHUILA, MÉXICO

EFFECT OF BURNING, HERBICIDE AND CUTTING ON THE STRUCTURE OF A GRASSLAND OF *Amelichloa clandestina* (HACK.) ARRIAGA & BARKWORTH IN SOUTHEASTERN COAHUILA, MEXICO

Sait Juanes Márquez¹, Juan Antonio Encina Domínguez¹, Juan Alberto Clavel García¹, Perpetuo Álvarez Vazquez¹

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Saltillo. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. CP. 25315.

RESUMEN

Amelichloa clandestina es una especie oportunista presente en el sureste de Coahuila, donde se ha establecido en las tierras de cultivo abandonadas. El objetivo fue evaluar los cambios en la riqueza y la diversidad de las especies vegetales en un pastizal dominado por *Amelichloa clandestina*, después de dos años de cortarla, aplicarle herbicida y quemarla, buscando la mayor supresión de la especie dominante. El área de estudio fue el Rancho Los Ángeles ubicado a 34 km de Saltillo, Coahuila, México, donde se establecieron 24 parcelas, cada parcela tuvo un área de 10 × 10 m, donde se ubicaron los tratamientos con seis repeticiones. Los tratamientos fueron: quema controlada (T1), aplicación de herbicida (T2), corte del follaje (T3) y testigo (T4). Se establecieron cuadrantes de 0.01m², 0.09m², 1.00m², 10.04m², 100.00m², donde se identificaron las especies, y se midió cobertura y altura. Se utilizó el programa JMP 15 para realizar el análisis de varianza (ANOVA). En el área de estudio se registraron 66 especies, de las cuales corresponden a 59 géneros y 23 familias. La tendencia en cuanto a riqueza de especies fue en el herbicida con 54, seguido del corte con 52, el testigo con 50 y la aplicación de la quema con 43 especies. El tratamiento que propicio la mayor cobertura de herbáceas y menor cobertura de *A. Clandestina* fue la aplicación del herbicida.

Palabras clave: Zacate picoso, diversidad y riqueza de especies, herbicida.

ABSTRACT

Amelichloa clandestina is an opportunistic species present in southeastern Coahuila, where it has established itself on abandoned farmland. The objective was to evaluate the changes in the richness and diversity of plant species in a pasture dominated by *Amelichloa clandestina*, after two years of cutting it, applying herbicide, and burning it, seeking the greatest suppression of the dominant species. The study area was Rancho Los Angeles located 34 km from Saltillo, Coahuila, Mexico, where 24 plots were established, each plot had an area of 10 × 10 m, where the treatments with six replications were located. The treatments were: controlled burning (T1), herbicide application (T2), foliage cutting (T3) and control (T4). Quadrants of 0.01m², 0.09m², 1.00m², 10.04m², 100.00m², were established, where the species were identified, and cover and height were measured. The JMP 15 program was used to perform the analysis of variance (ANOVA). In the study area, 66 species were recorded, of which they correspond to 59 genera and 23 families. The trend in terms of species richness was in the herbicide with 54, followed by the cut with 52, the

control with 50 and the application of burning with 43 species. The treatment that favored the highest coverage of herbaceous plants and the lowest coverage of *A. Clandestina* was the application of the herbicide.

Key words: Mexican needlegrass, diversity and species richness, herbicide

INTRODUCCIÓN

Debido a la influencia humana los pastizales han sufrido intensas transformaciones, además del fuego y pastoreo, lo que hace difícil establecer su origen. Se ha sugerido que estos factores afectan notablemente la riqueza, composición y estructura de una comunidad (Harrison *et al.*, 2003). De tal forma que a través de alteraciones promueven la invasión de especies exóticas (Hobbs y Huenneke, 1992), lo que causa el desplazamiento y pérdida de especies nativas en zonas altamente pobladas. Al mismo tiempo, los cambios en el uso de suelo, la alteración de los ecosistemas y el cambio climático están incrementando la vulnerabilidad de muchos hábitats a las invasiones (Mooney y Hobbs, 2000). Sin embargo, los impactos ecológicos que causan las especies invasoras pueden ser trágicas y llegan a causar la extinción de poblaciones y especies nativas (Wilcove *et al.*, 1998). En el sureste de Coahuila, posterior al abandono de las tierras de cultivo, se establece el zacate picoso (*Amelichloa clandestina* (Hack) Arriaga & Barkworth), debido a la capacidad de colonizar terrenos impactados. Es una especie nativa de México con distribución en los estados de Coahuila y Nuevo León, introducida del oeste de Texas. Sin embargo, habita en lugares con disturbio, suelos calcáreos, matorrales, zacatales y bosques de pino piñonero, con una altitud entre los 800 y 2100 m (Russell y Landers, 2017). Por lo que, esta, como otras especies invasoras deterioran los recursos naturales y, en consecuencia, los servicios ambientales, afectando la producción de alimentos y pueden ser devastadoras en ecosistemas agropecuarios (Pimentel *et al.*, 2005). Por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar los cambios en la riqueza y la diversidad de las especies vegetales presentes después de dos años de la aplicación de los tratamientos: corte, aplicación de herbicida y quema con el fin de generar información para controlar *Amelichloa clandestina*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se denomina Rancho Los Ángeles, se encuentra ubicado a 34 Km de Saltillo, Coahuila, México, con una altitud media de 2150 m. Según García (2004), el clima es semiárido (BWhw (x') (e)), con inviernos frescos, un promedio anual de temperatura entre 18 y 22 ° C y una precipitación media anual de 450 a 550 mm, distribuida en verano.

Metodología: En el área de estudio del zacatal de *Amelichloa clandestina* se establecieron 24 parcelas, cada parcela tiene un área determinada de 10 × 10 m, con una separación de 3 m, donde se ubicaron los tratamientos con seis repeticiones. **Tratamiento 1:** Se empleó la técnica de quema concéntrica, la cual consiste en realizar una línea de encendido en el extremo opuesto a la dirección del viento, luego se inicia el encendido en el otro extremo, para que ambas líneas se encuentren y se apaguen una a la otra. **Tratamiento 2:** Se aplicó una dosis mínima del herbicida glifosato (Russell y Landers, 2017) que consta de 2.3 l/ha. La aplicación se realizó en primavera. **Tratamiento 3:** Se *corte del follaje de la especie* a una altura de 10 cm del suelo, usando una rozadera en la época de primavera. **Tratamiento 4:** Área en la cual no se impactó y se consideró como testigo.

Determinación de riqueza de especies: Durante la temporada de lluvias (verano) en las unidades experimentales se midió la cobertura de cada una de las especies presentes, utilizando una escala cuantitativa. Se ubicaron cuadrantes de 0.01m², 0.09m², 1.00m², 10.04m², 100.00m², dentro de cada parcela, y en cada cuadrante se identificaron las especies presentes (Peet *et al.*, 2016).

Cobertura y altura de especies: A cada especie en los cuadrantes se le midió la cobertura y altura.

Análisis estadísticos: Se efectuó un análisis estadístico de varianza (ANOVA), utilizando el programa estadístico JMP 15, Al detectar efecto de los tratamientos, se realizaron comparaciones de medias para conocer la significancia ($\neq < >$) entre tratamientos mediante la prueba HSD de Tukey (0.05).

RESULTADOS

Riqueza de especies: Se registraron 66 especies, de las cuales corresponden a 59 géneros y 23 familias de un zacatal dominado por *Amelichloa clandestina*. No se encontró diferencia significativa entre los tratamientos $P > 0.05$. En cuanto a los resultados obtenidos la mayor riqueza de especies se presentó en el tratamiento con herbicida con 54, seguido del corte con 52, el testigo con 50 y la aplicación de la quema fue la que registro la menor cantidad de especies con 43.

Cobertura de especies: En la Figura 1 se muestra la cobertura de herbáceas de cada tratamiento donde se encontró diferencia significativa $P < 0.05$, en los tratamientos obtenidos. El mayor porcentaje de cobertura de herbáceas fue el herbicida con 41.3 %, seguido de la quema con 15.3 %, corte con 6.5 % y testigo registro el menor porcentaje con 5.8 %. En la Figura 2 se muestra la cobertura de *A. clandestina*, donde se encontró diferencia significativa $P < 0.05$, en los tratamientos obtenidos la mayor escala de cobertura fue en el corte con 9, seguido del testigo con 9, quema con 8 y herbicida registro la menor escala con 3.

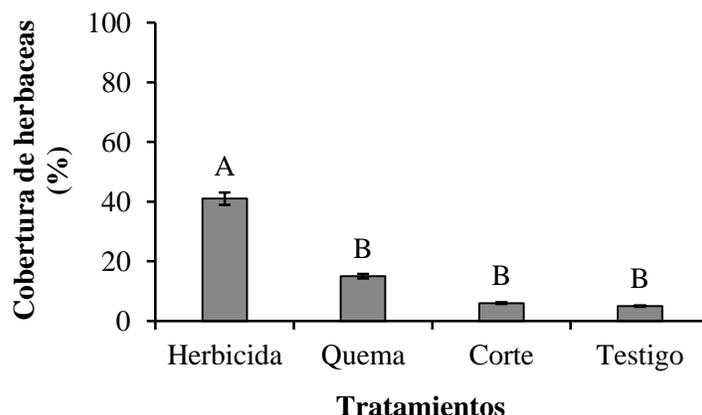


Figura 1. Prueba de HSD de Tukey de las diferencias de medias de mínimos cuadrados para la Cobertura de herbáceas (%), de *Amelichloa clandestina*. (\pm error estándar). Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos en las comparaciones entre grupos para $P < 0.05$.

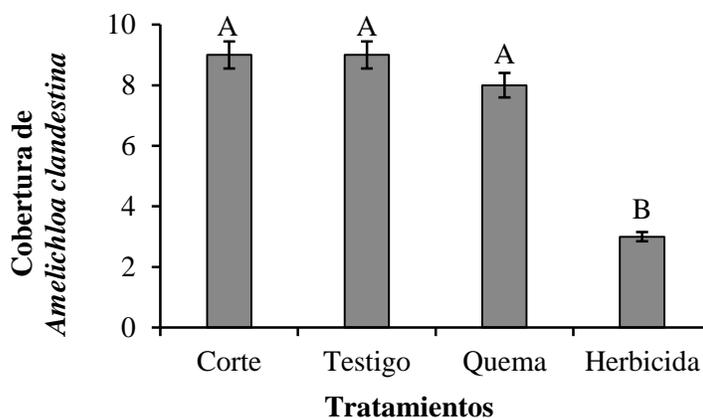


Figura 2. Prueba de HSD de Tukey de las diferencias de medias de mínimos cuadrados para la Cobertura de *Amelichloa clandestina*, (\pm error estándar). Los niveles no conectados por la misma letra son significativamente distintos en las comparaciones entre grupos para $P < 0.05$. Clases de cobertura: 1: Trazas, 2: $< 1\%$ de cobertura, 3: 1-2 %, 4: 2-5%, 5: 5-10%, 6: 10-25%, 7: 25-50%, 8: 50-75%, 9: $> 75\%$.

DISCUSIÓN

Riqueza de especies: El área agrícola abandonada desde hace 12 años está dominada por *Amelichloa clandestina*. El abandono de las tierras agrícolas es un problema mundial con notables consecuencias y en algunas áreas representa un riesgo de desertificación (Kosmas *et al.*, 2014), donde el abandono de cultivos es un importante cambio en el uso del suelo y las implicaciones que tiene para la riqueza y diversidad de especies (Kosmas *et al.*, 2000). La flora registrada representa el 2.17 % de la flora reportada para Coahuila (Villarreal-Quintanilla, 2001). Los pastizales y matorrales de acuerdo con Rzedowski (1992) se albergan 6,000 especies (20 % de la flora total), el 0.86 % de esas especies se presentan en el zacatal de *A. clandestina*. La riqueza específica del zacatal es menor que la reportada por (Juanes, 2021) donde se realizó un estudio de riqueza de especies en la misma área del zacatal de *A. clandestina*, donde se registraron 52 especies. Por su parte Torres-Mora (2022) encontró 64 y Arévalo *et al.* (2021) presentó la mayor riqueza con 70 de especies. En la aplicación de tratamientos el que presentó mayor riqueza de especies fue el herbicida, esto concuerda con Arévalo *et al.* (2021) donde se encontró 58, seguido de Juanes (2021) y Torres-Mora (2022) con 36 especies en ambos estudios. De acuerdo con Farthing *et al.* (2018) señalan que los tratamientos Multiple Mow + Glifosato, Single Mow + Glifosato y Vetch Overseed, se asociaron con una mayor riqueza de especies en todos los sitios. La biomasa reducida de *A. clandestina*, por la aplicación de los tratamientos, permitió una mayor insolación a nivel del suelo (Bobbink *et al.*, 1989), lo que aumentó la presencia de plántulas y la capacidad de competir por los recursos (White, 1973). De acuerdo con Arévalo *et al.* (2021), considera que el mejor tratamiento es la quema, donde propicia el aumento de la riqueza de otras especies vegetales y por lo tanto disminuye la dominancia de *A. clandestina*.

Cobertura de especies de gramíneas y herbáceas: Los resultados en cuanto a cobertura, concuerda con los resultados obtenidos por Arizaleta *et al.* (2008) donde se realizaron varios tratamientos para el control de herbáceas en cafetales ubicados en Campo Elías, municipio Bruzual del estado Yaracuy, Venezuela. Los cuales fueron: testigo, control manual, glifosato, metsulfuron-metil, y glifosato + metsulfuron-metil, los resultados obtenidos indican que la cobertura total del

suelo por malezas disminuyó en 25, 35 y 66 % para los tratamientos con glifosato, metsulfuron-metil y la mezcla, respectivamente. El uso de los productos químicos propicia la reducción de la cobertura de *A. clandestina* y el incremento de cobertura de otras especies en los pastizales calcáreos (Redhead *et al.*, 2019). Las prácticas de manejo único (aplicaciones de glifosato, imazapyr o Spike) son prometedoras para el control de especies invasoras a corto plazo. Sin embargo, se puede lograr un control a largo plazo cuando se combinan con otras prácticas, como la quema prescrita, se ha demostrado que la quema por sí sola puede ser efectivo para eliminar plantas adultas, así como para destruir semillas en las plantas y en la superficie del suelo (Wester *et al.*, 2018). Estos efectos son importantes para reducir las poblaciones de *A. clandestina* para limitar las poblaciones futuras. Además, debido a que el rebrote de las plantas de zacate picoso quemadas que sobreviven al fuego incita mayor vigorosidad de forraje que las plantas maduras, el pastoreo del ganado se puede usar junto con la quema prescrita para manejar densas poblaciones de *A. clandestina*.

CONCLUSIÓN

Se infiere que los cambios en la riqueza y diversidad de las especies después de dos años, presentó mayor riqueza de especies donde se aplicó herbicida, además que limita el establecimiento de *Amelichloa clandestina* en los terrenos, lo que permite la germinación y establecimiento de más especies de plantas.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, J. R., J. A. D Encina, S. M. Juanes, P. V. Álvarez, J. A. C Nuñez, and M. Mellado. 2021. Restoration of Rangelands Invaded by *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth after 12 Years of Agriculture Abandonment (Coahuila, Mexico). *Agriculture* 11, 886.
- Arizaleta, M., A. Anzalone, and A. Silva. 2008. Efecto del uso de metsulfuron-metil y glifosato sobre malezas asociadas a cafetales en Venezuela. *Bioagro*, 20(2), 79-88.
- Bobbink, R. D., K. Den Dubbelden, and J. H. Willems. 1989. Seasonal dynamics of phytomass and nutrients in chalk grassland. *Oikos*, 216-224.
- Farthing, T. S., J. P. Muir, A. D. Falk, and D. Murray. 2018. Efficacy of Seven Invasive-Bermudagrass Removal Strategies in Three Texas Ecoregions. *Ecological Restoration*, 36(4), 306-314.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5 ed. Instituto de Geografía-UNAM: Serie Libros. México. 50 p.
- Harrison, S., B. D. Inouye, and H. D. Safford. 2003. Ecological heterogeneity in the effects of grazing and fire on grassland diversity. *Conservation Biology* 17(3), Pp 837-845.
- Hobbs, R. J., and L. F. Huenneke. 1992. Disturbance, diversity, and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology* 6(3): Pp 324-337.
- Juanes, S. M. 2021. Caracterización ecológica de un zacatal de *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth, donde se aplicó corte y herbicida en el Rancho los Ángeles, Coahuila, México. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio Digital. Saltillo Coahuila.
- Kosmas, C., O. Kairis, C. Karavitis, C. Ritsema, L. Salvati, S. Acikalin, and A. Ziogas. 2014. Evaluation and selection of indicators for land degradation and desertification monitoring: methodological approach. *Environmental management*, 54(5), 951-970.
- Kosmas, C., S. Gerontidis, and M. Marathianou. 2000. The effect of land use change on soils and vegetation over various lithological formations on Lesvos (Greece). *Catena*, 40(1), 51-68.
- Mooney, H. A., and R. J. Hobbs. 2000. Invasive species in a changing world. Island press. Washington, D.C.
- Peet, R. K., T. R. Wentworth, and P. S. White. 2016. A flexible, method for recording vegetation composition and structure. 63 (3): Pp 264-274.
- Pimentel, D., R. Zúñiga and D. Morrison. 2005. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological Economics* 52: Pp 273-288.

- Redhead, J. W., M. Nowakowski, L. E. Ridding, M. Wagner, and R. F. Pywell. 2019. The effectiveness of herbicides for management of tor-grass (*Brachypodium pinnatum* sl) in calcareous grassland. *Biological Conservation*, 237, 280-290.
- Russell, M. L., and Jr. R. Landers. 2017. Mexican needlegrass. Texas A&M AgriLife Extension Service, Pp 1-4.
- Rzedowski, J. 1992. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. En: G. Halffter (compilador). La diversidad biológica de Iberoamérica I. *Acta zoológica Mexicana. Volumen especial. Instituto de Ecología, AC Xalapa.*
- Torres-Mora, T. 2022. Efecto Del Corte, Quema y Herbicida En La Estructura y Diversidad De Especies En Un Zacatal De *Amelichloa clandestina* (Hack.) Arriaga & Barkworth En El Sureste De Coahuila, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Repositorio Digital. Saltillo Coahuila.
- Villarreal-Quintanilla, J. Á. 2001. Listados florísticos de México XXIII. Flora de Coahuila (No. C/581.97214).
- Wester, D. B., F. C. Bryant, A. D. Tjelmeland, J. L. Grace, S. L. Mitchell, J. T. Edwards, and R. V. Machen. 2018. Tanglehead in southern Texas: A native grass with an invasive behavior. *Rangelands*, 40(2), Pp 37-44.
- Wilcove, D. S., D. Rothstein, J. Dubow, A. Phillips, and E. Losos. 1998. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* 48(8): Pp 607-615.

MALEZAS COMPUESTAS DENTRO DEL ESTABLECIMIENTO DEL PASTO PANGOLA (*Digitaria Eriantha*) DEDICADO A LA PASTURA DE CORTE

COMPOSITE WEEDS WITHIN THE ESTABLISHMENT OF PANGOLA GRASS (*Digitaria Eriantha*) DEDICATED TO CUT PASTURE

Anadelia Antonio-Medina¹, Eusebio Ortega-Jiménez², Sergio Iban Mendoza-Pedroza¹, Javier Francisco Enríquez-Quiroz³, José Guadalupe Herrera-Haro¹, Glafiro Torres-Hernández¹, Aurelio Morales-Rivera⁴.

¹Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. ²Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz C.P. 91700, ³Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277, ⁴Instituto Tecnológico Superior De Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670.

RESUMEN

La composición botánica y el valor nutricional de las especies que componen a un determinado cultivo juegan un papel importante en el desarrollo del cultivo establecido, por la importancia que tiene el tema se realizó una identificación dentro del establecimiento del pasto *Digitaria eriantha* para indicar el potencial productivo con diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada, el experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz; con un diseño de parcelas divididas en arreglo factorial, donde la parcela grande Densidad de siembra DS: (DS1= 1500, DS2=2000, DS3=2500) kg ha⁻¹; parcela chica dosis de fertilización nitrogenada DFN (DFN1=0, DFN2=100, DFN3=200, DFN4=300, DFN5=50) kg ha⁻¹. Se tomaron datos de temperaturas °C, precipitación mm, variables de cosecha: peso seco g (PS), materia seca t ha⁻¹(MS) y porcentaje peso seco de especies (%PSE). Se realizó un análisis de varianza y pruebas de medias Tukey ($\alpha < 0.05$). Se encontró que para (MS) fue la combinación de la DS3*DFN3, en efectos principales el mejor tratamiento para la densidad de siembra se presentó en la (DS3) y en dosis de fertilización nitrogenada no hubo diferencia estadística, sin embargo, va de acuerdo a los fines del productor.

Palabras clave: Densidad de siembra, gramíneas, fertilización nitrogenada.

ABSTRACT

The botanical composition and the nutritional value of the species that make up a certain crop play an important role in the development of the established crop, due to the importance of the subject, an identification was made within the establishment of the *Digitaria eriantha* grass to indicate the productive potential With different planting densities and doses of nitrogen fertilization, the experiment was established at the Higher Technological Institute of Juan Rodríguez Clara, Veracruz; with a split plot design in factorial arrangement, where the large plot Planting Density DS: (DS1= 1500, DS2=2000, DS3=2500) kg ha⁻¹; small plot dose of nitrogen fertilization DFN (DFN1=0, DFN2=100, DFN3=200, DFN4=300, DFN5=50) kg ha⁻¹. Temperature data °C, precipitation mm, harvest variables were taken: dry weight g (PS), dry matter t ha⁻¹(MS) and dry

weight percentage of species (% PSE). An analysis of variance and Tukey mean tests ($\alpha < 0.05$) were performed. It was found that for (MS) it was the combination of DS3*DFN3, in main effects the best treatment for planting density was presented in (DS3) and in doses of nitrogen fertilization there was no statistical difference, however it agrees for the producer's purposes

Keywords: Planting density, grasses, nitrogen fertilization.

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales usos de la tierra es la ganadería en América Latina y el Caribe (ALC), actualmente tiene bajos niveles de productividad, rentabilidad (Ramírez *et al* 2017). En México, más del 50% de la superficie son actividades ganaderas: Sinaloa (50.6 %), Tamaulipas (58.2 %), Tabasco (65,7 %) y Veracruz (50.2 %) (Enríquez *et al.*, 2021). Dentro de los cultivos (pastos mejorados) existen las malas hierbas que afecta la vida útil, calidad, rendimiento (Green *et al* 2006), ejercen una influencia negativa, para tenerlos por debajo del umbral se ha ocupado herbicidas químicos que generan efectos residuales en suelo (Iqbal *et al.*, 2020). En algunos sistemas de cultivos de bajos rendimientos han adoptado la labranza de conservación, sin embargo, hacen uso de dependencia de tácticas químicas de control de malezas como el glifosato (Desai y Chauhan, 2021). Ordoñez *et al.*, 2017 menciona que cuando se labran los suelos y fertilizante existen poros menos conectados en comparación donde se tienen pastos naturalizados. Existen cultivares aptos para siembras intensivas, como el Pangola (*Digitaria eriantha* Steud.) especie de mayor productividad y calidad de forraje, ha contribuido a mejorar la producción ganadera en las zonas tropicales (Enríquez *et al.*, 2021). Tikam *et al.*, 2013 menciona que la densidad óptima de producción es de 4 a 9 plantas / m², los rangos para el crecimiento son de 25–40 °C, cuando se utiliza para conservarse como ensilaje, se fertiliza con nitrógeno, con dosis de N de 50 a 500 kg N ha⁻¹ año⁻¹ (Marqués *et al.*, 2020). Boschma *et al* (2018) concuerda con lo que señala Tikam *et al.*, (2013) sin embargo, menciona que con densidades de 16 plantas por m² los recursos se acabaron y se detuvo el desarrollo que en las dos primeras temporadas de crecimiento en comparación con densidades de 4 a 9 plantas por m², mostrando diferencias agronómicas en la tercera temporada. En el presente estudio se espera que con una de las densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada incremente el rendimiento y se controle el efecto maleza en el pasto Pangola. Para indicar el potencial productivo de *Digitaria eriantha* a través diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara en primavera-verano, ubicado en Juan Rodríguez Clara, Veracruz, coordenadas geográficas 18° 00 6.1 LN y 95° 24 1.7 LO, altitud de 133 m. El clima, según Köppen modificado por García (2004) cálido subhúmedo (AW₀), de temperatura media de 24.5° C, precipitación media anual de 1100 mm, tipo de suelo, Cambisol dístrico, pH fuertemente ácido (Tosquy-Valle *et al.*, 2020).

Establecimiento de la semilla.

En un terreno de 432 m² de superficie, con dos pases de rastra antes de la siembra, pasto *Digitaria eriantha*, fecha de siembra, 15 de octubre del 2021, al establecimiento herbicida Picloram+2, 4-D. Se obtuvieron datos de precipitación con un pluviómetro manual y temperaturas máxima y mínimas (°C), (Measurement Computing Corporation, Modelo USB-500 Data logger). Las variables evaluadas, peso seco g (PS), materia seca t ha⁻¹(MS) y porcentaje peso seco de especies (%PSE).

Análisis estadístico

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia estadística) en la variable materia seca (MS)

FV	GL	VARIABLES	
		MS Pan	MS DSang
DS	2	796947774.8**	377984.52
Bloq	2	13734052.3	9276538.25
Bloq *Ds	4	36688269.6	15251305.36
DFN	4	31592197.6	13887194.25
DS *DFN	8	267758775.0*	44544346.61*
Error		8505862	2308557.6
Total		1350861768	138742750.9
CV (%)		18	101

† Fuente de variación (FV), grados de libertad (GL), densidad de siembra (DS), bloques (Bloq), dosis de fertilización nitrogenada (DFN), Coeficiente de variación (CV). ** Altamente significativo * Significativo, (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Efectos de las medias de (DS1), (DS2), (DS3) con respecto a las dosis de fertilización nitrogenada (DFN) (DFN1), (DFN2), (DFN3), (DFN4) y (DFN5) y su interacción entre ellos para la variable MS.

VAR	GEN	DFN					MEDIA
		DFN1	DFN2	DFN3	DFN4	DFN5	
MS	DS1	13128 dce	15293 cde	15816 bcde	8061 e	16891 abcd	13838 b
	DS2	10147 e	15162 dce	10765 de	11445 dce	13588 dce	12221 b
	DS3	20196 abc	19476 abcd	25607 a	24267 ab	19686 abc	21846 a
	MEDIA	16053 a	15042 a	16533 a	15038 a	17176 a	

†La variable MS, presento diferencia estadística entre las densidades (DS) pero no para (DFN) pero si para efectos simples (DFN3*DS3) ($p \leq 0.05$). a,b,c,d,e: Valores medios por columna con letra distinta son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). Materia seca (MS) t ha⁻¹.

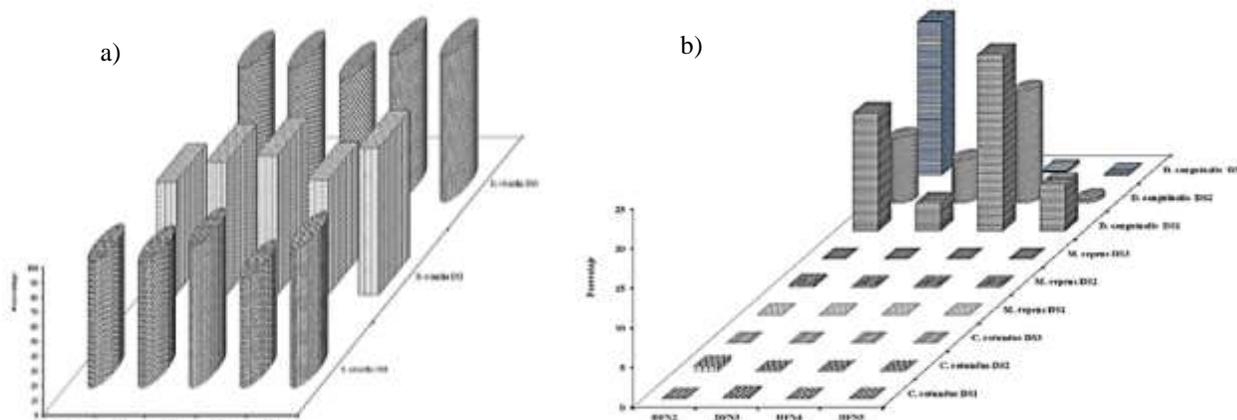


Figura 2. a) Porcentaje del pasto Pangola (*Digitaria eriantha*) en referencia a las dosis de fertilización nitrogenada (DFN) y las densidades de siembra (DS); b) Porcentaje de peso seco de diferentes especies de malezas (%PSE), en referencia a las dosis de fertilización nitrogenada (DFN) y las densidades de siembra (DS).

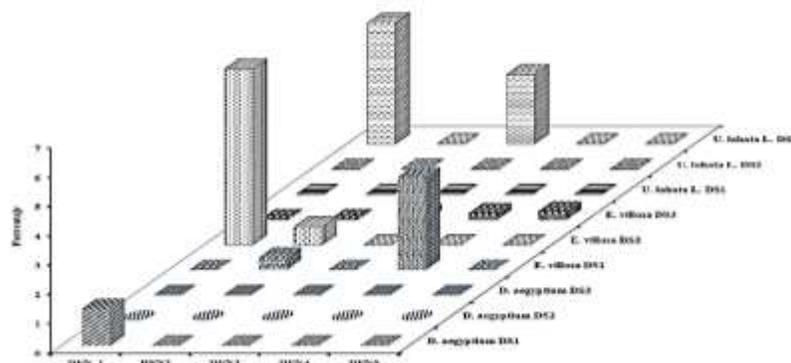


Figura 3. Porcentaje de peso seco de diferentes especies de malezas (%PSE), en referencia a las dosis de fertilización nitrogenada (DFN) y las densidades de siembra (DS).

Composición en la cosecha del pasto *Digitaria eriantha*

Dentro del pasto de corte *Digitaria eriantha*, se encontró una composición de malezas gramíneas como *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. en 11 (DS1), 9 (DS2), y 6 % (DS3) (Figura 2, b), según Oreja *et al.*, (2012), esta maleza crece en regiones tropicales en verano, anual con fecundidad alta, la viabilidad disminuye a temperaturas extremas de (25 °C, 30 °C), Song *et al.*, 2022, menciona que es resistente a fluazifop-P-butyl, haloxyfop-etoxyetyl y quizalofop-P-etyl. Otra gramínea encontrada, *Melinis repens*, en 0.05 % (DS2), (Figura 2, b), pasto rosado anual o perenne, especie invasora exótica, desplaza especies nativas, llega a tener alturas promedio de 50 a 60 cm, hasta poco más de 100 cm (Gutiérrez *et al.*, 2019); *Eriochloa villosa* es otra gramínea encontrada 0.72 (DS1), 1.33 (DS2), 0.14 % (DS3) (Figura 3) prospera en suelos con pH de 5.5-6.5, germinación de 20-35 °C (Szilágyi *et al.*, 2015); Esqueda-Esquivel *et al.*, (2015) menciona que para controlar gramíneas como *Dactyloctenium aegyptium* (L.) 0.25 % (DS1) (Figura 3), usan mezclas de diurón + hexazinona a 1.31 + 0.49 kg·ha⁻¹ y de diurón + paraquat a 0.3 + 0.6 kg·ha⁻¹, especie nativa de

zonas tropicales (Muñoz *et al.*, 2019). *Cyperus rotundus* DS1 con 0.77 y DS2 0.11 % (Figura 2, b), El-Rokiek *et al.*, (2010) menciona que es una especie C₄ alelopática, de alta competencia, cuando hay un alto nivel de nitrógeno en la tierra, cuenta con red de rizomas y tubérculos (Sathishkumar *et al.*, 2021). También se encontró maleza de hoja ancha *Urena lobata* L. (Figura 3) en DS3 con un 1.3 %, crece en suelos fértiles, su uso para producción de fibras (da Costa *et al.*, 2022) utilizada en medicina presenta flavonoides (Su *et al.*, 2018). En comparación con las gramíneas y maleza de hojas ancha, *Digitaria eriantha* tuvo alta significancia para densidades de siembra (DS) Cuadro 1, % de peso seco de especies (%PSE) para 87.02 (DS1), 87.82 (DS2) y 92.63 % para (DS3) (Figura 2, a) y en Cuadro 2 se observa efectos principales que fueron significativos para (DS3) y efectos simples la combinación (DFN3*DS3) con una ($p \leq 0.05$). Enríquez *et al.*, (2021) menciona que, con siembras intensivas, de *Digitaria eriantha* Steud hay mayor productividad y contribuye a mejorar la productividad ganadera, cuando se fertiliza con nitrógeno, la producción es mayor (Marqués *et al.*, 2020) así como manejando las densidades de siembra (Boschma *et al* 2018).

CONCLUSIONES

La aplicación de N, proporciona un aumento en la materia seca, peso seco y un mejor control de la maleza en densidades de 2500 k con una aplicación de 200 kg N ha⁻¹, en dos aplicaciones con suficiente humedad en el suelo. Es necesario seguir realizando investigaciones, sobre los efectos de las malezas en el suelo, ya que algunas se desarrollan de acuerdo al contenido nutricional del mismo y así tener una mejor propagación de cualquier gramínea o cultivo que se vaya a establecer y seguir promoviendo prácticas agronómicas que ayuden a mejorarlo la calidad del mismo.

LITERATURA CITADA

- Boschma S.P., Murphy S.R., Harden S., 2018. Optimum plant density of *Digitaria eriantha* for herbage accumulation and hydrological performance in a summer dominant rainfall zone. *Grass and Forage Science*. 74(3)
- da Costa F.Í.B., Silva S.S.d., Verdes C.A.L., Coelho F.C., Nina L.A.C., Pereira dC.A. 2022. Fertilization With Laying Hen Manure and Economic Analysis in Caesar Weed (*Urena lobata* L.) Seed Production in Amazonas, Brazil. *Journal of Agricultural Science*;14(9):1-7.
- Desai H.S., Chauhan B.S. 2021. *Chloris truncata* and *Chloris virgata*. *Biology and Management of Problematic Crop Weed Species*. 6: 113-129
- El-Rokiek KG, El-Din S.A. S., Ahmed S.F.A. 2010. Allelopathic behaviour of *Cyperus rotundus* L. On both *Chorchorus olitorius* (broad leaved weed) and *Echinochloa crus-galli* (grassy weed) associated with Soybean. *Journal of Plant Protection Research*. 50(3):1-6
- Enríquez Quiroz J.F., Esqueda Esquivel V.A, Martínez Méndez D. 2021. Rehabilitation of degraded pastures in the tropics of Mexico. *Revista Mexicana de Ciencia Pecuaria*. 12(3):243-260
- Esqueda-Esquivel V. A.; Rosas-González X.; Becerra-Leor E.N. 2010. Evaluación de herbicidas residuales para el control de malezas en guanábana (*Annona muricata* L.) *Revista Chapingo Serie Horticultura* 16(1): 5-12
- García A.E. 2004 Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. *Offset Larios*. México. 246.
- Green J. D., Witt W. W., Martin J. R. 2006. Weed Management in Grass Pastures, Hayfields, and Other Farmstead Sites. *Uk cooperative extension service*. 172: 1-16
- Gutiérrez G.O.G., Morales N.C.R., Villalobos G.J.C, Ruíz B.O., Ortega G.J.Á., Palacio N.J. 2019. Composición botánica y valor nutritivo de la dieta consumida por bovinos en un área invadida por pasto rosado [*Melinis repens* (willd.) Zizka], *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10(1):212-226.
- Iqbal, M. A. , Ali, S., Sabagh, A. E. , Ahmad, Z., & Siddiqui, M. H. 2020. Changing Climate and Advances on Weeds Utilization as Forage: Provisions, Nutritional Quality and Implications. In (Ed.), *Invasive Species - Introduction Pathways, Economic Impact, and Possible Management Options*. IntechOpen. 1-13 <https://doi.org/10.5772/intechopen.91386>

- Marques CC, Graciano da CAB, de Farias TG, dos Santos DG, Chaves GAL, Santos SJC, Camargo FC, Menezes de AE. 2020. The 4R management for nitrogen fertilization in tropical forage: A review. *Australian Journal of Crop Science*. 14(11):1834-1837
- Muñoz Rodríguez A.F., Sánchez Gullón E., Devesa Alcaraz J.A. 2019. *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Willd. (Poaceae), novedad para Andalucía (España). *Acta Botanica Malacitana* 44. 71-72
- Ordóñez I, López I.F., Kemp P.D., Descalzi C.A., Horn R., Zúñiga F., Dec D., Dörner J. 2017. Effect of pasture improvement managements on physical properties and water content dynamics of a volcanic ash soil in southern Chile. *Soil & Tillage Research*. 178: 55-64
- Oreja F.H., Bastida F., González-Andújar J.L. 2012. Simulation of control strategies for decision-making regarding *Digitaria sanguinalis* in glyphosate-resistant soybeans. *Ciencia e Investigación Agraria*. 39(2):299-308
- Ramírez de la Ribera, J. L., Zambrano Burgos D. A., Campuzano Janeth, Verdecia Acosta D.M, Chacón Marcheco, E., Arceo Benítez Y, Labrada Ching Jaine, UvidiaCabadiana H. 2017. El clima y su influencia en la producción de los pastos. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 18(6): 1-12
- SAS. 2009 SAS Institute. SAS/STAT®9.2. User Guide Release. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 111.
- Sathishkumar K, Veeramani A, Subramanian E, Sivakumar T, Mini ML, Prema P. 2021. Effect of maize based intercropping system on purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) control. *The Pharma Innovation Journal*. 10(10): 2467-2471
- Su C., Qi B., Wang J., Ding N., Wu Y., Xiao-Ping S., Zhi-Xiang Z., Xiao L., Xiao-Hui W., Zheng J., Peng-Fei T., She-Po S. 2017. Megastigmane glycosides from *Urena lobata*. *Fitoterapia*. 127:123-128.
- Szilágyi A., Balogh Z., Dávid I., Szabó L., Radócz L. 2015. Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa* /Thunb./ Kunth), a recently occurred invasive weed in TransTisza Region and a trial for control in maize. *Journal of Agricultural Sciences, Debrecen*. 66
- Tikam K., Phatsara C., Mikled C., Vearasilp T., Phunphiphat W., Chobtang J., Cherdthong A., Karl-Heinz S. 2013. Pangola grass as forage for ruminant animals: a review. *SpringerPlus*. 2: 604
- Tosquy-Valle OH, Zetina-Lezama R, López-Salinas E, Ibarra-Pérez FJ, Villar-Sánchez B. y Rodríguez-Rodríguez JR. 2020. Comparación de genotipos de frijol negro opaco en suelos ácidos del sur de Veracruz. *Terra Latinoamericana*. 38: 91-102. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.411>
- Zong T., Li J., Zhou X, Liu X.2022. Field Resistance of *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. to Haloxypop-P-methyl in China's Cotton Fields. *Agronomy*. 12 (5), 1071:1-13

MÉTODO PARA ESTIMAR ÁREA FOLIAR EN CINCO CULTIVARES DE *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone.

METHOD TO ESTIMATE LEAF AREA IN FIVE CULTIVARS OF *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone.

Abieser Vázquez González¹, Adrián Raymundo Quero Carrillo², Yobani Girón Ruiz¹, Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez³, José Francisco Villanueva Avalos¹.

¹Campo Experimental Santiago Ixcuintla - INIFAP, ²Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, ³Campo Experimental Valle de Culiacán - INIFAP.

RESUMEN

Se determinó un método de correlación de área foliar y peso seco en cinco cultivares de *Cenchrus purpureus*. Los materiales evaluados fueron, Taiwán morado, Taiwán A-144, Maralfalfa, CT-115 y OM-22, establecidas en parcelas completamente al azar de 6 x 10 m², a razón de 60, 000 plantas ha⁻¹. El trabajo se realizó en el sitio experimental El Verdineño – INIFAP. La evaluación se realizó cuando las plantas alcanzaron 1 metro de altura y 95% de intercepción de luz, en época de lluvias a los 35 días de rebrote. Se cosecho el material foliar de cada cultivar colectando un total de 50 muestras de 27 g en promedio, a cada muestra se le determinó la superficie foliar mediante integrador de área foliar LI-COR (área en cm²). Posteriormente, las muestras se sometieron a secado en estufa de aire forzado a 60 °C por 72 horas hasta alcanzar peso constante, y se pesaron en una báscula analítica modelo TH-II con capacidad de 1000g x 0.1g. Con los datos de área foliar y el peso seco de hoja, se realizó el análisis de regresión lineal ($y = a + bx$), para determinar los modelos y sus coeficientes de determinación (R^2), mediante el paquete estadístico SAS, Versión 9.0. **Los cultivares mostraron alta relación de área foliar con el peso seco de hoja con valores superiores de $R^2= 93$.** Estos modelos son herramienta útil para realizar estudios fisiológicos de la planta cuando no se tiene acceso a la tecnología de punta en el momento adecuado.

Palabras clave: área foliar, modelos de regresión, *Cenchrus purpureus*.

ABSTRACT

A correlation method of leaf area and dry weight was determined in five cultivars of *Cenchrus purpureus*. The materials evaluated were Taiwan purple, Taiwan A-144, Maralfalfa, CT-115 and OM-22, established in completely randomized plots of 6 x 10 m², at a rate of 60,000 plants per hectare. The work was carried out at the experimental site El Verdineño - INIFAP. The evaluation was carried out when the plants reached 1 meter in height and 95% light interception, in the rainy season at 35 days of regrowth. The leaf material of each cultivar was harvested, collecting a total of 50 samples of 27 grams (g) on average, each sample was determined leaf surface by LI-COR leaf area integrator (area in cm²). Subsequently, the samples were subjected to drying in a forced air oven at 60 °C for 72 hours until constant weight was reached, and they were weighed on a model TH-II analytical scale with a capacity of 1000 g x 0.1 g. With the leaf area data and leaf dry weight, the linear regression analysis ($y = a + bx$) was performed to determine the models and their determination coefficients (R^2), using the SAS statistical package, Version 9.0. The cultivars showed a high relationship between leaf area and leaf dry weight, with higher values of $R^2= 93$.

These models are a useful tool for carrying out physiological studies of the plant when there is no access to cutting-edge technology at the right time.

Keywords: leaf area, regression models, *Cenchrus purpureus*.

INTRODUCCIÓN

Las mediciones del área foliar (AF) son parte fundamental de la investigación en fisiología vegetal, en la agricultura (Broadhead *et al.*, 2003). El área foliar corresponde a la superficie de un solo lado de la lámina de las hojas y se utiliza para denotar la magnitud de la maquinaria fotosintética, la cual se considera como la principal fuente de fotosintatos para satisfacer la demanda ejercida por los órganos vegetativos y reproductivos en crecimiento. Tanto como el número de hojas y el área foliar se pueden expresar por planta o por metro cuadrado de área sembrada (Escalante y Kohashi, 2015). El análisis del crecimiento de las plantas requiere de la medida de dos variables, evaluadas a intervalos definidos: el área foliar (AF) y el peso seco (PS). Con estos dos valores, se derivan mediante cálculo matemático, los índices de crecimiento de la planta individual (tasa absoluta y relativa de crecimiento, tasa de asimilación neta, razón de área foliar, área específica foliar, peso específico foliar) o de la población (índice de área foliar, duración del área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, tasa de asimilación neta, coeficiente de partición o índice de cosecha) (Gardner *et al.*, 1985). Medir la superficie foliar de un elevado número de hojas puede ser costoso, engorroso y de alto consumo de tiempo. Por lo anterior el objetivo del trabajo fue determinar un método de correlación de área foliar y peso seco para poder estimar área foliar de manera menos costoso y seguro en cinco cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone. Cosechadas a 1 metro de altura con 95% de Intercepción luminosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó con cinco variedades del pasto *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone, Taiwán morado, Taiwán A-144, Maralfalfa, CT-115 y OM-22 cosechados a un metro de altura, establecidas en cinco parcelas completamente al azar, en el sitio experimental el Verdineño del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Santiago Ixcuintla, estado de Nayarit, con las coordenadas 22 ° 22" latitud N y 105 ° 7" longitud W, a 50-70 msnm, con temperatura media de 24 °C, y precipitación de 1200 mm anuales (Villanueva *et al.*, 2021).

Los cultivares se establecieron en parcelas de 10 x 6 m², bajo un diseño completamente al azar con densidad de 60 plantas por hectárea, la evaluación se realizó cuando las plantas alcanzaron 1 metro de altura y 95% de intercepción de luz, en época de lluvias a los 35 días de rebrote. Se cosecho el material foliar de cada cultivar e inmediatamente se colocó en bolsas plásticas, evitando que las hojas se doblaran, enrollaran o dañaran, se colecto un total de 50 muestras de 27 g en promedio por muestra. Las bolsas plásticas fueron colocadas rápidamente en condiciones de 5 °C dentro de hielera con material refrigerante gelificante (gel); a las cuales, se les colocaron mantas protectoras sobre bolsas, evitando el contacto directo entre la bolsa y el material refrigerante; similarmente, se evitó presencia de agua que pudiese promover pudrición o daño foliar. Se transportaron por 24 horas desde campo hasta el laboratorio de forrajes del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, a cada muestra se le determino la superficie foliar mediante integrador de área foliar LI-COR modelo 3100 (área en cm²). Posteriormente, las muestras se sometieron a secado en estufa

de aire forzado a 60 °C por 72 horas hasta alcanzar peso constante, y se pesaron en una báscula analítica modelo TH-II con capacidad de 1000g x 0.1g. Con los datos de área foliar y el peso seco de hoja (PSH), se realizó el análisis de regresión lineal, para determinar los modelos y sus coeficientes de determinación (R^2). Mediante el paquete estadístico SAS, Versión 9.0. La correlación entre dos variables, está dada por la siguiente ecuación: $y = a + bx$. En donde “y” es la variable dependiente y “x” es la variable independiente. Es decir, en nuestro caso, esa notación se convierte en: $A = a + bx$. En donde A = el área foliar de la hoja, x= peso seco de las hojas, mientras que a y b son constantes. A partir de esto se determinaron los modelos y su coeficiente de determinación (R^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cinco cultivares mostraron alta relación de AF con el PSH (Figura 1), el método de medición de área con hojas frescas es el más eficaz; sin embargo, debido a que existen situaciones en que no se pueden trasladar las hojas en tiempo y forma o no se cuenta con un equipo de cálculo de AF adecuado, en el sitio de trabajo de campo, en estos casos podría hacerse uso del PSH ajustándose a las ecuaciones desarrolladas para plantas a un metro de altura; lo anterior, debido a la alta relación definida entre estos dos factores.

Arias *et al.* (2019), realizaron mediciones de área foliar utilizando las longitudes de la porción media y longitudinal en nuevas variedades de *C. purpureus*; sin embargo, esta técnica es muy costosa en tiempo, debido a la cantidad y tamaño de las hojas que presentan las plantas, provocando un margen de error mayor, siendo la técnica de cálculo de AF por PHS muy valiosa, por su rapidez y precisión, para futuras investigaciones relacionadas a índices de crecimiento, cuando la hoja superior alcanza 1 metro de altura, en los cultivares evaluados, los componentes de la MS permiten obtener una alta relación entre área foliar y peso seco de hoja; sin embargo, a mayor altura o intercepción de luz, esta relación puede variar en forma diferencial para cada cultivar.

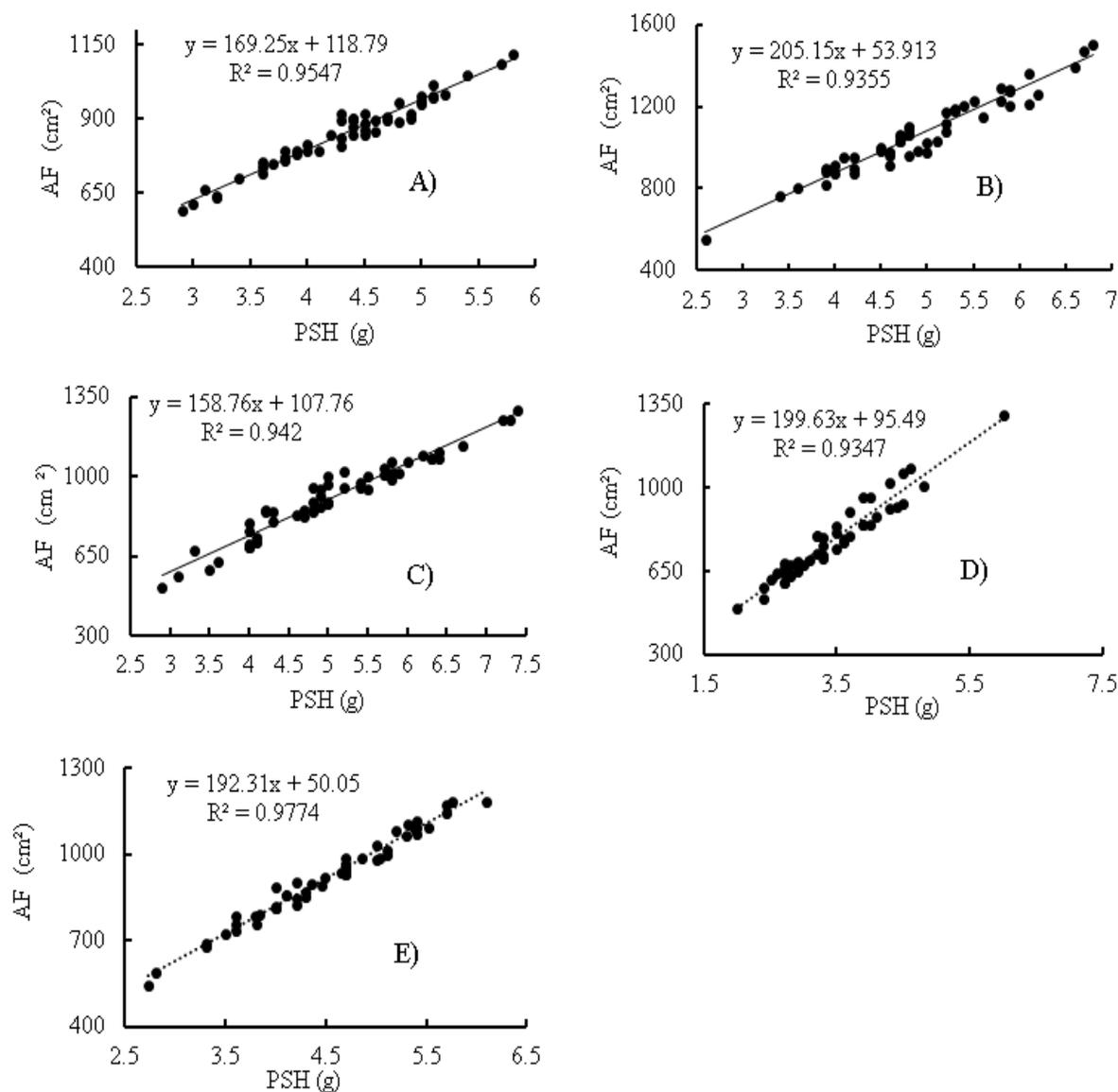


Figura 1. Modelos de regresión para cálculo de área foliar en cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, con base a Peso seco de hoja a un metro de altura. A) CT-115, B) OM-22, C) Taiwán morado, D) Maralfalfa, E) Taiwán A-14.

CONCLUSIÓN

Los modelos propuestos en el trabajo se pueden utilizar para estimar área de la lámina de la hoja, en cultivares de *Cenchrus Purpureus*, (**CT-115, OM-22, Taiwán morado, Maralfalfa, Taiwán A-14**) con una precisión relativamente por arriba del 92%, siempre y cuando las plantas alcancen un metro de altura. Estos modelos son herramienta útil para realizar estudios fisiológicos de la planta cuando no se tiene acceso a la tecnología de punta en el momento adecuado.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a través de la Beca de Maestría en ciencias en el colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, otorgada al primer autor.

LITERATURA CITADA

- Arias, J. J.; Reyes, J. V.; Ray, D. G.; Benitez, L. G.; Ledea, J. L. 2019. Indicadores morfométricos en nuevas variedades megatermicas de *Cenchrus purpureus* tolerante al estrés hídrico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. (22).115-125.
- Broadhead, J.S.; Muxworthy, A. R.; ONG, C.K.; Black, C.R. 2003. Comparison of methods for determining leaf area in tree rows. *Agric. Forest. Meteorol.* (115).151–161.
- Escalante, E. JA.; y Kohashi, S. 2015. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mpio. De Texcoco, Méx. 84 pp.
- Gardner, F. P.; Pearce, R. B.; y Mitchel, R. L (ed). 1985. *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. 327. Pp.
- Villanueva, A. JF.; Vázquez, G. A.; Quero, C, AR. 2021. Forage Morphology and Productivity of Different Species of *Tripsacum* under Sub-Humid Tropical Conditions. *Biol. Life Sci. Forum*.2(25). <https://doi.org/10.3390/BDEE2021-09478>.

COLECTA Y EVALUACIÓN MORFOLÓGICA DE *Panicum lepidulum* Hitchc. & Chase EN LA ZONA SEMIÁRIDA DE ZACATECAS

COLLECTION AND MORPHOLOGICAL EVALUATION OF *Panicum lepidulum* Hitchc. & Chase IN THE SEMI-ARID ZONE OF ZACATECAS

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}, José Francisco Villanueva Avalos², Adrián Quero Carrillo³

^{1 y 2} Investigadores del INIFAP; ³ Investigador del COLPOS

*rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo del presente estudio es dar a conocer la colecta y evaluación morfológica de seis accesiones de *P. lepidulum* en la zona semiárida de Zacatecas, del 2018 al 2021. Las plantas fueron colectadas en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí mediante el “método de macollos” durante el año 2018 y trasplantados a bolsas de plástico, las cuales fueron puestas en invernadero, para ser posteriormente trasplantadas a campo en marzo de 2019. Los resultados muestran nuevos sitios de colecta, nula presencia de Roya, diferentes fechas de presencia de insectos, diferencias entre altura, ancho y largo de hoja bandera, en hábito de crecimiento, forma de hoja, peso y sobrevivencia. Se encontró variabilidad entre accesiones, buena sobrevivencia y un rendimiento moderado de forraje.

Palabras clave: *P. lepidulum*, colectas, plagas, morfología, peso seco.

ABSTRACT

The objective of the present study is to present the collection and morphological evaluation of six accessions of *P. lepidulum* in the semi-arid zone of Zacatecas, from 2018 to 2021. The plants were collected in the states of Zacatecas and San Luis Potosí using the "method of tillers" during the year 2018 and transplanted into plastic bags, which were placed in a greenhouse, to be later transplanted to the field in March 2019. The results show new collection sites, no presence of rust, different dates of presence of insects, differences between height, width and length of the flag leaf, in growth habit, leaf shape, weight and survival. Variability was found between accessions, good survival and moderate forage yield.

Keywords: *P. lepidulum*, collections, pests, morphology, dry weight.

INTRODUCCIÓN

Valdés-Reyna *et al.* (2009) reportan que *Panicum lepidulum* Hitchc. & Chase, son plantas perennes, cespitosas y cortamente rizomatosas, con culmos de 0.15 a 1.0 m de largo por 1 a 2 mm de diámetro. Crece en lugares montañosos y húmedos de selva baja caducifolia, en áreas abiertas de bosque de pino-encino o encino, cañadas, pastizales y a orillas de caminos, desde el nivel del mar hasta los 2400 m. Herrera *et al.* (2011) describen al *P. lepidulum* como plantas no robustas, menores de 1 m de alto, anuales o perennes, pero no rizomatosas; nunca cultivadas como praderas y su distribución en el estado de Zacatecas ha sido reportado por distintas fuentes en los municipios de Fresnillo, Miguel Auza, Monte Escobedo, Pinos, Teúl de González Ortega, Valparaíso,

Villanueva y Zacatecas. La especie es escasa en los agostaderos del estado de Zacatecas, Rivera (1983) en un total de ocho sitios de muestreo, reporta en un solo sitio la presencia de *P. lepidulum* con un 1.79% de cobertura. No se encontraron estudios referentes a la evaluación morfológica y productiva de esta gramínea, a pesar de existir información de su colecta desde 1885 por Pringle, en un sitio de arroyo con colina pedregosa cerca de la ciudad de Chihuahua (Departamento de Botánica, Instituto de Biología). El objetivo del presente estudio es dar a conocer la colecta y evaluación morfológica de seis accesiones de *P. lepidulum* en la zona semiárida de Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de material vegetal. Las accesiones fueron colectadas mediante el “método de macollos” durante el año 2018, cinco en el estado de Zacatecas y una en el estado de San Luis Potosí. La recolección de macollos fue a inicio y durante el periodo de lluvias, registrando: fecha de colecta, género, especie, municipio, estado, nombre de recolector, especies asociadas, tipo de suelo, condiciones de sitio y se tomaron las coordenadas geográficas con un GPS marca Garmin etrex10 (latitud N, longitud W y altitud en msnm), además se tomaron fotografías las cuales eran enviadas vía WhatsApp a especialistas para su identificación, también se colectaron ejemplares para secado en prensa y posterior revisión en laboratorio. Las macollas fueron trasladadas a un invernadero ubicado en las instalaciones del CEZAC-INIFAP. Cada macolla fue dividida en varias partes, y cada una de ellas fue colocada en bolsas negras plásticas, cuyo un sustrato fue compuesto de vermicomposta, tierra de mezquite y Peat moss en volumen (1:1:1), recibiendo riegos a capacidad de campo durante su permanencia en el invernadero. Fue escogida la planta más vigorosa para ser evaluada en campo.

Evaluación morfológica y productiva. El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas - INIFAP, en Calera de V.R., Zacatecas, México (22° 54' 31.3" latitud norte y 102° 39' 34" longitud oeste), a 2197 msnm. Clima frío semiárido (BSk); suelo de textura franca, plano, 8.18 de pH, 3.83 de materia orgánica y pobre en nitrógeno nítrico y nitrógeno amoniacal, medio en fosforo, rico en potasio, extra rico en calcio y valores medios de magnesio. Suelo no salino-no sódico. Las estadísticas climatológicas normales de la estación CEZAC (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. La fecha de trasplante al sitio de estudio fue del 14 al 15 marzo 2019, sobre un terreno donde previamente se hizo laboreo profundo, nivelación y colocación de riego por goteo. El diseño de la plantación fue en cuadrícula con 1.25 m entre el centro de cada cuadrado en la cuadrícula en direcciones perpendiculares, pero donde solo la mitad de las posiciones de la cuadrícula están siendo ocupadas por una planta, lo cual produce un “diseño de panal” donde cada planta tiene cuatro vecinos más cercanos que son cada uno 1.767 m de centro a centro. Después del trasplante, se aplicaron riegos tres veces por semana con un horario de 9:00 a 15:00 hrs., hasta el mes de noviembre, suspendiendo riegos durante los meses de diciembre, enero y mitad de febrero, re-iniciando nuevamente riegos la segunda quincena de febrero al 16 de marzo del 2020, y a partir de esta fecha el lote ya no volvió a recibir riego suplementario. La precipitación recibida de marzo a diciembre del 2019 fue de 474.3 mm; el 2020 fue de 530.7 mm y el 2021 de 646.6 mm. Las variables bajo estudio fueron:

A) Presencia de Roya (*Puccinia sp.*) y plagas [Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y Chapulines (*Orthoptera: Acridoidea*)], las cuales fueron ubicadas con observaciones semanales del 20 de junio al 11 de noviembre del 2019, reportando la información en días julianos (DJ). Para conocer Roya, se usó la siguiente escala cualitativa (0 – Sin infección; 0.1 – Rastro de infección, incluso si se observa una sola pústula de óxido; 1 – 1 a 20% infectado; 3 – 20 a 40%; 5 – 40 a 60% alrededor de la mitad de la planta; 7 – 60 a 80%; 9 – 80 o más %, casi completamente cubierto de óxido, pero algo de tejido verde y 10 – Infección total, hojas marrones quebradizas, sin tejido verde. La presencia de plagas, se hizo las mismas fechas que para Roya, anotando la presencia de individuos adultos de: Araña roja y Chapulines. B) Altura de planta (cm) cada 30 días durante los meses de julio a octubre del 2019 y cada 15 días durante los meses de abril a octubre de los años 2020 y 2021. C) Ancho de hoja bandera (mm), llevada a cabo por única ocasión el 8 de octubre del 2019, la cual fue hecha midiendo con una cinta el ancho de tres hojas banderas escogidas al azar por cada ecotipo, con la información recabada se calculó la media y la desviación estándar de cada material incluyendo los ecotipos que a esa fecha habían emitido hoja bandera. D) Largo de hoja bandera (cm), igual que el inciso anterior. E) Hábito de crecimiento de planta, se llevó a cabo visualmente por única vez el 10 de octubre del 2019, de acuerdo a la Guía técnica para la descripción varietal de pasto Banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] emitido por SNICS (2014a) en base a la siguiente clasificación de hábito de crecimiento de pasto var. Diana: erecto (76°-90°) 1; semi-erecto (60°-75°) 3; medio (entre 31° y 59°) 5; semiprostrado (15°-30°) 7 y prostrado (1°-14°) 9. F) Hoja: forma característica, se llevó a cabo visualmente por única vez el 10 de octubre del 2019, de acuerdo a la Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.) emitido por SNICS (2014b) en base a la siguiente clasificación de forma característica de la hoja: rectilínea 1; ligeramente curvada 3; curvada 5; fuertemente curvada 7 y muy fuertemente curvada 9. G) Sobrevivencia (%) en base al número de plantas vivas a fin de cada temporada y H) Peso seco (g), se llevó a cabo cortando toda la fitomasa aérea en un solo corte durante el mes de diciembre del 2019 y noviembre de 2020 y 2021. No fue realizado análisis estadístico debido a que solamente hubo una planta por tratamiento (accesión).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolección de material vegetal. Los sitios de colecta (Tabla 1) son nuevos en relación a lo reportado por Herrera *et al* (2011), y las colectas Nos. 35 y 38 fueron encontradas a mayor altitud que las reportadas por Valdés-Reyna *et al.* (2009). El rango de altitud de los ecotipos estuvo entre los 1938 y 2441 msnm. Se observó que las plantas colectadas estaban entre o debajo de arbustivas, sitios poco accesibles y poca población de individuos; lo anterior podría ser atribuido a la sobreutilización por herbívoros, ya que se observó presencia de equinos, bovinos y cabras.

Tabla 1. Fecha y ubicación de sitios de recolección de accesiones de *Panicum lepidulum* en Zacatecas y San Luis Potosí, México

No. colecta	Fecha colecta	Municipio	Lugar	Latitud N	Longitud W	Altura (msnm)
7	07/08/2018	Panuco, Zac.	Km. 2.3 carr. Morelos-Salttillo	22° 52' 58.4"	102°36'11"	2354

35	07/08/2018	Zacatecas, Zac.	Paseo Manuel Felguerez-comercial Galerías	22° 46' 42.2"	102°35'47"	2441
36	08/08/2018	Zacatecas, Zac.	Brecha Km. 1 adelante de comunidad Chilitas	22° 39' 31.6"	102°40'00"	2249
37	08/08/2018	Jerez, Zac.	Brecha Km. 9 antes del Magueyito, Jerez, Zac.	22° 34' 41.8"	102°51'46"	2184
38	17/08/2018	Zacatecas, Zac.	Brecha de terracería en Cerro de las Bolsas	22° 45' 46.4"	102°33'26"	2441
39	13/09/2018	Ahualulco, SLP	km 18.5, carr. 63, tramo Ahualulco-Moctezuma	22° 28' 10.1"	101°09'18"	1938

Evaluación morfológica y productiva. A) Enfermedades y plagas. No hubo presencia de Roya en ningún material, respecto a la presencia de plagas, sí fueron observadas entre distintos materiales variando entre accesiones a través del tiempo, encontrando la mayor presencia de Araña y Chapulines a los 273 DJ (finales de septiembre). B) La mayor altura de plantas al momento de la colecta fue para la accesión No. 7, con 56.8 cm, sin embargo, solo sobrevivió dos años siendo probablemente un ecotipo de vida corta. En la evaluación de campo, los pastos alcanzaron su mayor altura el año 2019, cuando recibieron riego adicional, estando en un rango de 80.0 a 100.0 cm, sin embargo, para octubre del 2021 el rango de altura fue menor estando entre 55 a 80 cm (Tabla 2).

Tabla 2. Altura de plantas en su sitio original (2018) y en sitio de evaluación (2019-2021) de accesiones de *Panicum lepidulum* en Calera de V.R., Zacatecas. México.

No. colecta	Municipio	Agosto –sep.	Octubre	Julio	Octubre
		2018 n=5	2019	2020	2021
7	Panuco, Zac.	56.8±32.8	100	55	0
35	Zacatecas, Zac.	23.2±10.2	90	50	65
36	Zacatecas, Zac.	15.6±5.1	105	50	80
37	Jerez, Zac.	35.0±12.8	93	55	75
38	Zacatecas, Zac.	33.4±10.7	94	55	75
39	Ahualulco, SLP	21.0±7.3	80	45	55

C) El ancho de hoja bandera estuvo entre 6.0±0.8 a 7.3±0.5 mm. D) respecto al largo de hoja bandera, los ecotipos estuvieron en un rango de 15.5±7.3 a 20.2±1.4 cm, siendo el material colectado en la Brecha Km. 1 adelante de la comunidad de Chilitas, municipio de Zacatecas, Zac., a 2249 msnm el de mayor longitud de hoja. E) En relación al hábito de crecimiento de planta, se encontraron tres ecotipos semi-erectos (Nos. de colectas 7, 38 y 39), dos en categoría media (Nos. 35 y 37) y uno semi-postrado (No. 36). F) En la forma característica de hoja, todos los ecotipos se encontraron en la categoría de Ligeramente curvada. Al contar el número de plantas vivas a fin de cada temporada (G) la sobrevivencia fue alta con 83.3% (Tabla 3).

Tabla 3. Morfología de hojas y sobrevivencia de *Panicum lepidulum* en Calera de V.R., Zacatecas, México.

No. colecta	Municipio	Dic. 2019	Nov. 2020	Nov. 2021	Media±ds
7	Panuco, Zac.	176.0	205.0	0.0	127.0±110.9
35	Zacatecas, Zac.	74.0	203.0	30.0	102.3±89.9
36	Zacatecas, Zac.	162.0	293.0	79.0	178.0±107.8
37	Jerez, Zac.	167.0	362.0	112.0	213.6±131.3
38	Zacatecas, Zac.	148.0	338.0	79.0	188.3±134.1
39	Ahualulco, SLP	98.0	155.0	24.0	92.3±65.6
Media±ds		137.5±41.6	259.3±83.5	64.8±42.4	

Tabla 4. Peso seco (g planta⁻¹) de accesiones de *Panicum lepidulum* en Calera de V.R., Zacatecas, México.

Rasgo	<i>P. lepidulum</i>	Fecha
Ancho de hoja bandera (mm) n=3	6.0±1.0 – 7.3±0.6	Octubre 2019
Largo de hoja bandera (cm) n=3	15.5±7.3 a 20.2±1.4	Octubre 2019
Hábito de crecimiento de planta	Tres ecotipos semi-erectos, dos en categoría media y uno semi-postrado.	Octubre 2019
Hoja: forma característica	Los seis ecotipos con forma ligeramente curvada.	Octubre 2019
Sobrevivencia (%)	100	Octubre 2019
	100	Julio 2020
	83.3	Octubre 2021

H) En cuanto al peso seco (g), hubo diferente respuesta entre ecotipos y años de estudio (Tabla 4), encontrando que el material con mayor rendimiento de forraje seco fue el ecotipo No. 37 procedente de Jerez, Zacatecas, recolectado a 2184 msnm, al no encontrar referencias sobre la producción forrajera de este pasto, se comparó con el rendimiento de forraje seco de *P. hallii* var. *hallii* reportados por Palacio-Mejía *et al* (2021) quienes obtuvieron rendimientos de 151.9±52.8 g planta⁻¹, mientras que con el *Panicum hallii* var. *filipes* obtuvieron 247.7±82.2 g planta⁻¹, información muy similar a la encontrada con *P. lepidulum*. El tercer año de estudio, el rendimiento promedio de todas las accesiones fue cuatro veces menor al segundo año, lo cual podría atribuirse a que dicha especie podría ser perenne de vida corta y en algunos casos anual como lo reportan Herrera *et al* (2011).

CONCLUSIONES

Se ubicaron nuevos sitios de presencia de la especie, incluso a mayores alturas sobre el nivel del mar que las reportadas por otros autores. No se presentó Roya en ningún material. La mayor presencia de individuos adultos de Araña roja y Chapulín se encontraron a los 273 días julianos, sin que se observaran daños severos sobre las plantas atacadas. Se encontró variabilidad de rasgos morfológicos entre ecotipos. La mayor producción de peso seco se encontró en la colecta No. 37, sin embargo, después del tercer año de colecta el rendimiento de materia seca bajo drásticamente, lo que supone un comportamiento de especie perenne de vida corta. Se sugiere hacer estudios en su sitio original o en pastas inducidas para determinar su aceptación por el ganado, hacer estudios de valor nutricional en diferentes etapas fenológicas y medir su producción de semilla.

AGRADECIMIENTOS

Dr. José de Jesús Balleza Cadengo por el apoyo en la identificación del *Panicum lepidulum*. Al Dr. Rodolfo Velázquez Valle en la identificación enfermedades (Roya).

LITERATURA CITADA

- Arrieta, Y.H., & Ortiz, A.C. (2009). Diversidad y distribución de las gramíneas (Poaceae) en el estado de Zacatecas. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 3(2), 775-792.
- Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM), *Panicum lepidulum* Hitchc. & Chase, ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Tipos de Plantas Vasculares. En *Portal de Datos Abiertos UNAM* (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México.
 Disponible en: <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:T3656>
 Fecha de actualización: 13/05/2008, 12:00:00 a.m.
 Fecha de consulta: 09/09/2022, 11:05:01 a.m.
- Herrera A.Y., Peterson P.M., Cortés O. A. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Botanical Research Institute of Texas. USA. 249 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-SAGARPA. Calera de V. R., Zacatecas, México. 240 pp.
- Rivera M. 1983. Determinación del Coeficiente de Agostadero en el Municipio de Huanusco, Zac. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. p. 45.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 2014a. Guía técnica para la descripción varietal de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.]. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 26 p.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICSb). 2014b. Guía técnica para la descripción varietal de maíz (*Zea mays* L.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 43 p.
- Valdés-Reyna, J., Zuluoaga, F.O., Morrone, O. y Aragón, L. 2009. El género *Panicum* (Poaceae: Panicoideae) en el noreste de México. *Bol. Soc. Bot. Méx.* No.84, pp. 59-82.

PLAN DE MANEJO DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA MICROCUENCA PUERTO ESPINO, VILLA DE ARRIAGA, S. L. P.

MANAGEMENT PLAN FOR THE NATURAL RESOURCES OF THE PUERTO ESPINO MICRO-BASIN, VILLA DE ARRIAGA, S. L. P.

Victoria Pérez González¹, Catarina Loredo Osti², Sergio Beltran López³, Ramón Gutierrez Luna⁴.

¹Unidad Académica de Ciencias Biológicas - Universidad Autónoma de Zacatecas; ²Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Autónoma de San Luis Potosí; ³Campo Experimental San Luis Potosí - INIFAP; ⁴Campo Experimental Zacatecas - INIFAP.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue obtener un plan de manejo para la microcuenca “Puerto Espino” localizada en el municipio Villa de Arriaga, SLP. Este tuvo énfasis en la conservación de los recursos naturales y la reducción de pérdida de suelo por erosión hídrica. Se realizó una caracterización socioeconómica y climatológica para determinar las condiciones de la microcuenca. Aplicando el modelo de predicción de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (A=RKLSCP), se generaron los siguientes mapas: riesgo potencial a la erosión hídrica, erosión actual, erosión con prácticas de manejo de la vegetación, y, erosión con prácticas de conservación del suelo. Se identificaron las áreas con mayor riesgo a erosión hídrica dentro de la microcuenca y se elaboró un plan de manejo para su conservación. En las tierras agrícolas se recomiendan prácticas agronómicas y vegetativas como labranza de conservación, asociación de cultivos de amplia cobertura al suelo, surcado al contorno e incorporación de materia orgánica. En caso de terrenos de agostadero es indispensable el control de la carga animal y rotación de potreros; en terrenos con pendiente es necesario realizar obras de conservación como lo son las tinajas. Aplicando estas recomendaciones, la erosión actual del sitio puede reducirse en un nivel de ligero a moderado.

Palabras clave: microcuenca, erosión potencial, erosión hídrica, EUPS, pérdida de suelo.

ABSTRACT

The objective of this work was to obtain a management plan for the "Puerto Espino" micro-basin located in the municipality of Villa de Arriaga, SLP. This had an emphasis on the conservation of natural resources and the reduction of soil loss due to water erosion. A socioeconomic and climatological characterization was carried out to determine the conditions of the micro-basin. Applying the prediction model of the Universal Equation of Soil Loss (A=RKLSCP), the following maps were generated: potential risk of water erosion, current erosion, erosion with vegetation management practices, and erosion with soil conservation practices. The areas with the greatest risk of water erosion within the micro-basin were identified and a management plan for their conservation was drawn up. In agricultural lands, agronomic and vegetative practices are recommended, such as conservation tillage, association of crops with wide coverage of the soil, contour furrowing and incorporation of organic matter. In the case of pasture land, it is essential to control the stocking rate and rotation of paddocks; on sloped land it is necessary to carry out

conservation works such as blind tubs. By applying these recommendations, current site erosion can be reduced to a slight to moderate level.

Key words: watershed, potential erosion, hydric erosion, EUPS, soil loss.

INTRODUCCIÓN

La microcuenca funciona como la unidad de planeación y gestión de desarrollo sustentable ya que dependerá del problema o problemas que se busquen resolver, de los objetivos y de los alcances del manejo y gestión a nivel comunitario que se lleven a cabo para lograr un correcto plan de manejo de los recursos naturales. La erosión hídrica es uno de los principales procesos de deterioro del suelo en el mundo; por ella, miles de hectáreas han sido inutilizadas para la producción. Los suelos saludables son un requisito previo básico para satisfacer las diversas necesidades de alimentos, biomasa (energía), fibra, forraje y otros productos, así como para garantizar la prestación de servicios ecosistémicos esenciales en todas las regiones del mundo (FAO, 2018). Actualmente, el suelo es considerado un recurso no renovable y su pérdida por efectos de la erosión representa uno de los problemas ambientales más severos. En el estado de San Luis Potosí, las zonas áridas y semiáridas abarcan una superficie de más de 4.8 millones de hectáreas (76.63% de la superficie estatal total). Superficie de la cual es utilizada principalmente para la ganadería extensiva. Los niveles de erosión hídrica de la microcuenca Puerto Espino son tratables aplicando técnicas de predicción de la erosión, y, con la planificación de estrategias de control y reducción de erosión esta se puede reducir o eliminar empleando estrategias de conservación de suelos. Por lo que se tiene como objetivo evaluar el riesgo a la erosión en la microcuenca y realizar propuestas de manejo basadas en las necesidades de uso de suelo de la microcuenca.

MATERIALES Y MÉTODOS

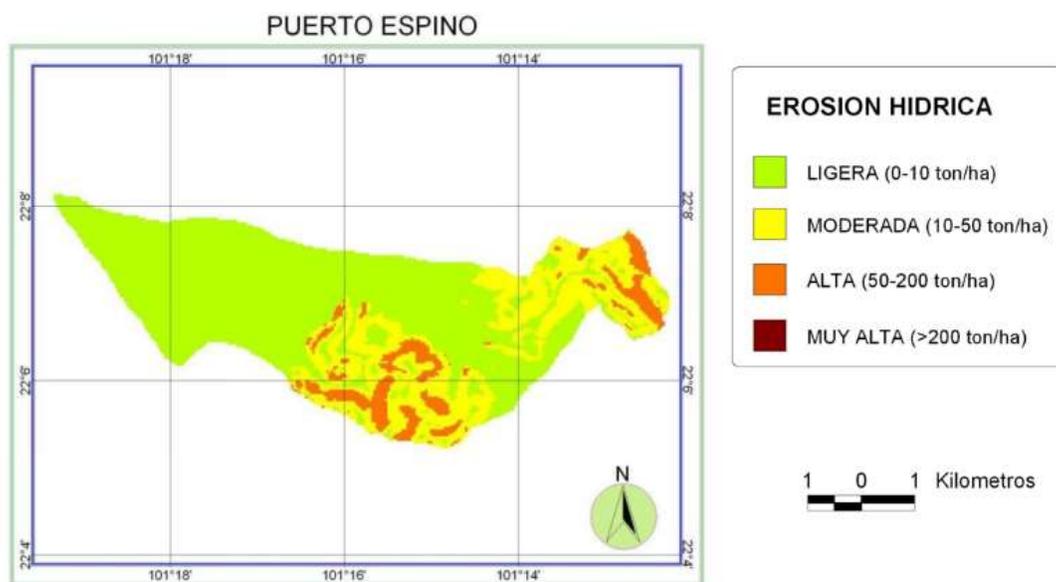
El área de trabajo se ubicó en la microcuenca Puerto Espino en la parte suroeste del estado de San Luis Potosí, en las coordenadas 21°54' latitud norte, 101°23' longitud oeste y se encuentra a una altitud de 2,177 msnm (metros sobre el nivel del mar), la delimitación del área de trabajo se realizó utilizando la cartografía de INEGI, con la que además se obtuvo información referente a edafología, uso actual de suelo, uso potencial, datos de erosión actual y potencial de la cuenca, con la finalidad de caracterizar los recursos naturales con los que cuenta la microcuenca. Para calcular el riesgo a la erosión actual y la estimación de reducción a la erosión se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo propuesta por Wischmeier y Smith, (1978) adaptada por la FAO (1980). Una vez obtenidos los datos socio-económicos y la información geográfica de la cuenca, se calculó el riesgo a la erosión, se integró el plan de manejo para control y reducción de la erosión dentro de la microcuenca "Puerto Espino", que consistió en prácticas mecánicas y agronómicas para control de la erosión, así como una propuesta para el manejo de agostaderos aplicando un ajuste a la capacidad de carga animal para evitar el sobrepastoreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La microcuenca se encuentra ubicada en la región hidrológica 37 El Salado (RH-37). El arroyo "El Mezquital" se presenta como corriente principal, desembocando en el lago "El Berrendo", presenta un clima semi-seco o estepario con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 16.7°C y el promedio de precipitación anual para esta región corresponde a 422.7 mm.

Los mayores niveles de erosión actual dentro de la microcuenca se concentran en dos zonas, son de nivel moderado (pérdida de 10 a 50 ton/ha) y de nivel alto (pérdida de 50 a 200 ton/ha), el resto de la microcuenca presenta una erosión de grado ligero (pérdida de 0 a 10 ton/ha).

Figura 5. Carta de erosión actual en la microcuenca Puerto Espino. Fuente: Digitalización de la carta F14-A84 erosión actual 1:50000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP (2007).



Para reducir la erosión de la microcuenca se trazó un plan de manejo que contempla prácticas mecánicas para reducir la pérdida de suelo y prácticas vegetativas que consideran el desarrollo de plantas o cultivos, o el manejo de la vegetación natural, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo.

Recomendaciones para el Manejo de Pastizales

Para la conservación y manejo de pastizales se recomienda realizar un ajuste a la carga animal dependiendo de la cantidad de forraje que se produce dentro de la microcuenca, en este caso, en condiciones buenas y con años de precipitación normal, puede producir 190 kg de forraje utilizable al año por hectárea en base a la materia seca.

Tomando en cuenta los siguientes datos:

Superficie = 2486.33 ha

Producción de forraje utilizable en base a MS = 190 kg ha⁻¹

Porcentaje de consumo animal : 3% P.V (450 kg = 1 UA)

Cantidad de Materia Seca disponible en el agostadero por año:

$$(190 \text{ kg MS ha}^{-1})(2486.33 \text{ ha}) \\ = 472,402.7 \text{ kg MS/agostadero/año}$$

Se determina la cantidad de consumo de materia seca en un año de una unidad animal, tomando en cuenta que en este caso 1UA = Vaca de 450 kg de peso con su cría al pie:

$$(450 \text{ kg PV}) (0.03) (365)$$

$$= 4927.5 \text{ kg MS/año}$$

Para calcular la capacidad de carga animal se divide el total de Materia Seca disponible en el agostadero entre el consumo anual de una Unidad Animal:

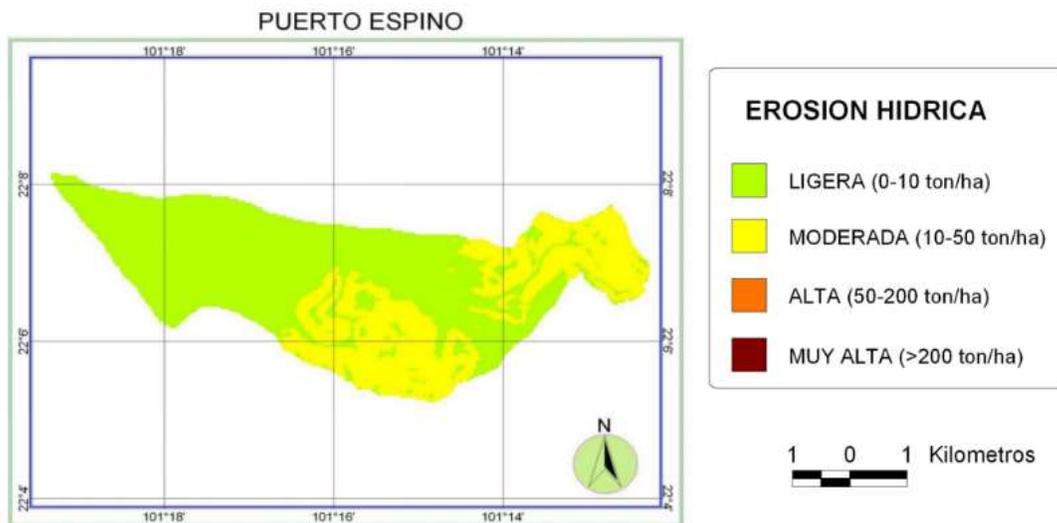
$$(472,402.7 \text{ kg MS}/2486.33 \text{ ha}) / (4927.5 \text{ MS/año})$$

$$=95.8 = 96 \text{ UA al año}$$

Aunque dentro del agostadero es posible mantener 96 unidades animal se recomienda pastorear los agostaderos solo al 60% de su capacidad, que en este caso corresponde a 58 unidades animal durante un año. Esto con la finalidad de que el 40% de forraje disponible tenga la función de protección del suelo y de la misma planta en su punto de crecimiento y protección durante la temporada invernal, además de que este porcentaje quede disponible en caso de retraso de lluvias.

Al implementar el anterior plan de manejo y utilizando los valores C (prácticas de manejo de cobertura) y P (prácticas de conservación de suelos) de la antes mencionada EUPS con los cuales es posible realizar una estimación de la reducción a la erosión, se observa en el siguiente mapa (Figura 2) como los niveles de erosión disminuyen dentro de la microcuenca.

Figura 6. Estimación de la reducción de la erosión aplicando prácticas de manejo vegetativas, agronómicas y mecánicas. Fuente: Digitalización de la carta F14-A84 Reducción de la erosión con prácticas de manejo 1:50000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP (2007).



La combinación de prácticas mecánicas, de cobertura vegetal y un correcto control del ganado sobre los agostaderos son clave para la disminución en los niveles de erosión. En ese sentido se busca que los ecosistemas y agroecosistemas puedan ser manejados de forma sostenible, con menores impactos ambientales y sociales y la reducción del uso de insumos externos; situación que repercute de manera directa en la gestión y uso sostenible de los suelos (FAO, 2018).

El enfoque de cuencas contribuye a enlazar los procesos de formación y de pérdida de suelo con otros componentes como el agua y la vegetación, y posibilita la planeación de acciones que conserven todos los elementos de una cuenca, incluido el suelo (Ávalos, et al., 2013).

CONCLUSIONES

Con la protección de los suelos mediante la cobertura basal a nivel de cuenca se puede incrementar la producción animal de manera sostenida a través del tiempo.

LITERATURA CITADA

- Ávalos, H. C., Alcántar, A. G., Mora, I. D. G., López, R. F. P., & Patrón, E. R. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Cuadernos de divulgación ambiental. Guadalajara: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Colegio de Postgraduados de Chapingo. (1997). Manual de conservación del suelo y agua. Instructivo. SARH-SPP. Chapingo, México.
- COTECOCA (Comisión técnico consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero). (1974). Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de San Luis Potosí, México, D.F. Secretaría de Agricultura y Ganadería. 158 p.
- FAO, M. (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Bogotá DC, Colombia.
- FAO, (1980). Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- Loredo, O. C., Beltrán L., F. Moreno S. & M. Casiano D. (2007). Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Folleto Técnico No. 29. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses-a Guide to Conservation Planning-USDA; Agriculture Handbook 537. Sci. and Educ. Admin. USDA Washington, D.D.

CONTROL DE UNA ARBUSTIVA EN UN PASTIZAL DE *Bouteloua gracilis* AL NORTE DE DURANGO

A SHRUB CONTROL IN *Bouteloua gracilis* GRASSLAND IN NORTH OF DURANGO

Edmundo Castellanos-Pérez¹, Ulises N. Gutiérrez-Guzmán¹, Amaury Esquivel-Romo¹, Héctor D. García-Sánchez¹, Ana I. Maraña-Santacruz, Mónica S. Ortega-Ramírez¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Apdo Postal 1-142, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo km 32. 35111. Venecia, Durango, México.

RESUMEN

Debido a la invasión de plantas leñosas en los pastizales dominados por gramíneas se llevó a cabo este trabajo el cual tuvo por objetivo medir el efecto de tratamientos mecánicos y químicos en el control de gatuño (*Mimosa biuncifera*) en un pastizal de navajita (*Bouteloua gracilis*). El área de estudio fue en La Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Durango, en cuatro áreas adyacentes, una de 100 ha y tres de 125 ha cada una. En 2002 se usó el rodillo aereador en toda el área, y de 2003 a 2005 se aplicó tratamiento químico a la vegetación de gatuño. La remoción de la biomasa área fue hecha en 2005 en el área de 100 ha previo a la aplicación del herbicida a los rebrotes de los arbustos. Los resultados mostraron que el área de 100 ha tuvo la mayor densidad de arbustos en 2005 4799.91 ± 719.28 por ha y en 2021 2071.54 ± 472.17 , lo cual en proporción es en las áreas estudiadas la más baja entre los arbustos encontrados en 2021 con respecto a los encontrados en 2005. Después de 16 años, la densidad de los arbustos en el área con mayor densidad no ha alcanzado la densidad de arbustos inicial con los tratamientos mecánicos y químicos.

Palabras clave: zacate navajita, control mecánico, herbicida, vegetación leñosa.

ABSTRACT

Due to shrub encroachment into grasslands this work was carried out with the objective of measuring the mechanical and chemical treatments in catclaw (*Mimosa biuncifera*) in a *Bouteloua gracilis* grassland. The study area is located in La Cieneguilla, Mpio. Hidalgo, Durango, in four adjacent areas, one area of 100 ha, and the others having 125 ha each one. Drum aerator treatment was applied in 2002 to the whole area. From 2003 to 2005 the chemical treatment was applied to the catclaw vegetation. Aerial biomass removal was made in the 100 ha area in 2005 prior to the herbicide treatment to catclaw regrowth vegetation. Results showed that the 100 ha area had the highest shrub density in 2005 4799.91 ± 719.28 per ha and in 2021 2071.54 ± 472.17 , which is proportionally the lowest between shrubs found in 2021 divided by the shrubs found in 2005. After 16 years, density of shrub vegetation in the highest density of shrub area has not reached the initial shrub density with mechanical plus herbicide treatments.

Key words: blue grama, mechanical control, herbicide, woody vegetation.

INTRODUCCIÓN

Cuando se hace un manejo inapropiado del pastoreo induce a que una invasión de plantas leñosas se presente en los pastizales (Archer et al. 1999, Ruthven III y Krakauer, 2004). La restauración de los pastizales nativos invadidos de plantas leñosas no puede ser lograda sin la participación humana. La invasión de las plantas ha sido atribuida a diversos factores como el sobrepastoreo, sequía, desertificación, y cambio climático. Con frecuencia estos impactos pueden ser irreversibles, aunque métodos propiamente implementados por manejadores pueden tener un impacto positivo (Eddy et al. 2020). El gatuño (*Mimosa biuncifera*) es una planta leñosa invasora en pastizales de gramíneas nativas que es no posible de ramonear con cabras por tener púas de 5-8 mm de largo (Castellanos-Pérez 1985). El control mecánico comprende desde el desenraizado total de los arbustos, lo que generalmente daña a la vegetación herbácea, hasta donde solo se remueve la biomasa aérea con mínimo disturbio al estrato herbáceo. Respecto al control químico los herbicidas más usados son los que afectan la regulación del crecimiento de las plantas no deseables (Master y Sheley 2001). El objetivo fue evaluar el efecto de los tratamientos mecánicos y químicos aplicados para controlar el gatuño en un pastizal de *Bouteloua gracilis* luego de 16 años que se midió la vegetación inicial de este pastizal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en un pastizal dominado por navajito azul (*Bouteloua gracilis*) e invadido por gatuño (*Mimosa biuncifera*) en la Colonia Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo. Se localiza en el paralelo 25° 39' 30" LN y 104° 40' 10" LO. El clima es BS1kw de acuerdo a la clasificación de Copen modificado por García (1964). El predio está a 1920 msnm. El suelo es migajón arenoso y migajón arcillo-arenoso con una pendiente del 1 al 8 % (Castellanos et al. 2008). El área fue tratada con un rodillo aireador en 2002, lo cual quebró la biomasa aérea del gatuño y en 2003 éste rebrotó de la base. Se aplicó el herbicida tordon 101. El herbicida Tordon 101® es un herbicida selectivo líquido que controla solamente plantas de hoja ancha y no daña a las gramíneas (Ibarra et al. 2016).

Usando los resultados del control de los arbustos en las parcelas en Junio de 2003 (Castellanos-Pérez et al. 2004), se aplicó la dosis intermedia del herbicida (1.67 l por cada 100 l de agua) para controlar el gatuño de manera extensiva en el área. El potrero número uno mide aproximadamente 100 ha, el potrero dos, el tres y el cuatro cada uno tiene un área de 125 ha. El sentido de la pendiente va del potrero uno al potrero cuatro. Se inició el control en el potrero número tres en 50 ha de Octubre 15 a Diciembre 15 de 2003 aplicando el herbicida con aspersora manual. En 2004 del 12 de Abril al 17 de Septiembre se controlaron con el herbicida los arbustos del potrero dos, y del 11 de Mayo al 13 de Agosto de 2005 los arbustos del potrero uno con la aplicación del tordon 101. En éste potrero se cortó previamente la biomasa aérea del gatuño arriba del ras del suelo unos 10 a 15 cm con una 'desvaradora' del 23 de Marzo al 16 de Mayo de 2005. La aplicación del herbicida en este potrero se realizó hasta que los arbustos tuvieron rebrotes nuevos con al menos 20 cm de altura y 20 cm de diámetro mayor de la copa.

Se estimó la densidad inicial de arbustos el 31 de Julio y 1 de Agosto de 2005. La altura y el diámetro mayor y menor de la copa del arbusto de plantas localizadas de manera aleatoria fueron medidos. En el potrero cuatro no hubo aplicación de herbicida debido a que la densidad de arbustos fue muy baja. En Noviembre y Diciembre de 2021 se midieron nuevamente las variables del gatuño. Se analizaron las variables de densidad, altura, diámetro mayor y diámetro menor en cada

uno de los cuatro potreros en 2005 y 2021 con correlación canónica con PROC GLM (Johnson 2000) con el paquete estadístico SAS (SAS 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El control del gatuño tuvo más impacto después de 16 años en el potrero 1, el área con más población del arbusto a inicios de la aplicación del herbicida, lo que pudo ser efecto del desvare previo a la aplicación del tratamiento. La densidad en el potrero 2 es aún menor en 2021 que la encontrada al inicio de la aplicación del herbicida pero no tanto en proporción como en el potrero 1. En el potrero 3 la cantidad de arbustos es la misma que se encontró en 2005. En el potrero 4 hubo un incremento de arbustos ya que no fué aplicado ningún tratamiento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Densidad de arbustos (*Mimosa biuncifera*) por ha en La Cieneguilla Mpio.de Hidalgo, Dgo. cuando se aplicó el tratamiento químico y 16 años después.

Potrero	2005			2021		
	media	E.E.	n	media	E.E.	n
1	4799.91	719.28	7	2071.54	472.17	7
2	1886.28	778.45	6	1237.87	514.56	6
3	806.39	319.86	6	707.36	182.64	6
4	21.22	21.22	6	445.63	166.82	6

Las características de altura, diámetro mayor y diámetro menor fueron menores en el potrero uno en 2005 debido a que las plantas se les aplicó un desvare (remoción de la biomasa aérea) como se mencionó anteriormente. En los potreros restantes las plantas tuvieron dimensiones menores en 2005 que en 2021 debido al efecto del paso del rodillo aereador en 2002 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura, diámetro mayor y diámetro menor de las plantas de gatuño en la Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo.

	Potrero	2005			2021		
		media	E.E.	n	media	E.E.	n
Altura (cm)	1	36.43	1.15	69	95.16	3.68	70
	2	65.57	2.25	60	74.46	4.12	60
	3	69.92	2.86	36	93.67	3.35	60
	4	76.14	2.64	36	102.17	3.51	60
Diámetro mayor (cm)	1	59.19	2.35	69	112.34	4.65	70
	2	82.33	4.19	60	97.63	6.43	60
	3	97.28	6.75	36	107.22	4.01	60
	4	113.47	5.32	36	123.3	5.37	60
Diámetro menor (cm)	1	43.67	2.16	69	92.5	4.62	70
	2	61.78	3.31	60	74.47	5.06	60
	3	70.61	5.73	36	87.85	3.6	60
	4	98.64	5.34	36	101.68	4.54	60

Con el análisis de correlación canónica se encontró encontraron los coeficientes:

$$CV1=0.00072425(DE)-0.0318701(A)+0.01013435(DMA)-0.0028564(DME)$$

$$CV2=0.00047351(DE)+0.04312566(A)-0.01233156(DMA)+0.00440635(DME)$$

donde:

DE = densidad de plantas por ha. A = altura en cm. DMA = diámetro mayor de la copa del arbusto. DME= diámetro menor de la copa del arbusto.

En 2005 la vegetación de gatuño del potrero uno está más influenciada por el CV1, con densidad y diámetro mayor como positivos, y medianamente por el CV2, mientras que en 2021 esta vegetación está más influenciada por el CV2 donde aparecen positivos densidad, altura y diámetro menor (Riginos et al. 2019). En la vegetación del arbusto del potrero dos en 2005 y 2021 están en el mismo espacio bidimensional que forman CV1 y CV2 por lo tanto el efecto del herbicida ha desaparecido después de la aplicación en 2004 (Figura 1). En la vegetación arbustiva de gatuño en el potrero tres en 2005 es de los valores más bajos de CV1 y CV2, pero en 2021 si está la vegetación ayudada por el CV2 a través densidad, altura y diámetro menor. Al igual que en el potrero tres, la vegetación de gatuño en el potrero cuatro en 2005 es el menos influenciado por CV1 y CV2, pero si está influenciado por el CV2 en 2021 (Figura 1).

Este trabajo fue guiado por los productores de ganado que ven la invasión de plantas leñosas como un problema porque reducen la producción de las gramíneas nativas (Ward et al. 2022) y consideran el costo de control de arbustos para aplicarlos donde el control mecánico y aplicación aérea de herbicidas son los más caros seguidos por la aplicación individual de herbicidas a las plantas (Kreuter et al. 2005). Scholtz et al. (2021) mencionan que la efectividad de los tratamientos de control de plantas leñosas es en períodos de tiempo corto y se debe priorizar en prácticas alternativas que prevengan el establecimiento de plantas leñosas nuevas.

Trazado de CV2*CV1. El símbolo es el valor de lugar y fecha a = 2005 potrero 1, b = 2005 potrero 2, c = 2005 potrero 3, d = 2005 potrero 4, A = 2021 potrero 1, B = 2021 potrero 2, C = 2021 potrero 3, D = 2021 potrero 4.

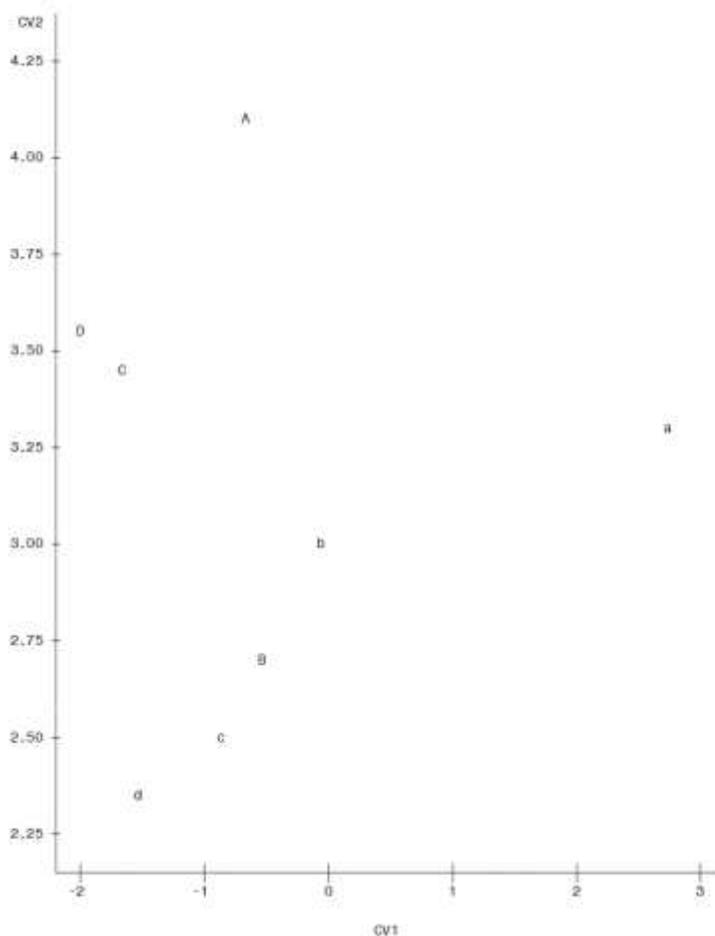


Figura 1. Distribución de las medias de las características del gatuño usando las dos primeras variables canónicas en los potreros de La Cieneguilla, Mpio. de Hidalgo, Dgo.

CONCLUSIONES

El área con más cantidad de plantas de gatuño es la que ha mantenido durante 16 años menos proporción de plantas con respecto a la cantidad de plantas al inicio del control de la arbustiva debido la remoción de la biomasa aérea y luego la aplicación de herbicida cuando había rebrotado. Las diferencias de dimensiones aéreas del arbusto entre 2005 y 2021 fueron debido al paso del rodillo aerador en 2002 donde las plantas rebrotaron en 2003 y en 2005 no alcanzaron la altura y diámetros aéreos de las nuevas plantas medidas en 2021.

LITERATURA CITADA

- Archer S, W. Mackay, J. Mott, S.E. Nicholson, M. Pando Moreno, M.L.Rosenzweg, N.G.Seeligman, N.E. West, and J. Williams. 1999. Arid and semiarid land community dynamics in a management context. In: Arid Lands Management. Toward Ecological Sustainability. T. W. Hoekstra and M. Shachk, eds. University of Illinois. Press. pp. 48-74.
- Castellanos P.E., R. Gutiérrez L., J.J. Quiñones V., C.M. Valencia C., J.J. Martínez R., S. Serrato C. y E. E. Luján M. 2008. Siembra de zacate navajita (*Bouteloua gracilis*) en un área abandonada al cultivo en Durango. Revista Agrofaz Vol. 8 No. 2:27-33.

- Castellanos-Pérez E. 1985. Identificación, clasificación y descripción de las plantas arbustivas del campo experimental Apantita Dgo. Tesis de Lic. ESAZ-UJED. 88 p.
- Castellanos-Pérez E., J.J. Quiñones-Vera, C.M. Valencia-Castro, J.J. Martínez-Ríos, I. Guillén- Gámez. 2004. Control del gatuño (*Mimosa biuncifera*) en un pastizal mediano abierto en Durango. Memorias de la XVI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango, México. pp 638-641.
- Eddy J.D., D. Stockbridge, C. R. Hart, J.G. Cross, and R. S. Luna. 2020. Herbicide treatment of Western honey mesquite. *Rangelands* 42(6):179—190. doi 10.1016/j.rala.2020.09.001.
- García E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) 1era Edición. Offset Larios. México D.F.
- Johnson D.E. 2000. Métodos Multivariados Aplicados al Análisis de Datos. International Thomson Editores. México. D.F. 576 p.
- Ibarra Flores F.A., M. H. Martín Rivera, R. Garza Ortega, S. Moreno Medina, R. Retes López. 2016. Rentabilidad del uso de herbicida tronador® para el control de invasiones de rama blanca en praderas de zacate buffel en Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, Vol. 20, núm. 39: 489-500.
- Kreuter U.P., H. E. Amestoy, M. M. Kothmann, D.N. Ueckert, W.A. McGinty, and S. R. Cummings. 2005. The use of brush management methods: A Texas landowner survey. *Rangeland Ecol. Manage.* 58:284–291.
- Master, R.A. and R.L. Sheley. 2001. Principles and practices for managing rangeland invasive plants. *J. Range Manage.* 54:502-517.
- Riginos C., K.E. Veblen, E. T. Thacker, K. L. Gunnell, T.A. Monaco. 2019. Disturbance type and sagebrush community type affect plant community structure after shrub reduction. *Rangeland Ecol. Manage.* 72: 619-631. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.01.007>
- Ruthven III, D.C., and K.L. Krakauer. 2004. Vegetation response of a mesquite-mixed brush community to aeration. *J. Range Manage.* 57:34-40.
- SAS. 2002. SAS Institute Inc., NC, USA.
- Scholtz R., S.D. Fuhlendorf, D.R. Udena, B.W. Allred, M.O. Jones, D.E. Naugle, D. Twidwell. 2021. Challenges of brush management treatment effectiveness in Southern Great Plains, United States. *Rangeland Ecol. Manage.* 77:57-65. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.03.007>
- Ward D., T. Pillay, S. Mbongwa, K. Kirkman, E. Hansen, M. Van Achterbergh. 2022. Reinvasion of native invasive trees after a tree-thinning experiment in an african savanna. *Rangeland Ecol. Manage.* 81:69-77. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2022.01.004>

RESPUESTA DE GRAMÍNEAS DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE A UN AMBIENTE DEL TRÓPICO SECO

RESPONSE OF CHIHUAHUA DESERT GRASSES TO AN ENVIRONMENT OF THE DRY TROPICS

Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez¹, Alfredo Loaiza Meza¹, Venancio Cuevas Reyes², Tomás Moreno Gallegos¹, Abieser Vázquez González³

¹Campo Experimental Valle de Culiacán INIFAP-CIRNO, Culiacán, Sinaloa, México. fazobed@gmail.com. ²Campo Experimental Valle de México INIFAP, Culiacán, Sinaloa, México. ³Sitio Experimental el Verdineño INIFAP

RESUMEN

El uso de gramíneas que se adapten a las condiciones cambiantes del ambiente será una alternativa que los manejadores de recursos naturales debemos implementar. En el estado de Sinaloa existen programas que están implementando el uso de especies forrajeras con el fin de solventar la falta de forraje en los predios ganaderos. Sin embargo, su alto costo e incertidumbre hace necesario contar con información sobre las características de germinación y desarrollo de la plántula para asegurar el éxito. Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características de germinación de gramíneas nativas y exóticas presentes en el desierto Chihuahuense bajo condiciones del trópico Seco. El trabajo se llevó a cabo en el invernadero del Campo Experimental Valle de Culiacán- INIFAP. Las variables evaluadas fueron: Emergencia, Tiempo de Germinación y Velocidad de germinación. Especies no se vieron afectadas por la reducción de humedad, sin embargo, *Leptochloa dubia* redujo entre un 18 y 32 % la germinación. La especie introducida más afectada fue *Pennisetum ciliare* con una reducción entre el 20 y 46% de la emergencia. El tiempo de germinación promedio en gramíneas nativas fue de 4.8 y en gramíneas introducidas fue de 4.6. La velocidad de germinación mayor se presentó para *L. dubia* con 15.36 semillas/día en una precipitación media y la menor para *Bouteloua dactyloides* con 1.33 con una baja precipitación; en las gramíneas introducidas *Eragrostis superba* presentó los valores más altos entre 26.61 y 11.37 semillas/día y *Melinis repens* presentó los valores más bajos entre 5.68 y 2.67 semillas/día. La rápida germinación da ventajas competitivas para el establecimiento de plántulas ante cortos períodos de humedad, comunes en zonas áridas. Sin embargo, la lenta germinación mantiene los bancos de semilla en suelo ante eventos de lluvia irregulares.

Palabras clave: revegetación, pastizales, estrategias de la germinación

ABSTRACT

The use of grasses that adapt to changing environmental conditions will be an alternative that natural resource managers must implement. In the state of Sinaloa there are programs that are implementing the use of forage species in order to solve the lack of forage in livestock farms. However, its high cost and uncertainty make it necessary to have information on the characteristics of germination and seedling development to ensure success. Due to the above, the objective of this study was to evaluate the germination characteristics of native and exotic grasses present in the Chihuahuan desert under conditions of the dry tropics. The work was carried out in the greenhouse of the Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFA. The variables evaluated were: emergence, germination time and germination speed. Species were not affected by humidity reduction,

however, *Leptochloa dubia* reduced germination between 18 and 32%. The most affected species affected was *Pennisetum ciliare* with a reduction between 20 and 46% of emergence. The average germination time in native grasses was 4.8 and in discarded grasses it was 4.6. The highest germination rate was presented for *L. dubia* with 15.36 seeds/day in medium rainfall and the lowest for *Bouteloua dactyloides* with 1.33 with low rainfall; in the questioned grasses *Eragrostis superba* presented the highest values between 26.61 and 11.37 seeds/day and *Melinis repens* presented the lowest values between 5.68 and 2.67 seeds/day. The rapid germination gives competitive advantages for the establishment of seedlings in short periods of humidity, common in arid zones. However, slow germination maintains seed banks in the soil in the face of irregular rainfall events.

Keyword: revegetation, grassland, Tropic

INTRODUCCIÓN

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

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en las instalaciones del invernadero del Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP. Se utilizaron cuatro macetas de 10 cm de diámetro y 50 semillas viables de cada especie. Se utilizaron 10 especies en total, las especies nativas del desierto chihuahuense utilizadas en las pruebas fueron: *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua dactyloides*, *Bouteloua gracilis*, *Digitaria californica*, *Leptochloa dubia*. Las especies exóticas fueron: *Cynodon dactylon*, *Eragrostis curvula*, *Eragrostis superba*, *Melinis repens* y *Pennisetum ciliare*. Se evaluaron cuatro secuencias de humedad sequía, para estas secuencias se utilizaron las propuestas por Esqueda *et al.* (2005): la secuencia Muy baja fue 1-1, 1-1, 1-2, 1-2, 1-4, 1-12 (en total seis días con lluvia); 60 mm de precipitación; la secuencia Baja fue 1-2, 1-2, 1-1, 1-1, 2-4, 2-12 (ocho días con lluvia); 80 mm de precipitación; la secuencia Media fue 1-1, 1-1, 2-2, 2-2, 2-4, 2-12 (diez días con lluvia); 100 mm de precipitación y la secuencia Alta fue 2-1, 2-1, 2-1, 2-1, 2-

4, 2-12 (doce días con lluvia); 120 mm de precipitación. La temperatura y el tipo de suelo son de zonas de temporal del estado de Sinaloa.

Variables Evaluadas

Emergencia. El porcentaje de germinación se obtuvo con la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Emergencia} = \frac{\text{semillas emergidas}}{\text{total de semillas sembradas}} * 100$$

Velocidad de germinación (VG). Esta variable se obtuvo con base en la siguiente fórmula (Maguire, 1962):

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

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

Tiempo a la germinación. Con base en las observaciones diarias se cuantificó el primer día de germinación (PDG).

Análisis Estadístico

Para determinar las especies con mayores valores en las características de emergencia, se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por especie. Para el análisis de días a la germinación (DG) y Velocidad de Germinación (VG) se utilizó el procedimiento GLM y la separación de medias con la prueba de Tukey del paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La emergencia en gramíneas nativas del desierto chihuahuense sometidas a un ambiente de temperatura y suelo del trópico seco del estado de Sinaloa varió desde 38.5 a 84.9% en (Cuadro 1). En especies introducidas la emergencia varió de 4 a 87% (Cuadro 2). Según el criterio de Jurado y Westoby (1992), las gramíneas que muestran germinaciones M, esto las podría hacer que tengan una ventaja tienen ventajas con respecto a gramíneas L, esto debido a que aprovechan mejor la cantidad de agua. Sin embargo, ante eventos irregulares de humedad, las especies con germinación L no agotan sus bancos de semillas (Jurado y Westoby, 1992). El porcentaje de emergencia varió en cada una de las especies evaluadas ($P < 0.05$). En algunas de las gramíneas evaluadas presentaron aumento en la emergencia, esto se deba probablemente a la cantidad de agua que recibe durante los días de la prueba, sin embargo, al comparar con la media de humedad y disminuir los niveles de esta la gramínea *Leptochloa dubia* fue la especie que presentó los niveles de pérdida mayores entre 18 y 32 %, con respecto a la humedad media. Por otro lado, la gramínea que presentó los niveles menores de pérdida de la emergencia fue *Digitaria californica* que no fue afectada por la disminución de la humedad entre los diferentes niveles. En gramíneas introducidas la gramínea más afectada por los cambios en los regímenes de humedad fue *Pennisetum ciliare* con pérdidas entre 20 y 46%, seguido de *Eragrostis superba* con pérdidas entre 13 y 24%; la gramínea

introducida que no presentó disminución de la emergencia fue *Cynodon dactylon*. La disminución de la emergencia es considerada como una estrategia de sobrevivencia de las especies; ya que retrasan la germinación hasta tener las condiciones óptimas de humedad (Sfairi *et al.*, 2012). Al no presentar disminuciones altas de la emergencia podrían ser especies que se adapten a condiciones de humedad limitada y se puedan recomendar en nuevos programas de resiembras (Mokany *et al.*, 2006; Prado-Tarango *et al.*, 2019). La disminución de la emergencia se debe a que las plantas necesitan una cantidad mínima de humedad para llevar a cabo los procesos de germinación (Zhu *et al.*, 2014). En otros estudios se ha encontrado que *P. ciliare* requiere de al menos tres eventos de lluvia continua de 8 mm para poder emerger (Bracamontes *et al.*, 2017), lo cual no se tuvo en las secuencias estudiadas en el presente estudio. A pesar de esto, presentó una buena emergencia en los diferentes niveles de humedad. En general, las gramíneas alentaron la fecha de emergencia con respecto a la humedad media ($P < 0.05$). Sin embargo, en las gramíneas donde se presentó diferencia estadística fueron: *L. dubia* y *M. repens* ($P < 0.05$).

Cuadro 1. Características de germinación de especies de gramíneas nativas del desierto Chihuahuense bajo condiciones de trópico seco

Especie	Secuencia	Emergencia	VE	Días a Emergencia
<i>Bouteloua curtipendula</i>	Alta	38.95 ± 0.06 ^b	8.47 ± 1.28 ^b	3.67 ± 0.83 ^a
	Media	35.21 ± 0.06 ^{ab}	7.81 ± 1.28 ^b	4.00 ± 0.83 ^a
	Baja	26.30 ± 0.06 ^{ab}	3.92 ± 1.28 ^a	5.33 ± 0.83 ^a
	Muy baja	22.74 ± 0.05 ^a	4.40 ± 1.28 ^a	4.00 ± 0.83 ^a
<i>Bouteloua dactyloides</i>	Alta	28.20 ± 0.06 ^b	4.49 ± 1.28 ^b	5.33 ± 0.83 ^a
	Media	27.39 ± 0.06 ^{ab}	3.64 ± 1.28 ^{ab}	6.67 ± 0.83 ^a
	Baja	13.89 ± 0.04 ^a	1.33 ± 1.28 ^a	10.00 ± 0.83 ^b
<i>Bouteloua gracilis</i>	Muy baja	36.84 ± 0.06 ^b	4.45 ± 1.28 ^b	5.67 ± 0.83 ^a
	Alta	38.94 ± 0.06 ^a	8.60 ± 1.28 ^a	3.67 ± 0.83 ^a
	Media	35.91 ± 0.06 ^a	8.27 ± 1.28 ^a	4.00 ± 0.83 ^a
	Baja	45.35 ± 0.07 ^a	8.15 ± 1.28 ^a	5.33 ± 0.83 ^a
<i>Digitaria californica</i>	Muy baja	48.84 ± 0.07 ^a	10.80 ± 1.28 ^a	4.00 ± 0.83 ^a
	Alta	24.30 ± 0.05 ^a	5.55 ± 1.28 ^a	4.33 ± 0.83 ^a
	Media	29.36 ± 0.06 ^a	6.53 ± 1.28 ^a	4.00 ± 0.83 ^a
<i>Leptochloa dubia</i>	Baja	45.38 ± 0.07 ^b	7.01 ± 1.28 ^a	5.00 ± 0.83 ^a
	Muy baja	36.76 ± 0.06 ^{ab}	6.95 ± 1.28 ^a	4.67 ± 0.83 ^a
	Alta	84.90 ± 0.04 ^c	21.20 ± 1.28 ^d	3.00 ± 0.83 ^a
	Media	65.01 ± 0.06 ^b	15.36 ± 1.28 ^c	4.00 ± 0.83 ^{ab}
	Baja	44.00 ± 0.07 ^a	5.88 ± 1.28 ^a	6.00 ± 0.83 ^b
	Muy baja	53.08 ± 0.07 ^{ab}	9.97 ± 1.28 ^b	4.00 ± 0.83 ^{ab}

^{abc} Literales diferentes denotan diferencia estadística dentro de columnas ($P < 0.05$).

*VG=Velocidad de Germinación.

Cuadro 2. Características de germinación de especies de gramíneas introducidas al desierto Chihuahuense bajo condiciones del trópico seco.

Especie	Secuencia	Emergencia	VE*	Días a Emergencia
<i>Eragrostis curvula</i>	Alta	89.01 ± 0.04 ^b	19.27 ± 1.28 ^c	3.67 ± 0.83 ^a
	Media	61.29 ± 0.06 ^a	13.61 ± 1.28 ^b	3.67 ± 0.83 ^a
	Baja	67.11 ± 0.06 ^a	9.25 ± 1.28 ^a	5.33 ± 0.83 ^a
	Muy baja	57.17 ± 0.06 ^a	12.24 ± 1.28 ^{ab}	4.00 ± 0.83 ^a
<i>Eragrostis superba</i>	Alta	91.76 ± 0.03 ^b	26.61 ± 1.28 ^c	3.00 ± 0.83 ^a
	Media	85.04 ± 0.04 ^b	18.47 ± 1.28 ^b	3.67 ± 0.83 ^a
	Baja	64.39 ± 0.06 ^a	11.37 ± 1.28 ^a	4.67 ± 0.83 ^a
	Muy baja	73.56 ± 0.06 ^a	15.97 ± 1.28 ^b	3.67 ± 0.83 ^a
	Alta	56.34 ± 0.07 ^b	11.88 ± 1.28 ^b	4.00 ± 0.83 ^a

<i>Cynodon</i>	Media	26.03 ± 0.06 ^a	4.40 ± 1.28 ^a	5.00 ± 0.83 ^a
<i>dactylon</i>	Baja	37.50 ± 0.06 ^a	5.84 ± 1.28 ^a	5.67 ± 0.83 ^a
	Muy baja	31.42 ± 0.06 ^a	5.69 ± 1.28 ^a	5.00 ± 0.83 ^a
<i>Melinis</i>	Alta	32.32 ± 0.06 ^a	5.68 ± 1.28 ^a	4.67 ± 0.83 ^a
<i>repens</i>	Media	26.76 ± 0.06 ^a	4.89 ± 1.28 ^a	4.33 ± 0.83 ^a
	Baja	26.57 ± 0.06 ^a	2.67 ± 1.28 ^a	8.67 ± 0.83 ^b
	Muy baja	21.45 ± 0.05 ^a	3.63 ± 1.28 ^a	4.00 ± 0.83 ^a
<i>Pennisetum</i>	Alta	59.30 ± 0.06 ^{ab}	9.43 ± 1.28 ^b	4.33 ± 0.83 ^a
<i>ciliare</i>	Media	78.24 ± 0.05 ^c	11.97 ± 1.28 ^b	4.33 ± 0.83 ^a
	Baja	41.48 ± 0.06 ^a	5.17 ± 1.28 ^a	6.33 ± 0.83 ^a
	Muy baja	62.28 ± 0.06 ^{bc}	11.12 ± 1.28 ^b	4.00 ± 0.83 ^a

^{abc} Literales diferentes denotan diferencia estadística dentro de columnas (P <0.05).

*VG=Velocidad de Germinación.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados de emergencia, velocidad de germinación y días a la germinación, las especies del desierto *Digitaria californica*, *Leptochloa dubia* presentan mayores posibilidades de establecimiento ante periodos cortos de humedad. Así mismo, gramíneas como *Eragrostis curvula* y *E. superba* podrían adaptarse a las condiciones de suelo, humedad y temperatura del trópico seco. Sigue evaluar estas gramíneas bajo condiciones edáficas y climáticas para ver su grado de adaptación a las condiciones de la zona.

LITERATURA CITADA

- Aires, S. S., Sato, M. N., and Miranda, H. S. 2013. Seed characterization and direct sowing of native grass species as a management tool. *Grass Forage Sci* 69:470-478.
- Bracamontes, J. A., Tinoco-Ojanguren, C., Sánchez-Coronado, M. E., and Molina-Freaner, F. 2017. Germination requirements and the influence of buffelgrass invasion on a population of *Mammillaria grahamii* in the Sonoran Desert. *J Arid Environ* 137:50-59.
- Butikofer, L., Jones, B., Sacchi, R., Mangiacotti, M., and Ji, W. 2018. A new method for modelling biological invasions from early spread data accounting for anthropogenic dispersal. *PLoS ONE* 13: e0205591.
- Cairns, M. A., Brown, S., Helmer, E. H., and Baumgardner, G. A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia*. 111:1-11.
- Esqueda, M. H., A. Melgoza, M. Sosa, R. Carrillo y J. Jiménez. 2005. Emergencia y sobrevivencia de gramíneas con diferentes secuencias de humedad/sequía en tres tipos de suelo. *Téc. Pecu. Méx.*43:101-115.
- Jurado, E. and Westoby, M. 1992. Germination biology of selected central Australian plants. *Aust J Ecol* 17:341-348.
- Kildisheva, O. A., Erickson, T. E., Madsen, M. D., Dixon, K. W., and Merritt, D. J. 2018. Seed germination and dormancy trails of forbs and shrubs important for restoration of North American dryland ecosystems. *Plant Biol* 21:458-469.
- Moreira, F., Silva, J. P., Estanque, B., Palmeirim, J. M., Lecoq, M., Pinto, M., Leitao, D., Alonso, I., Pedroso, R., Santos, E., Catry, T., Silva, P., Henriques, I., and Delgado, A. 2012. Mosaic-level inference of the impact of land cover changes in agricultural landscapes on biodiversity: A case-study with a threatened grassland bird. *PLoS ONE* 7:e38876.
- Panchal, K. R., Pandya, N. R., Albert, S., and Gandhi, D. J. 2011. Germination responses of several Poaceae members towards differential storage durations. *Not Sci Biol* 3:44-50.
- Pool, D. A., Panjabi, A. O., Macias-Duarte, A., and D. Solhjem, M. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. *Biol Conserv* 170:274-281.
- Prado-Tarango, D., Mata-González, R., Melgoza-Castillo, A., Elias, S. G., and Santellano-Estrada, E. 2019. Simulated rainfall sequences affect germination and biomass allocation of Chihuahuan desert native plants. *Arid Land Res Manag* 33:22-36.

Zhu, Y., X. Yang, C. C. Baskin, J. M. Baskin, M. Dong, and Z. Huang. 2014. Effects of amount and frequency of precipitation and sand burial on seed germination, seedling emergence and survival of the dune grass *Leymus secalinus* in semiarid China. *Plant Soil* 374:399-409

EFECTO DE LA PREPARACIÓN DEL SUELO EN EL ESTABLECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE ZACATE BUFFEL (*CENCHRUS CILIARIS L.*)

Ramón Gutiérrez Luna¹, David Castillo Quiroz², Miguel Agustín Velásquez Valle², Francisco Castillo Reyes², Guillermina Martínez Trejo³, Daniel Rodríguez Tenorio⁴

¹Campo Experimental Zacatecas-INIFAP-CIRNOC; ²Campo Experimental Saltillo-INIFAP-CIRNE; ³Campo Experimental Valle de México-INIFAP-CIRCE; ⁴Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Zacatecas

RESÚMEN

Los pastizales del sureste de Coahuila se encuentran con altos niveles de degradación, una manera de mejorar sus niveles productivos es mediante la resiembra, por lo cual es necesario evaluar diferentes prácticas de manejo de suelo para mejorar su capacidad productiva. El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L.*), bajo condiciones de temporal. Los tratamientos a evaluar fueron: 1) Barbecho 2) Barbecho + Subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra, 5) Sin labranza (Testigo), la densidad de siembra con Buffel fue a una densidad de 10 kg ha⁻¹, con cuatro repeticiones. Se realizó un muestreo en 2022. Para determinar la producción de materia seca se utilizó un cuadrante de 1.0 x 1.0 m y para la cobertura basal un marco de puntos de 1.0 m con 20 agujas, además se determinó la capacidad de carga animal. Los resultados indican que la producción de MS fue para T1= 3,801.08 kg ha⁻¹, T2= 1,409.6 kg ha⁻¹, T3= 2,410.4 kg ha⁻¹, T4= 1,494.1 kg ha⁻¹ y T5= 205.0 kg ha⁻¹. Con relación a la capacidad de carga fueron: T1= 0.028, T2= 0.028, T3= 0.30, T4=0.45 y T5= 0.03 UA. La cobertura basal del suelo fue para T1= 20%, T2= 17.72%, T3= 16.25%, T4= 3.75% y T5= 0% de la superficie del terreno.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris*, pastizales, producción de forraje, zonas áridas.

INTRODUCCIÓN

Las tierras de pastizal poseen características limitadas para practicar agricultura, en gran medida por presentar suelos someros, poca fertilidad, y generalmente con baja disponibilidad de humedad. Actualmente, el 95% de los pastizales muestran alto deterioro (INE-SEMARNAT, 2003). Una baja cobertura basal expone los suelos a la erosión, a la pérdida de fertilidad y productividad (Pyke *et al.*, 2002).

Una forma de recuperación de la condición del pastizal en el corto plazo, es la resiembra de pastos, que contribuye a una mejora en la condición e incrementa la estabilidad y resistencia a las perturbaciones de habitat (Krogh *et al.*, 2002).

El movimiento de suelo en la resiembra de praderas favorece el establecimiento y rendimiento de forraje desde el primer año. Por otro lado, el zacate buffel es una especie muy adaptable y eficiente, ya que crece satisfactoriamente con precipitaciones inferiores de 250 mm, Gutiérrez (1991) señala un alto uso eficiente del agua al requerir 0.507 kg de agua por 1.0 g de MS de zacate buffel, lo que concluyen que la planta se adapta a los escasos hídrica, reduciendo el tamaño del dosel foliar y por ende la superficie expuesta a radiación solar.

El objetivo de la investigación fue identificar el aporte de manejo de suelo sobre el rendimiento de MS así como variables de planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se estableció en el ejido Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, situado en las coordenadas 25° 52' 08.9" LN y 101° 18' 18.1" LW (Figura 1).

En el área de estudio según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima es seco semicálido y templado (BwK), con una temperatura media anual de 18.5°C y con una precipitación de 198.7 mm anuales, con régimen pluvial de verano. Cuenta con una elevación de 1100 m.s.n.m. En su mayoría los suelos corresponden a los tipos Xerosol y Litosol, con una topografía entre 1 y 2% de pendiente. El suelo del presente sitio se encontró con baja cobertura vegetal cercana al 4%. La vegetación que predomina son arbustos bajos de 2 a 3 m de altura, caducifolios, denominada por matorral desértico micrófilo representada principalmente por las siguientes especies: Gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Coville), Hojasén (*Flourenzia cernua* D.C), Albarda (*Fouquieria splendens* Engelm.), y Oreganillo (*Lippia graveolens* H.B.K.) entre otras especies.



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el ejido Cosme municipio de Ramos Arizpe, Coah.

En la evaluación del establecimiento de zacate buffel bajo condiciones de temporal, en el semiárido de Coahuila, México, se establecieron cinco tratamientos de labranza: a) Barbecho, b) Subsoleo, c) Subsoleo más barbecho, d) Rastra y e) Testigo (condición original sin resembrar).

Barbecho

El movimiento de suelo a través del barbecho rompe la superficie del suelo y paralelamente voltear aproximadamente 30 cm de su perfil. Es una práctica sencilla debido a que se puede realizar con el arado de discos, aunque también se realiza con arado de vertedera.

Subsoleo

Este implemento rompio la superficie del suelo sin voltear la capa arable del suelo y profundizó hasta 80 cm aflojando el suelo.

Rastra

Dejo mullido el suelo favoreciendo la germinación y emergencia de las plántulas. Además de destruir los terrones grandes.

Testigo

Este tratamiento correspondio a la evaluación de la condición original sin movimiento del suelo y resiembra de zacate buffel.

Siembra

Posterior a la preparación del suelo se realizó la siembra de zacate buffel en cada una de las parcelas (con excepción del testigo ya que este no se sembró a fin de evaluar condición natural y contrastar con parcelas sembradas) a una densidad de 10 kg ha⁻¹ de semilla comercial. Con la finalidad de cubrir la semilla con el suelo de cada uno de los tratamientos, posteriormente se dio el paso de ramas de mezquite (*Prosopis* sp.) tirado con el tractor, para esto se acondicionaron ramas a la rastra del disco para posteriormente pasarlas por cada uno de los tratamientos.

Variables evaluadas.

Los atributos evaluados después del establecimiento fueron: 1) Cobertura basal (%). Esta variable, se determinó empleando la línea de Canfield modificada a método de marco de puntos, mediante un cuadrante de 20 puntos separados a una equidistancia de 10 cm entre cada aguja (Bonham, 1989). Se registró el contacto de la aguja a nivel basal para cada uno de los 20 puntos. Las variables de cobertura consideradas fueron cobertura basal del estrato herbáceo, mantillo orgánico, suelo desnudo, grava y roca. Se realizaron muestreos de esta variable para cada uno de los tratamientos y repeticiones, al final, la cobertura basal se transformó a porcentaje considerando los 20 puntos del marco como 100 % para cada muestreo, y de ahí, cada categoría a su porcentaje correspondiente. 2) Producción de materia seca (MS) expresado en kgha⁻¹. En cada parcela se realizó el corte del crecimiento de la parte aérea del pastizal, en una superficie de 1.0 m². El corte se realizó a ras del suelo utilizando una rozadera, posteriormente cada una de las muestras de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se llevaron al laboratorio para su secado con la ayuda de una estufa a 55°C por 72 h y/o hasta alcanzar peso constante con una precisión de 0.001 g y finalmente se cuantificó la producción de MS por tratamiento y repetición. 3) Capacidad de carga.

Análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron empleando el software estadístico R Core Team (R, 2011), realizando una prueba DMS al nivel de P0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento y cobertura basal (CB), de praderas con zacate Buffel.

Todas las prácticas de manejo de suelo tuvieron efecto positivo en el establecimiento de la pradera en comparación al testigo, se observó que el tratamiento T2 correspondiente al uso de Barbecho + Subsoleo + siembra de zacate Buffel fue el que permitió un mayor establecimiento acorde a la cobertura máxima expresada que fue de 19% en comparación a 1.56% del testigo. Por lo tanto, el Barbecho + Subsoleo + siembra de zacate Buffel es el tratamiento más sobresaliente desde el punto de vista ecológico ya que mostró mayor funcionalidad con relación a la protección y conservación del suelo; así mismo, impide la separación de las partículas del suelo y lo protege del impacto directo de las gotas de lluvia (INIFAP, 2019), además, la CB trae consigo otros beneficios como el impacto directo de la lluvia sobre el suelo desnudo, dado que sus agregados son reducidos en partículas pequeñas, que cierran los poros que provocan el escurrimiento superficial y reducen la capacidad de infiltración del agua de lluvia (Derpsch *et al.*, 1991). Por otro lado, la cobertura vegetal es un indicio que puede apoyar para establecer la condición del pastizal en un sitio; asimismo, puede poner en evidencia el impacto que tiene el ganado sobre la vegetación (Navarro *et al.*, 2002), además es esencial para mantener la hidrología del pastizal, como protección del suelo (Gutiérrez *et al.*, 2007).

En relación a la producción de materia seca (MS), los resultados a un año de establecimiento del experimento fueron los siguientes para T1= 3,801.0 kg ha⁻¹, T2= 1,4409.6 kg ha⁻¹, T3= 2,410.4 kg ha⁻¹, T4= 1,494.1 kg ha⁻¹ y T5= 205.0 kg ha⁻¹. Donde el tratamiento de barbecho estadísticamente fue diferente al nivel de P≤0.05 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Significancia estadística por tratamientos y rendimiento de materia seca en kg ha⁻¹, Ejido Cosme, Ramos Arizpe, Coah. 2022

Tratamiento	Kg MS ha ⁻¹	Significancia estadística
Barbecho	3,801.0	a
Subsoleo	2,410.4	ab
Rastra	1,494.1	bc
Barbecho+Subsoleo	1,409.6	bc
Testigo	205.0	c

Letras desiguales existe diferencia estadística al nivel de P≤0.05

Con respecto a los resultados de la capacidad de carga animal fueron: T1= 1.1, T2= 2.25, T3= 5.1, T4= 3.4 y T5= 20.4 UA. Ha⁻¹ año⁻¹. Sin existir diferencia estadística al nivel de P<0.05 entre los tratamientos que prepararon cama de siembra. Mientras que el testigo, el cual no modifico nada del suelo requirio si fue diferente al resto de tratamientos.

Por lo anterior, se puede considerar que las prácticas de manejo en las camas de siembra, trae consigo cambios en la estructura del suelo: dado que la estructura afecta directamente a la aireación y facilita la infiltración del agua en el suelo, y dichos cambios, favorecen el crecimiento radicular y facilita la absorción de agua y nutrientes y por ende el desarrollo óptimo de las plantas (FAO, 2022); por lo tanto, hay una relación importante entre la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Torres-Guerrero *et al.*, 2013). Con los resultados obtenidos en este estudio con respecto a la producción de MS este tipo de áreas podrían ser más rentables comparadas con las áreas en donde no se utiliza este tipo de prácticas.

CONCLUSIONES

Las prácticas de manejo para preparar camas de siembra para el zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), benefician el establecimiento, desarrollo y la producción de esta especie, así mismo permiten incrementar la producción por unidad de superficie, considerando que todas las prácticas evaluadas fueron superiores al testigo. El uso del barbecho fue la práctica más adecuada y accesible para la rehabilitación de pastizales y donde se obtuvieron los mejores resultados en las variables evaluadas. La preparación de camas de siembra y el empleo del zacate Buffel en zonas áridas y semiáridas permite aumentar la producción de forraje y en consecuencia incrementar la capacidad de carga animal y rentabilidad del pastizal.

LITERATURA CITADA

- Bonham, Ch.D. 1989. Measurements for terrestrial vegetation. Willey Ed. 338 pág.
- Derpsch, R., Roth, C.H., Sidiras, N., Köpke, U. 1991: Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 272 pp.
- Gutiérrez, L. R. 1991. Efecto del abatimiento hídrico sobre el crecimiento y producción de forraje del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. 78 p.
- Gutiérrez, L.R., Medina, G.G., Amador, R.M.D. 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas (cuarto trimestre del 2007). Folleto informativo No.46. Centro de Investigación Regional Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas. 37 p.
- INE-SEMARNAT. 2003. Intensidad del pastoreo en pastizales y matorrales naturales de México. Fuente: Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas, INE, SEMARNAT, México.
- Krogh, S.N., Zeisset, M.S., Jackson, E., Whitford, W.G. 2002. Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health. *Journal of Arid Environments* 50, 513-519. <https://doi.org/10.1006/jare.2001.0900>.
- Navarro, J.M., Galt, D., Holecheck, J., McCormick, J., Molinar, F. 2002. Longterm impacts of livestock grazing on Chihuahuan Desert rangeland. *J. Range Manage* 55:400-405.
- Pyke, D. A., Herrick, J. E., Shaver, P., & Pellant, M. (2002). Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management*, 55(6), 584-597.
- R Tutorial #8 – Reading data from files. (05/03/2011). Consultado el 21/10/2022 en <http://www.youtube.com/watch?v=9kImnwZHQyc&feature=related>
- Torres-Guerrero, C.A., Etchevers, B.J.D., Fuentes-Ponce, M.H., Govaerts, B., De León-González, F., Herrera, J.M. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana* Vol.31 No.1 Chapingo 71-84. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00071.pdf>

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) EN DURANGO, MÉXICO

EVALUATION OF SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF BANDERITA GRASS PLANT (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) IN DURANGO, MÉXICO

Miguel A. Nieves Hernandez¹, Elia Esther Araiza Rosales², J. Fernando Sánchez Arroyo³, Francisco O. Carrete Carreón³, Oscar G. Alaniz Villanueva¹

¹Pasante de Ingeniería en Agronomía/Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. ²CONACYT – UJED. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. México. ³Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. México.

RESUMEN

La ganadería en el norte de México, se realiza en la mayoría de los casos, de manera tradicional, especialmente en el sector social. Esto implica un mal manejo de los recursos naturales y poco uso de la tecnología. En este sentido, la condición ecológica de los pastizales es, en su mayoría, de regular a mala. Ante esta situación y en muchos casos, ante la imposibilidad de recuperación natural, se hace imprescindible la resiembra de pastizales, o bien, el trasplante de planta a campo, que permita su recuperación paulatina y la mejora de su estado. El objetivo de este estudio fue evaluar cuatro sustratos en la producción de plantas de pasto banderita para generar información que permita a los productores desarrollar planta para pastizales utilizando un sustrato de fácil adquisición y a un precio muy bajo. Al respecto, uno de los insumos es el sustrato, aun cuando es de origen comercial, normalmente se encuentra disponible, pero a precios muy elevados. Ante esto, los agricultores interesados en producir plantas para mejorar sus tierras pueden utilizar otros sustratos que son fáciles de adquirir y que les cuestan muy poco dinero. Se evaluaron cuatro tratamientos: T1: Tierra para maceta, T2: Tierra negra, T3: Peat moss y T4: Tierra de monte. La planta se desarrolló en vivero para su posterior trasplante en campo. Se observó mejor comportamiento de los materiales de la región disponibles para los ganaderos como la Tierra para maceta y Tierra de monte.

Palabras clave: variedad NdeM303, establecimiento, madurez de plantas.

ABSTRACT

Cattle ranching in northern Mexico, especially in arid and semi-arid zones, is carried out, in most cases, in a traditional way, especially in the social sector. This implies poor management of natural resources and little use of technology. In this regard, the ecological condition of the grasslands is, for the most part, from fair to poor. Faced with this situation and in many cases, given the impossibility of natural recovery, it is essential to replant pastures, or transplant the plant to the field, which allows its gradual recovery and improvement of its condition. The objective of this study was to evaluate four substrates in the production of sideoat grama grass plants to generate information that allows producers to develop grassland plants using a substrate that is easily available and at a very low price. In this regard, one of the inputs is the substrate, even when it is of commercial origin, it is normally available but at very high prices. Given this, farmers interested in producing plants to improve their land can use other substrates that are easy to acquire and that

cost them very little money. Four treatments were evaluated: T1: Tierra la pot, T2: Tierra negra, T3: Peat moss and T4: Tierra de monte. The plant was developed in the nursery for subsequent transplantation in the field. Better behavior was observed for materials from the region available to ranchers, such as potting soil and forest soil.

Keywords: variety NdeM303, establishment, plants maturity.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales de las zonas áridas y semiáridas tienen gran importancia por constituir la principal fuente de alimento para el ganado en pastoreo. *Yado (2003) menciona que las gramíneas constituyen un medio para el mejoramiento, formación y conservación de los suelos. El pasto banderita (Bouteloua Curtipendula (Michx) Torr.) constituye una alternativa interesante para su utilización en actividades tendientes a mejorar la condición de los agostaderos. Con respecto a la semilla, el pasto banderita (Bouteloua curtipendula Michx Torr), variedad NdeM 303, ha sido ampliamente evaluada y constituye una opción segura para su utilización en trabajos de esta naturaleza, ya que la variedad es nativa del norte de México y ha presentado resultados sobresalientes en evaluaciones realizadas (Sánchez, 2014).*

Con relación a los sustratos, Burés (1977) menciona que el desarrollo de los sustratos tiene su origen en el cultivo de plantas en contenedor. Respecto a la demanda de sustratos, Pastor (1999) dice que parece que la demanda ha obligado a desarrollar materiales para producir planta. Cabrera (1999) menciona que el uso de contenedores, requiere comprender cómo es afectado por las propiedades físicas y químicas de los sustratos utilizados. Cholota (2013) determinó que el uso del sustrato conformado por arena + pomina + tierra negra + turba en proporción 1:1:2:1, permitió los mejores resultados en cuanto a desarrollo radicular de plántulas de sábila. Asimismo, Flores *et al.*, (2012) encontró aclimatación de plantas en sustrato compuesto de suelo, carbón vegetal y cascarilla de arroz. Al respecto, el cultivo de plantas en sustrato presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de plantas a piso directo (Abad, 1993). En este sentido, uno de los aspectos más importantes en la producción de plántulas en contenedor es la calidad del sustrato, dada su función proporcionar un medio adecuado de crecimiento a las plántulas (Styer y Koransky, 1997). Lo anterior facilita el proveer agua, suministrar nutrientes, permitir el intercambio gaseoso y sirve de soporte físico (Nelson, 1991) aunque las condiciones físicas no son constantes, y poco pueden ser modificadas cuando el cultivo ya ha sido establecido (Fonteno *et al.*, 1996; Reish, 2001). Por todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar cuatro sustratos en la producción de planta de pasto banderita para generar información que permita a los productores desarrollar planta para pastizales utilizando un sustrato de fácil adquisición y a precio muy bajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, ubicada sobre la carretera Durango-El Mezquital, en el km 11.5. Se localiza en 24°28'N, 104° 40'W, y a 1890 msnm. El clima clasificado como Bdkw considerando como semiárido seco con una temperatura y precipitación media anual de 17.5°C y 450 mm, respectivamente.

Para cumplir con los objetivos del presente estudio, la evaluación de las plántulas incluyó el crecimiento inicial. El crecimiento inicial corresponde al desarrollo de la planta posterior a la

germinación, hasta tener las condiciones para su establecimiento en campo. El trabajo constó de dos experimentos:

Experimento 1. Se utilizó semilla de pasto banderita variedad NdeM303, producto de una evaluación de genotipos nacionales obtenidos en una colecta por varios estados de la República Mexicana. La semilla es producto de la cosecha de un jardín establecido en la FMVZ-UJED, la cosecha se realizó en el año 2000. Con objeto de desarrollar planta, la semilla se sembró al boleto en cuatro charolas por tratamiento, se regó y se tapó con hule oscuro. El riego se realizó con manguera y aspersor para mantener el sustrato húmedo sin llegar a la inundación. Los sustratos fueron: 1) Tierra para maceta, 2) Tierra negra y 3) Tierra de monte.

A los 43 DDS se midió la altura de las plantas con objeto de observar su desarrollo como efecto del sustrato.

Experimento 2. Se evaluaron cuatro sustratos: T1: Tierra de maceta, T2: Tierra negra, T3: Peat moss (empaquete abierto con anterioridad) y T4: Tierra de agostadero.

A los 28 días después de la siembra (DDS) se trasplantaron plantas a bolsas de 1 kg, mismas que fueron llenadas con tierra de monte como sustrato. Esto se hizo con plántula de los cuatro tratamientos, de tal manera que, hasta esta fecha, la plántula estuvo en diferente sustrato. Se estableció una planta por bolsa. A los 150 DDS se evaluó la altura de las plantas adultas. Previo al establecimiento de los experimentos se hizo una prueba de germinación. Se utilizaron cuatro charolas (Repeticiones) con 100 cariósides en cada charola. Se utilizó tierra para maceta como sustrato.

Los datos obtenidos en el primer experimento se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con 16 repeticiones; en el caso del segundo experimento, los datos se analizaron de acuerdo a un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones, en ambos casos se utilizó el paquete estadístico SAS (2011). La comparación de medias se hizo mediante la prueba Tukey, declarando diferencias significativas con una $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Experimento 1. En la prueba de germinación se observó un 73.5 % de cariósides germinados. Esto permitió verificar que la semilla utilizada en el experimento estuvo en buenas condiciones. Sin embargo, durante el periodo que la planta se mantuvo en las charolas, se observó mayor cantidad de planta en el tratamiento de tierra de monte, aunque las plantas germinadas en tierra para maceta, presentaron mayor altura. La germinación fue menor en tierra negra y peat moss. Definitivamente fue el peat moss el tratamiento que presentó la menor cantidad de planta y la más débil. El tipo de sustrato favorece la germinación si contiene elementos que proporcionen porosidad y buena estructura que permitan la emergencia de las plántulas.

La altura de las plantas a los 43 DDS se presenta en el Cuadro 1. Se observan diferencias altamente significativas ($P > 0.001$). En este caso fueron los tratamientos de tierra para maceta y tierra de monte los que son estadísticamente iguales y diferentes a la tierra negra ($P < 0.001$)

Cuadro 1. Altura (cm) de las plantas a los 43 DDS.

Variable	SUSTRATO			EEM	P
	1	2	3		
Altura	7.7±0.48 a	3.6±0.39 b	9.1±0.58 a	0.74	0.0001

*Medias con diferentes literales en la misma fila son estadísticamente (Tukey, P<0.05); EEM= error estándar de la media.

Experimento 2. El empleo de sustratos tuvo influencia estadísticamente significativa ((P<0.05) en el crecimiento de las plántulas a los 86 días después del trasplante al campo. El mejor desarrollo se observa en el tratamiento 1 con 80.2 cm en 11 plantas establecidas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura (cm) de las plantas por tratamiento a los 86 días después del trasplante a campo.

Variable	SUSTRATO				EEM	P
	1	2	3	4		
ATBP	80.2±1.75 a	73.2±1.99 ab	73.4±4.94 ab	65.2 ±3.79b	2.69	0.0277

*Medias con diferentes literales en la misma fila son estadísticamente (Tukey, P<0.05); ATBP= Altura de la planta al momento del trasplante de la bolsa al piso; EEM= error estándar de la media.

CONCLUSIONES

1. La tierra para macetas y tierra de monte son los tratamientos que tuvieron mejor comportamiento.
2. Existe un ligero inconveniente para el uso de estos dos sustratos, y es que no son materiales puros, por lo que se presentan malezas que se deben controlar.
3. El uso de peat moss en pruebas de germinación y desarrollo de planta, debe ser material nuevo.

LITERATURA CITADA

- Abad, M. 1993. Sustratos. Características y propiedades. In: Cultivos sin suelo. F. Ánovas y J.R. Díaz. [ed.]. Instituto de Estudios Almerienses. FIAPA p. 47-62.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Cabrera, R. 1999. Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. Revista Chapingo. Serie Horticultura 5(1):5-11.
- Cholota, O. 2013. Evaluación de sustratos para el enraizamiento de plántulas de sábila (*Aloe vera*). Trabajo de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar el título de ingeniero agrónomo. Universidad técnica de Ambato. Ambato, Ec.
- Flores, Chacón, Jiménez y Ortiz. 2012. Enraizamiento de mora (*Rubus adenotrichus*) en medio líquido en el sistema de inmersión temporal y su aclimatación en invernadero. Tecnología en marcha. 25: 3-9
- Fonteno, W. C., Nelson, P. V. and Bailey, D. A. 1996. Plug substrates. En Search of the Perfect Mix. The Systems Approach to Growing Plugs: Water Substrate, and Nutrition. North Carolina State University. Raleigh, NC, EEUU. p. 56-67.
- Nelson, P. V. 1991. Root Media. In Greenhouse Operation and Management. 4th [ed.] PrenticeHall. Englewood Cliffs, N.J., EE.UU. p. 95-114
- Pastor, S. J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros Terra Latinoamericana, 17(3): 231-235 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.
- Reish, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos. 5ª [ed.] Mundi-Prensa, Madrid, España. 88 p.
- SAS Institute. 2011. SAS/STAT Software. Cary, NC: United States.
- Sánchez, A. J. F. 2014. Selección de genotipos nativos de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.). por atributos de valor forrajero. Tesis de Doctorado. UJED. Durango. p. 80.
- Styer, R. C. and Koranski D. 1997. Plug and Transplant Production. A Grower's Guide. Ball. Batavia, IL, EEUU. 373 p.
- Yado, A. 2011. Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 45(2):107-115.

EFFECTO DEL RODILLO REHABILITADOR DE PASTIZALES MODIFICADO SOBRE LA DIVERSIDAD EN UN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO A 20 AÑOS DE SU APLICACIÓN

EFFECT OF THE MODIFIED GRASSLAND REHABILITATION ROLLER ON DIVERSITY IN A MICROPHYLIC DESERT SHRUB 20 YEARS AFTER ITS APPLICATION

¹Eduardo de Jesús Ruiz - Fernández*, ²Fabiola Lydie Rochín – Berumen, ³Heriberto Rodríguez Frausto y ⁴Daniel Rodríguez – Tenorio.

^{1,2,3,4}Universidad Autónoma de Zacatecas. El Cordovel, Enrique Estrada, Zacatecas, México. CP. 98500. eduardoruizf@outlook.es

RESUMEN

El presente trabajo se presenta a partir de una investigación llevada a cabo con el objetivo evaluar el impacto ecológico de una práctica con aplicación de rodillo rehabilitador de pastizales modificado sobre un matorral desértico micrófilo en el Municipio de Villa de Cos, Zacatecas, México para obtener información relevante acerca del estado actual que guardan dichas comunidades así como del impacto generado por el manejo mencionado a veinte años de su aplicación, para lo cual se evaluó la Diversidad de Especies y Valor de Importancia de las Especies, observándose que en la comunidad restaurada se estimuló un mayor efecto que el testigo ($P < .05$), de igual manera en ambos tipos de suelo y, de manera específica, *Parthenium incanum* presenta los valores más altos (58.47), seguida de *Acacia constricta* (53.30) y *L. berlandieri* (50.32) ($P < .05$) como las de mayor peso ecológico. Y, en suelo profundo, se tiene que *P. incanum* (77.62), es la que presenta mayor peso ecológico en el ecosistema, seguida por *J. dioica* (59.26), como las especies más sobresalientes. Finalmente, los resultados obtenidos reflejan que las prácticas de restauración juzgadas no generaron un impacto negativo sobre la comunidades tratadas, ya que las especies presentes en las áreas tratadas presentan valores similares a sus parcelas testigo.

ABSTRACT

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the ecological impact of a practice with application of modified grassland rehabilitation roller on a microphyll desert scrubland in the Municipality of Villa de Cos, Zacatecas, Mexico to obtain relevant information about the current state that they keep these communities as well as the impact generated by the mentioned management ten years after their application for which the Diversity of Species was evaluated, observing that in the restored community, a higher index was stimulated than the control ($P < .05$), in the same way in both types of soil. And, specifically, *Parthenium incanum* has the highest values (58.47), followed by *Acacia constricta* (53.30) and *Lycium berlandieri* (50.32) ($P < .05$) as the ones with the highest ecological weight. And, in deep soil, you have what *P. incanum* (77.62), is the one that presents the greatest ecological weight in the ecosystem, followed by *J. dioica* (59.26), as the most outstanding species. Finally, the results obtained reflect that the restoration practices judged did not generate a negative impact on the treated communities, since the species present in the treated areas have similar values to their control plots.

INTRODUCCIÓN

La expansión de la población humana ha perturbado los ambientes nativos, poniendo en riesgo la diversidad biológica debido a las crecientes áreas disturbadas, trayendo consigo presión sobre los recursos naturales (Gutiérrez, 2008). Así, la conservación de la diversidad biológica es una de las metas de manejo de ecosistemas ecológicamente sostenibles, para ello los índices e indicadores ecológicos para cada caso específico nos permiten conocer el estado actual de los ecosistemas (Roundy *et. al.*, 1998). En México y EUA, los pastizales ubicados en el Desierto Chihuahuense han experimentado un gran deterioro desde mediados del Siglo XIX, debido principalmente a las deficientes prácticas ganaderas, al cambio climático, el fuego, la fragmentación de hábitat y cambio de uso de suelo (Berlanga, 2009; Aguirre *et. al.* 2012). En relación con las últimas décadas, se tiene que en los ochentas, el ser humano intensifica los efectos negativos sobre los ecosistemas naturales del planeta, lo cual incrementa la necesidad de llevar a cabo acciones de restauración de manera urgente (Briske, 2000), para la recuperación de sitios degradados (Hobbs and Norton, 1996). Aunado a ello, las arbustivas eran consideradas como plantas competidoras para los programas de reforestación y resiembras, cuando en realidad éstas constituyen especies facilitadoras para el establecimiento de resiembras en ambientes adversos (Castro, *et. al.* 2004). Se tiene como objetivo la evaluación del impacto del rodillo rehabilitador modificado sobre un ecosistema de matorral desértico micrófilo al Sur del Desierto Chihuahuense a 20 años de su aplicación. Además la estimación de la Diversidad de Especies vegetales de un área de matorral desértico micrófilo restaurado con “rodillo rehabilitador de pastizales modificado” a 20 años de su aplicación, y la determinación del Valor de importancia de las especies representativas de la comunidad de interés a 20 años de haber sido restaurada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.

MATERIALES Y MÉTODOS

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

Metodología.

1.- Aplicación del rodillo rehabilitador modificado: Se utilizó un rodillo rehabilitador, el cual fue modificado por el autor de la presente investigación a partir del diseño comercial original, ya que éste requiere de una tracción de un tractor de más de 100 HP, y presenta un peso de 3 ton. y se encuentra diseñado para suelos profundos y matorrales con diámetros de tallo de hasta 4”, el cual presenta navajas de 8” de amplitud (Berlanga 2010), las cuales a su paso por el suelo generan un impacto sobre la rizósfera, originando denitrificación, así como la exposición del suelo a erosión hídrica, afectando fuertemente a las arbustivas y arbóreas las cuales representan un recurso importante para la fauna silvestre, regulación de la temperatura ambiental y como fuente forrajera

para la ganadería. Para la metodología de la investigación se aplicó el parámetro del Grupo Estructural de los 4 arboles (Füldner y Gadow, 1994). Partiendo del árbol-muestra determinando así la distancia de los tres arboles más cercanos estimándose así las variables de interés (Alanís, 2004; Pérez, 2004). La determinación del tamaño de muestra se elaboró una curva especie-área para el sitio de estudio siguiendo el criterio de Mueller y Ellenberg (1974) citado por Rodríguez (1994).

Muestreo en comunidad tratada con rodillo rehabilitador de pastizales modificado.

- Número de transectos por tratamiento: 4.
- Características de transectos:
- Número de subparcelas: 14 por transecto observado.
- Dimensión de parcelas de muestreo : 7.07 x 7.07 m (50m²).
- Gradiente ambiental: Profundidad de suelo.
- Profundidades de suelo: a) 0-20 cm y b) >20 cm.
- Total de parcelas de estudio para el censo poblacional : 56.
- Total de sitios de observación para el análisis del grupo estructural: 96.
- Distancia entre transectos: 50 m.
- Diseño estadístico: Se aplicó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de Especies:

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

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

Diversidad de especies (DE):

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

por *J. dioica* (-0.362). A su vez, en el testigo se observó a *P. incanum* con el valor más alto (-0.295), seguida de *F. cernua* (-0.263).

Valor de importancia de las especies (IVI):

Se observó que *P. incanum* sobresalió con 58.47, seguida de *A. constricta* con 53.30 y *L. berlandieri* (50.32) como las de mayor peso ecológico en suelo somero restaurado. Para el caso del testigo, *P. incanum* (72.21), fue seguida por *F. cernua* (72.02). En relación con las especies en suelo profundo (figura 2), *P. incanum* (77.62), sobresalió seguida por *J. dioica* (59.26). Para el ecosistema de referencia, *P. incanum* (105.72) y *F. cernua* (64.63) presentaron el mayor peso ecológico. A su vez, los resultados obtenidos contrastan con Jiménez *et al.* (2009), quienes analizaron el efecto del uso del suelo en el matorral espinoso tamaulipeco para determinar diversidad y concluyeron que el análisis estructural comparativo mostró evidencias significativas que indican que el cambio de uso del suelo. Por su parte, Flores, (2013) evaluó el efecto del rodillo aerador tipo tándem en cinco sitios en un matorral de Peñón Blanco, Durango (agostaderos) en julio de 2013, determinando que el uso del rodillo rehabilitador mejoró la diversidad y la cobertura vegetal, en relación con la cobertura vegetal, a su vez, Andrade *et al.*, encontró una mayor cobertura vegetal (47%) y por ende mayor producción de forraje 3.15 t ha⁻¹ que el testigo (1.65 t ha⁻¹).

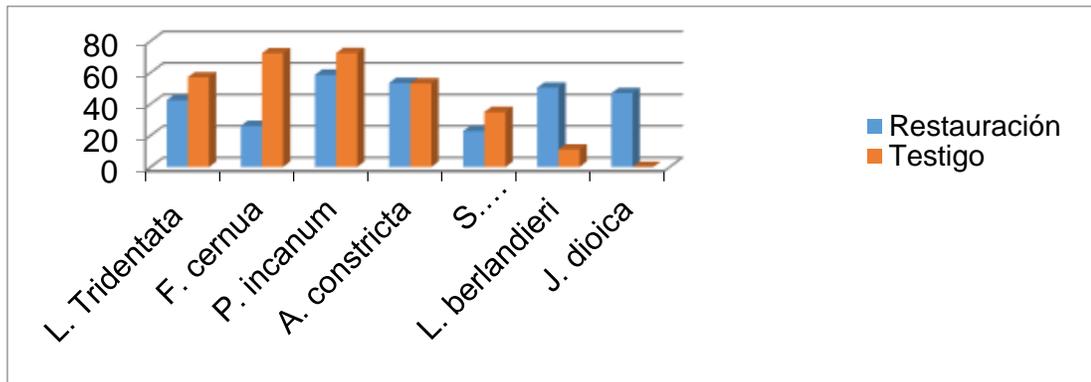


Figura 1: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo somero y su testigo.

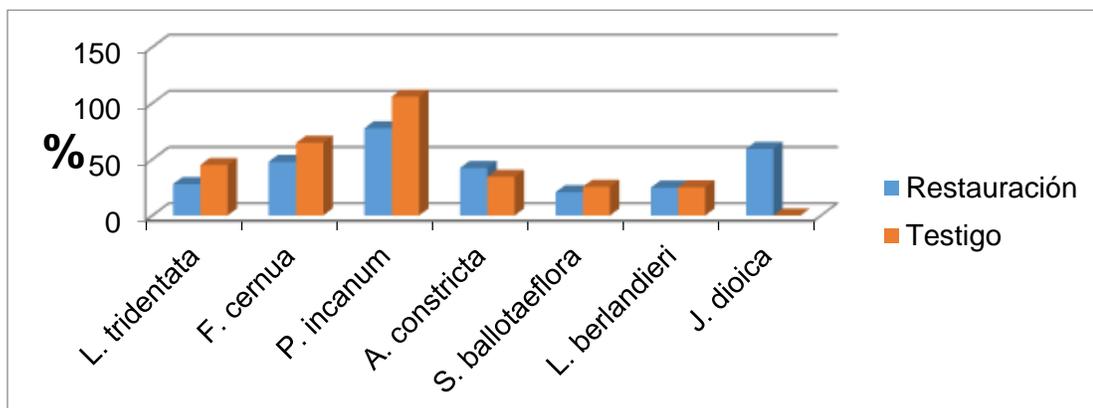


Figura 2: Valor de importancia de las especies representativas del ecosistema en estudio en suelo profundo y su testigo.

CONCLUSIONES

- 1.- Se caracterizó diversidad de las especies a 20 años de su restauración.
- 2.- Para la comparación entre comunidades, el rodillo rehabilitador mostró valores superiores al área testigo como una respuesta al efecto del disturbio superficial del suelo.
- 3.- En base a los resultados obtenidos, queda de manifiesto que no existen riesgos potenciales a través de la aplicación de dicho manejo sobre la diversidad del ecosistema en estudio para trabajos futuros en comunidades con características afines.
- 4.- La implementación del rodillo rehabilitador de pastizales modificado representa una alternativa viable para el incremento de la cobertura vegetal ya que disminuye el grado de competencia interespecífica en el ecosistema sin poner en peligro el equilibrio de las especies, evitando así los efectos degradantes causados en ocasiones por el rodillo rehabilitador comercial.

LITERATURA CITADA

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

MORFOLOGÍA, EMERGENCIA Y DESARROLLO EN PASTO BANDERITA

MORPHOLOGY, EMERGENCY AND DEVELOPMENT IN SIDEOTRGRAMA

Edith Ramírez-Segura¹, Adrián R Quero-Carrillo¹, Leonor Miranda-Jiménez¹, Martha Hernández-Rodríguez¹, Amalio Santacruz-Valera¹.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230.

RESUMEN

Reconocer la calidad de semilla y sus atributos es importante para el manejo de establecimiento de plántulas en condiciones desafiantes de temporal en zonas áridas. Se evaluaron dos tamaños de cariósido (Cs). Se determinó largo, ancho y grosor de Cs, peso de mil semillas, viabilidad, germinación. Se establecieron 25 Cs por tamaño y variedad a un centímetro de profundidad. Se registró emergencia (%) y se midió elongación de mesocotilo y coleoptilo, MS de hoja, MS de raíz mediante muestreos destructivos, cada 5 días hasta el 25 post-emergencia y razón hoja: raíz. El diseño fue completamente al azar con arreglo factorial, seis variedades y dos tamaños de Cs (CsCh y CsG). La viabilidad y germinación se transformaron al arcoseno y la comparación de medias se realizó por DMS honesta. La Cs es alargada como “dedo”, lo que dificulta la limpieza mecánica a Cs, consistentemente menor a 3 mm. La mayor elongación de mesocotilo se observó en NdeM-125 y NdeM-417 ($P < 0.05$) y la menor en NdeM-5 para coleoptilo. Los CsCh mostraron mayor elongación de mesocotilo. Tamaño y densidad de Cs, es un atributo varietal y queda determinado al momento de maduración del grano. Al considerar ambos tamaños de Cs se observó correlación positiva entre PEM y elongación de mesocotilo y coleoptilo (12.9 y 16.5). NdeM-62 y NdeM-303 presentaron mejor porcentaje de viabilidad, germinación, emergencia y desarrollo de estructuras para establecimiento: elongación de mesocotilo y coleoptilo. Germinación y viabilidad están altamente correlacionadas con el porcentaje de emergencia. Considering both Cs sizes a positive relation between emergency and mosocotile/coleoptile elongation rate. NdeM-62 and NdeM-303 showed the better viability, germination, plant emergency.

Palabras clave. Forma de cariósido, variabilidad fisiológica de semilla, *Bouteloua curtipendula*.

ABSTRACT

Quality and seed attributes are important for prairies establishment facing challenging rain-fed condition in arid lands. Two caryopsis (Cs) sizes were studied. Studied variables included Cs' dimensions, 1000 Cs weight, viability, germination. 25 Cs were established to 1cm depth. Plant emergence, mesocotile and coleoptile elongation, foliar and root dry matter. Data was analyzed through a completely randomized design with factorial arrangement (6 varieties X 2 Cs sizes; small, CCh; and big, CsG). Viability and germination data were transformed to arcsen and means separation through honest-DMS. Caryopsis form is elongated and smaller to 3mm in length, complicating mechanical cleaning to grain. Highest mesocotile elongation was registered for NdeM-125 and NdeM-417 ($P < 0.05$) and the lowest for coleoptile for NdeM-5. CsCh showed the highest mesocotile elongation. Both Cs size and density is a varietal attribute and is defined during grain ripening. Considering both Cs sizes a positive correlation between plant emergence, viability, germination and structures for establishment: mesocotyle and coleoptyle elongation. Germination and viability are well related to plant emergence.

Key words. Caryopsis dimensions, physiologic variability in sedes, *Bouteloua curtipendula*.

INTRODUCCIÓN

En zonas de escasa precipitación la rápida pérdida de humedad y competencia con maleza hacen fundamentales los primeros días de desarrollo de plántula hacia su consolidación. Conocer procesos de crecimiento en plántulas resulta vital para definir el potencial y limitaciones de gramíneas forrajeras en dichas condiciones. Algunos trabajos han evaluado la importancia del tamaño de semilla, mostrando que seleccionar semilla por tamaño en Banderita es importante y esta especie puede llegar a madurez fisiológica para hibernar (Ramírez *et al.*, 2020). La sequía es el factor más importante para establecimiento de plántulas y una vez establecidos, los pastos no tienen problemas de persistencia. Ante los problemas que presentan diversas especies nativas del desierto Chihuahuense para alcanzar el establecimiento exitoso en condiciones naturales, la alternativa de rehabilitación de los pastizales ha sido la introducción de especies de pastos exóticos, principalmente africanos (Corbin y D'Antonio, 2004; Ferrero-Serrano *et al.*, 2011). En pastos africanos se ha observado que cariósides de mayor tamaño producen mayor biomasa de láminas foliares y radical en los primeros días post-siembra, atributo que permite mayor número de plantas establecidas en un área determinada (Quero-Carrillo *et al.* 2016). Ante la importancia de seleccionar la especie y/o variedad más adecuada a utilizar en la rehabilitación y establecimiento de los pastizales semiáridos es importante diseñar esquemas que permitan evaluar el comportamiento y establecimiento de las especies a reseñar. El objetivo del presente trabajo fue determinar diferencias entre seis variedades de *Bouteloua curtipendula* y determinar si el tamaño de cariósido (Cs) influye en el desarrollo de plántula durante los primeros días de establecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Bajo condiciones de invernadero, se evaluaron seis variedades de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. (Banderita). La semilla se cosechó como ramas primarias y espiguillas, en octubre de 2018, se mantuvo almacenada en laboratorio (obscuridad, 12°C/40% HR), hasta su utilización. La cariósido (Cs) se obtuvo al momento de establecer las siembras en caja Petri y suelo. Se retiraron brácteas accesorias a la Cs: ramas primarias, glumas, lema, palea. Para clasificar Cs por tamaño (grande y chica), se utilizó tamiz de 0.5 y 0.7mm para Cs chicos (CsCh) y grandes (CsG). Los tratamientos incluyeron seis variedades y dos tamaños de Cs: 12 tratamientos y tres repeticiones bajo diseño completamente al azar. Clasificación de Cs por tamaño. Tres repeticiones de 100 Cs por tamaño y variedad, se midió largo, ancho y grosor (mm; vernier digital Knova 6", Modelo: KN 8336). Peso de mil semillas (PMS). Por conteo de semilla pura de ocho repeticiones de cien unidades para espiguillas y Cs por variedad, se obtuvo peso (gr), se calculó varianza, desviación estándar y coeficiente de variación (CV; ISTA, 2009). Con CV menor a 6.0% se consideraron datos correctos (ISTA, 2009). El PMS se obtuvo multiplicando por 10 a la media aritmética de repeticiones y se expresó en gramos. Viabilidad. Se determinó por reacción a sal de tretazolio, rojo intenso a rosa fuerte: viables; rosa pálido a blanco: no viables. Se evaluaron tres repeticiones de 50 Cs cada una. Las Cs se embebieron en agua destilada por 4 h. Se disectaron Cs, exponiendo estructuras del eje embrionario a tetrazolio (0.01% v:v; ISTA, 2012). La viabilidad se evaluó 12 h después. Germinación. Cs y recipientes plásticos se desinfectaron, se enjuagaron con agua destilada y secaron a la sombra con flujo ligero de aire, durante 24 h, dispuestas sobre papel tipo "sanita" en condiciones de laboratorio. Se evaluaron tres repeticiones de 50 Cs por variedad y

tamaño, en caja Petri, sobre toallas tipo “sanitas”, humedecidas con 20 mL de agua destilada y se incubaron a $25^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por 10 días. Se evaluaron diario por 10 días post-siembra. Se consideró germinación al porcentaje de plántulas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Los resultados se expresaron como porcentaje de plántulas normales y velocidad de germinación. Vigor y velocidad de emergencia. Se utilizó mezcla de suelo cernida en criba (0.5 mm) y esterilizada en autoclave. La siembra se realizó con 25 Cs por tamaño y variedad a un centímetro de profundidad en tubetes de 70 cm^3 con drenaje, tres tubetes formaron una UE, con tres UE por repetición y tres repeticiones por tratamiento. Se registró emergencia (%) y se midió elongación de mesocotilo y coleoptilo, MS de hoja, MS de raíz mediante muestreos destructivos, cada 5 días hasta el 25 post-emergencia con vernier digital y razón hoja: raíz. El diseño completamente al azar con arreglo factorial, seis variedades: NdeM-5, NdeM-62, NdeM-125, NdeM-La Resolana, NdeM-303 y NdeM-417 y dos tamaños de Cs (CsCh y CsG). La viabilidad y germinación se transformaron al arcoseno y la comparación de medias se realizó por DMS honesta ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Cs fue consistentemente menor a 3 mm de largo en todas las variedades, importante de considerar al momento del beneficio de semilla. Entre las variedades evaluadas NdeM-62 presentó Cs “ovalado” con grosor y largo superior al resto de variedades. La longitud de Cs mostró menor CV para CsCh, con 8.2 y 6.7 para CsG y el mayor CV se observó para grosor con 16.5 (CsCh) y 13.5 (CsG). Los mayores CV se observaron en NdeM-5 y NdeM-62 (Fig. 1). Largo comprendió cerca del 70% del tamaño, 18% ancho y 11% grueso. La Cs es alargada como “dedo”, lo que dificulta la limpieza mecánica a grano. La variedad NdeM-125, tanto en CsCh como CsG, mostró proporciones menos alargadas respecto a las otras variedades.

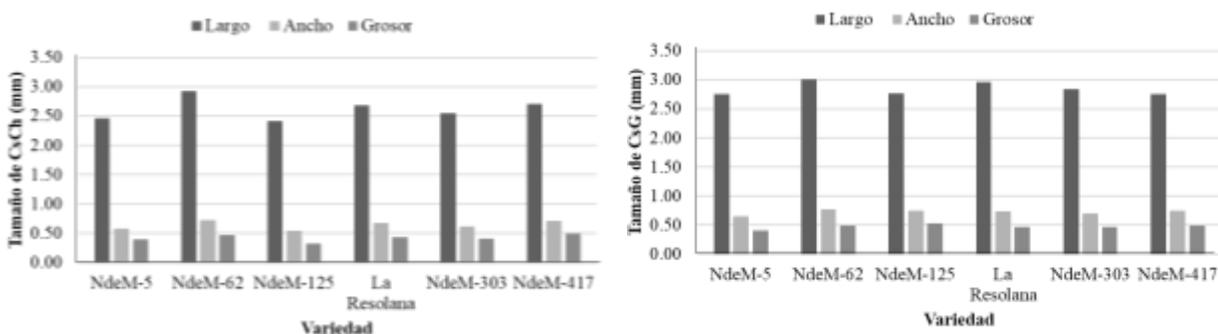


Figura 1. Proporción morfológica de seis variedades de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., con tamaño de cariósipide chico (izquierda) y cariósipide grande (derecha).

El P1000S mostró diferencias ($p < 0.0001$). Las variedades NdeM-125 y NdeM-62 presentaron el mayor peso, la variedad NdeM-125 presentó el mismo peso para CsCh y CsG, la variedad con el menor peso fue la NdeM-303 (Cuadro 1). La viabilidad diferencias ($p < 0.0001$) entre variedades; mientras que para tamaño de Cs ($p > 0.006$); sin embargo, la interacción no fue diferente. NdeM-62 presentó la mayor viabilidad (89.7%) y NdeM-La Resolana la menor (75%). Las CsCh mostraron mayor viabilidad en relación con CsG (Cuadro 1), todas las variedades presentaron mayor viabilidad en CsCh, excepto en la variedad NdeM-62 donde los CsG fueron superiores en viabilidad. Para germinación (%), se observaron diferencias ($p < 0.0001$) en variedades y el tamaño de Cs no mostró diferencias; sin embargo, la interacción fue diferente ($p < 0.04$), indicando que la

germinación depende de variedad y tamaño. La variedad con mayor germinación fue NdeM-62 (84%) y NdeM- La Resolana registró la menor germinación (50%). No se observaron diferencias entre CsG y CCh ($P < 0.05$). La mayor germinación se observó en NdeM-62 (CsCh y CsG; 87.3 % y 80.7%) y NdeM-417 CsCh (75.3%; Cuadro 1). La Cs de gramíneas nativas es muy pequeño, mucho menor que en cereales. Se observó correlación (63.3) entre viabilidad y germinación, a mayor viabilidad aumenta la germinación. Para CsCh se observó alta correlación para P1000S-viabilidad, P1000S-germinación y viabilidad-germinación (12.9, 56.8 y 80.1) y, similarmente, alta para P1000S-germinación y P1000S-PEM (62 y 789) y correlaciones pobres para viabilidad-germinación y viabilidad-emergencia (20.7 y 28.7). Para ambos tamaños de Cs se observó alta relación de P1000S-germinación y Viabilidad-germinación con 55.6 y 48.0. Estos resultados concuerdan con Hernández-Guzmán *et al.* (2015) y Quero *et al.* (2017) que indican para Banderita y Navajita que CsG muestran mayor germinación y emergencia, contrario a Rhodes con CsCh con mayor germinación. Sembrar CsG en Banderita resultó en mayor biomasa, área foliar y área foliar específica ($p < 0.05$). En Buffel se observó mayor biomasa total a 20, 40, 60 y 100 dds ($p < 0.05$), así como IAF (Hernández *et al.*, 2021). Esqueda *et al.* (2005) demostraron que la germinación inicial y la supervivencia de plántulas de pastos nativos e introducidos, quedan directamente relacionadas a periodos de humedad y sequía después de la siembra. Se observó significancia ($p > 0.0001$) para interacción variedad, tamaño de Cs y días post-emergencia; esto es, la elongación de mesocotilo y coleoptilo dependen de dichos factores. La mayor elongación de mesocotilo se observó en NdeM-125 y NdeM-417 ($P < 0.05$), con 50% más elongación en comparación con NdeM-5 con la menor elongación. NdeM-125, NdeM- La Resolana, NdeM-303 y NdeM-417 fueron similares ($P > 0.05$; Cuadro 2). NdeM-5 también mostró la menor elongación de coleoptilo. Los CsCh mostraron mayor elongación de mesocotilo. Las plántulas mostraron mayor desarrollo al día 15 y 20. El peso de CsG fue mayor a CsCh. Tamaño y densidad de Cs, es un atributo varietal y queda determinado por el ambiente al momento de la maduración del grano (Pujol-Parol, 2010). Al considerar ambos tamaños de Cs se observó correlación positiva entre PEM y elongación de mesocotilo y coleoptilo (12.9 y 16.5). En CsCh se observó correlación PEM-coleoptilo (68). Para CsG se observó alta correlación para PEM-mesocotilo y PEM-coleoptilo (52.7 y 58.7; Cuadro 2).

Cuadro 1. Peso de mil semillas (P1000S), viabilidad (%) y germinación (%), en carióspsides de seis variedades de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., con diferente tamaño.

Variedad	Peso de 1000 Cs			Viabilidad (%)			Germinación		
	Carióspside		μ	Carióspside		μ	Carióspside		μ
	Chico	Grande		Chico	Grande		Grande	Chico	
NdeM-5	0.06 ^g	0.7 ^{cd}	0.06 ^d	80.00 ^{abc}	75.3 ^c	77.7 ^{bc}	56.0 ^{de}	68.0 ^{bcd}	62.0 ^b
NdeM-62	0.07 ^b	0.08 ^a	0.08 ^b	91.3 ^a	88.0 ^{ab}	89.7 ^a	87.3 ^a	80.7 ^{ab}	84.0 ^a
NdeM-125	0.08 ^a	0.08 ^a	0.08 ^a	74.0 ^c	77.3 ^{bc}	75.7 ^c	62.7 ^{cde}	70.0 ^{abcd}	66.3 ^b
NdeM- La Resolana	0.06 ^{ef}	0.07 ^{bc}	0.06 ^d	76.7 ^{bc}	73.3 ^c	75.0 ^c	50.0 ^e	50.0 ^e	50.0 ^c
NdeM-303	0.06 ^{ef}	0.06 ^{de}	0.06 ^d	92.0 ^a	78.0 ^{bc}	85.0 ^{ab}	61.3 ^{cde}	67.3 ^{bcde}	64.3 ^b
NdeM-417	0.06 ^{de}	0.07 ^b	0.07 ^c	78.7 ^{bc}	74.7 ^c	76.7 ^c	75.3 ^{abc}	67.3 ^{bcde}	71.3 ^b
Promedio	0.06 ^a	0.07 ^b		82.1 ^a	77.8 ^b		65.4 ^a	67.2 ^a	

Variedades con la misma literal dentro de columna son iguales ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Elongación de mesocotilo y coleoptilo (mm) en variedades de *Bouteloua curtipendula*, con diferente tamaño de cariósipide, durante los primeros 25 días post-emergencia (dde).

Variedad								
Var.	NdeM-5	NdeM-62	NdeM-125	NdeM- La Resolana	NdeM-303	NdeM-417	Media	DMSH
M (mm)	5.5 ^d	7.3 ^c	12.0 ^a	9.5 ^b	9.62 ^b	11.33 ^a	9.21	0.79
C (mm)	2.5 ^c	3.7 ^b	4.6 ^a	4.7 ^a	4.46 ^a	4.74 ^a	4.09	0.30
Tamaño de Cs								
	Chico		Grande		Media			DMSH
M (mm)	9.3 ^a		9.15 ^a		9.21			0.31
C (mm)	4.2 ^a		4.01 ^b		4.09			0.12
Días después de emergencia								
	5	10	15	20	25	Media		DMSH
M (mm)	7.1 ^b	8.2 ^c	10.53 ^a	10.64 ^a	9.58 ^b	9.21		0.69
C (mm)	3.6 ^c	4.0 ^b	4.61 ^a	4.49 ^a	3.76 ^c	4.09		0.26

± Medias con la misma literal dentro de hilera son iguales (Tukey $p \leq 0.05$). M = mesocotilo; C = coleoptilo.

La capacidad de elongación de mesocotilo y coleoptilo son muy importantes para emergencia de las plántulas. En maíz donde alta velocidad de emergencia coincide con longitud del mesocotilo (Pérez *et al.*, 2007). En siembras a elevada profundidad es indispensable la longitud destacada de mesocotilo (Turner *et al.*, 1982). Maiti (1986) y Maiti y Carrillo (1989) indican, en sorgo, que la elongación de mesocotilo se relacionó con la capacidad de emergencia; lo que destaca el uso de genotipos con buena capacidad de elongación de mesocotilo. Para elongación de hoja y raíz se observó interacción entre factores evaluados ($p < 0.0001$); por tanto, el crecimiento de hoja y raíz depende de variedad y tamaño de Cs. NdeM-125 mostró más hoja (45.7 mm) y raíz (48.4 mm)

CONCLUSIONES

NdeM-62 y NdeM-303 presentaron mejor porcentaje de viabilidad, germinación, emergencia y desarrollo de estructuras para establecimiento: elongación de mesocotilo y coleoptilo: Se observaron diferencias entre variedad y tamaño de Cs. La germinación y viabilidad están altamente correlacionadas con el porcentaje de emergencia.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Corbin JD, CM D'Antonio. 2004. Competition between native perennial and exotic annual grasses: implications for an historical invasion. *Ecology* 85:1273-1283.
- Ferrero-Serrano A, AL Hild, BA Meador. 2011. Can invasive species enhance competitive ability and restoration potential in native grass populations? *Restor. Ecol.* 19: 545-551.
- Hernández-Guzmán, FJ, AR Quero-Carrillo, P Pérez-Rodríguez, M Velázquez-Martínez, G García S. 2015. Germinación y emergencia de propágulos de pasto en respuesta a pruebas de vigor. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 6(7): 1519-1532.
- International Seeds Testing Association (ISTA). 2009. International Rules for Seed Testing. Published by The International Seeds Testing Association. 8303 Bassersdorf, Switzerland.
- International Seeds Testing Association (ISTA). 2012. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. *Seed science and Technology* 31, Supplement. Zürich.
- Maiti, RK. 1986. Morfología, crecimiento y desarrollo del sorgo. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Marín, Nuevo León, México. 419 p.
- Maiti, RK and GM Carrillo. 1989. Effect of planting depth on seedling emergence and vigor in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Seed Sci. Technol.* 17(1): 83-90.
- Pujol-Parol M. 2010. Gramíneas: Aplicaciones agronómicas. Edicions Universitat de Cantanya, SL, Barcelona.
- Quero-Carrillo AR, HernándezGuzmán FJ, Velázquez-Martínez M, Gámez-Vázquez HG, LandaSalgado P, Aguilar-López P. (2016) Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o cariósides. *Forrajes Trop.* 4: 29-37.
- Quero CAR, FJ Hernández G, P Pérez R, A Hernández L, G García S, P Landa S y SE Ramírez S. 2017. Germinación de cariósides clasificadas por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 8: 489-502
- Ramírez, MJE, FJ Hernández GFJ, C López CC, L Miranda J, MJ Carrillo L, AR Quero C. 2020. Crecimiento de plántulas de nueve genotipos de *Bouteloua curtipendula* con dos tamaños de cariósides. *Fitotec. Mex.* 43: 171-180.
- Turner, F. F.; Chen, C. C. and Bollich, C. N. 1982. Coleoptile and mesocotyl lengths in semidwarf rice seedling. *Crop Sci.* 22:43-46.

DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE BANDERITA A DIFERENTE PROFUNDIDAD

SEEDLING DEVELOPMENT OF SIDEOATS GRAMA TO DIFFERENT DEPTH

Edith Ramírez-Segura¹, Adrián R Quero-Carrillo¹, Leonor Miranda-Jiménez¹, Martha Hernández-Rodríguez¹, Amalio Santacruz-Varela¹, José F Villanueva-Avalos²

¹Colegio de Postgraduados. ²CE El Verdineño. INIFAP.

RESUMEN

Para cualquier programa de recuperación de pastizales en zonas semiáridas, es vital conocer la diversidad de morfotipos sobresalientes y establecer un programa producción de semilla basado en potencial productivo de semilla de pastos forrajeros y abaratar el riesgo y costo de establecer praderas. *Bouteloua curtipendula*, presenta amplia diversidad de morfotipos. El objetivo fue evaluar el tamaño de cariósipide (Cs) sobre velocidad de emergencia al establecimiento hasta 45 días después de siembra (dds) y determinar estructuras clave. Seis variedades con dos tamaños de Cs a cinco profundidades de siembra, se evaluaron en suelo tamizado y esterilizado, en invernadero. Se evaluó viabilidad, germinación, emergencia, acumulación de materia seca en raíz, hoja, longitud de mesocotilo y coleoptilo, en muestreos destructivos cada cinco dd emergencia hasta el día 45. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de comparación de medias de DMS honesta. La variedad NdeM-62 presentó la mayor viabilidad (90%), NdeM-La Resolana el menor (75%). Las CsCh presentaron viabilidad superior a los CsG, resultados similares se observaron para germinación. NdeM-125 mostró los mayores valores para longitud de hoja y raíz, así como área foliar y radical; aunque, para acumulación de biomasa total NdeM-62 mostró mayor valor y la NdeM-5 los más bajos. CsG produjeron plantas más grandes respecto a CsCh. No se observaron diferencias a 1-2cm de profundidad; sin embargo, si existieron diferencias a profundidad mayor a 3cm; por tanto, no se recomienda sembrar a esta o mayor profundidad.

Palabras clave: vigor, establecimiento, biomasa, mesocotilo, coleoptilo.

ABSTRACT

To start a grassland recovery program in northern Mexico, it is vital to know the diversity of outstanding morphotypes in the region and establish a seed production program on the basis of the productive potential for grass seed. Sideoats grama *Bouteloua curtipendula* contains wide diversity of morphotypes. The objective of this study was to evaluate the effect of caryopsis size (TC) on the speed of emergence to establishment from day zero to 45 days after planting (dds), and to determine key plant structures in this process. Six varieties of sideoats grama, classified in two caryopsis sizes, were planted at five different planting depths, in previously sifted and sterilized soil, in pots under greenhouse conditions. The percentage of viability and germination, the speed of emergence, the accumulation of dry matter in roots and leaves, as well as the length of mesocotyl and coleoptile, were evaluated in destructive samples carried out every five days after emergence (dde) up to day 45. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) and comparison of means was performed by Tukey's honest least significant difference comparison of means test, using the SAS package. NdeM-62 showed highest viability (90%), the lowest NdeM-La Resolana

(75%). CsCh showed highest viability as well as germination regarding CsG. NdeM-125 showed higher values for foliar length and roots, foliar area and for root. No differences were detected for emergence between 1-2cm of depth of sown but differences to higher depth. It is not recommended sowing to higher to 2cm depth.

Keywords: vigor, establishment, biomass, mesocotyl, coleoptile.

INTRODUCCIÓN

El deterioro de pastizales en México ocurre debido a cambio de uso de suelo y descanso parcial o nulo de potreros bajo pastoreo, entre otros; lo que ocasiona reducción de cobertura vegetal (Quero *et al.*, 2014). Existe marcada necesidad de sembrar pastizales con semilla de calidad. La diáspora o espiguilla es la estructura de dispersión comercializada como semilla en Banderita, esta está formada por la cariósida (Cs) envuelta en brácteas accesorias que dificultan el manejo de siembra, ya que afectan la pureza física y calidad biológica (Enríquez y Quero, 2006). Mayor tamaño de Cs (TCs) se relaciona a mayor emergencia, además de la latencia que pueden presentar algunas especies silvestres o no domesticadas (Zhongnan y Norton, 2009). En siembras de temporal semiárido, las plántulas enfrentan condiciones de sequía intraestival, competencia contra maleza, depredadores y temperaturas elevadas a ras de suelo, entre otros factores, por lo que una plántula con rápida emergencia desarrollará rápidamente tejido fotosintético y raíces eficientes para enfrentar condiciones adversas y variables y consolidar su establecimiento. Seleccionar la especie o genotipo más adecuado para estas condiciones permitirá realizar programas exitosos de rehabilitación de pastizales semiáridos. El objetivo fue evaluar el efecto de tamaño de cariósida (TC) sobre la velocidad de emergencia al establecimiento desde el día cero hasta los 45 días después de siembra (dde), y determinar que estructura es clave en este proceso, además de determinar la profundidad de siembra óptima.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de invernadero, *Campus* Montecillo del Colegio de Posgraduados. El material experimental consistió de seis variedades, patentadas por el Colegio de Posgraduados, de *Bouteloua curtipendula* (Michx.). La semilla se cosechó como ramas primarias y espiguillas, tal como se comercializa en el mercado y se almacenó en condiciones de laboratorio, hasta su utilización. Se extrajeron cariósidas (Cs) y seleccionaron aquellas en buen estado con microscopio. Las Cs se desinfectaron y clasificaron en Cs chicas (CsCh) y Cs grandes (CsG). Se determinó viabilidad y se sembró en base a semilla pura viable, para uniformizar la germinación y emergencia. La siembra se realizó en sustrato húmedo en julio de 2020 en tubetes de 70 cm³ con drenaje. Los riegos fueron a saturación conforme a los requerimientos de la plántula, no hubo presencia de hongos ni enfermedades, no se fertilizó. Las Cs se establecieron en diseño experimental completamente para comparar variedades de pasto Banderita (NdeM-5, NdeM-62, NdeM-125, NdeM-La Resolana, NdeM-303, NdeM-417), dos tamaños de Cs (CsCh) y CsG), a cinco profundidades de siembra: 1, 2, 3, 4, 5cm. Mediante muestreos destructivos (al 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45 días después de emergencia -dde), la unidad experimental fueron tres tubetes con cinco plántulas y tres repeticiones por tratamiento. Se realizaron muestreos destructivos cada cinco días hasta el día 45 después de emergida la planta (Fig. 1). Las variables evaluadas por fecha de muestreo incluyeron velocidad de emergencia, peso y área foliar y radicular (cm²), obtenidas con programa imagenJ, longitud de coleoptilo, mesocotilo, hoja y raíz (cm²), con vernier digital de

precisión 530-312 Mitutoyo, biomasa total (g MS/planta) incluyendo láminas foliares y raíces, así como biomasa de estructuras morfológicas (g MS/planta). La planta completa se sacó del tubete, enjuagó en agua corriente hasta desprender el sustrato de las raíces; posteriormente, la planta se separó en componente morfológicos: láminas foliares y raíz; los cuales, se secaron en estufa de aire forzado (Dalvo, modelo Basic, Zelian S.A., Buenos Aires, Argentina) a 60 °C por 48 h (peso constante) y se pesaron con balanza de precisión (± 0.001 g; Sartorius, Bohemia, New York, EUA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias para viabilidad ($p < 0.0001$) para variedad; mientras que y tamaño de Cs ($p < 0.0058$). NdeM-62 mostró la mayor viabilidad (90%) y NdeM-La Resolana la menor (75%); los CsCh presentaron 4.33% más viabilidad respecto a CsG (Cuadro 1). Se observó más viabilidad en CsCh para todas las variedades, excepto NdeM-62, donde CsG fueron superiores. Viabilidad y vigor (%), se transformaron al arcoseno. Para germinación se observaron diferencias ($p < 0.0001$) en variedades, mientras que tamaño de Cs no fue diferente ($p > 0.38$). La germinación depende de la variedad y Cs. La variedad con mayor germinación fue NdeM-62 (84%) y NdeM-La Resolana mostró la menor (50%). La mayor germinación se observó en NdeM-62 y NdeM-417 CsCh con 75.3% (Cuadro 2). Las variedades con buen desarrollo temprano emergen rápido con buena competitividad como en arroz (Zhou *et al.* 2006; Finch-Savage *et al.*, 2010).

Cuadro 1. Porcentaje de viabilidad y germinación de seis variedades de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., con tamaño diferente de carióspside.

Variedad	Viabilidad de carióspside			Germinación de carióspside		
	Chico	Grande	Promedio	Chico	Grande	Promedio
NdeM-5	80.0 ^{abc}	75.3 ^c	77.7 ^{bc}	56.0 ^{de}	68.0 ^{bcd}	62.0 ^b
NdeM-62	91.3 ^a	88.0 ^{ab}	89.7 ^a	87.3 ^a	80.7 ^{ab}	84.0 ^a
NdeM-125	74.0 ^c	77.3 ^{bc}	75.7 ^c	62.7 ^{cde}	70.0 ^{abcd}	66.3 ^b
NdeM- La Resolana	76.7 ^{bc}	73.3 ^c	75.0 ^c	50.0 ^e	50.0 ^e	50.0 ^c
NdeM-303	92.0 ^a	78.0 ^{bc}	85.0 ^{ab}	61.3 ^{cde}	67.3 ^{bcde}	64.3 ^b
NdeM-417	78.7 ^{bc}	74.7 ^c	76.7 ^c	75.3 ^{abc}	67.3 ^{bcde}	71.3 ^b
Promedio	82.1 ^a	77.8 ^b		65.4 ^a	67.2 ^a	

Tratamientos con la misma literal dentro de columna son estadísticamente iguales ($p < 0.05$).

La velocidad de emergencia durante a 10 días después de siembra (dds), cuando se estabilizó la germinación para Cs sembradas de 1-3cm, mostró mayor número de plantas emergidas a 1cm de profundidad 6 dds; a 2cm el máximo se observó a 7 dds; a 3cm, al día 8 para CsCh. La variedad de mayor emergencia a 1cm fue NdeM- La Resolana; a 2cm NdeM-125 y NdeM-417; a 3cm NdeM-125 y NdeM-181. Para CsG, NdeM-125 y NdeM-303 fueron sobresalientes; indicando que aunque no lograron la mayor viabilidad/germinación, fueron más vigorosas al establecimiento (Fig. 1). En relación al mesocotilo se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) entre variedades, todas las variedades desarrollaron coleoptilo y mesocotilo necesarios para emerger, con elongación de mesocotilo de 1.74 cm; mientras que para coleoptilo es de 0.47 cm. Las variedades que alcanzan mayor elongación de mesocotilo son NdeM-125 y NdeM- La Resolana,

con 2.17 y 2.19 cm respectivamente, mientras que la variedad con mayor desarrollo de coleoptilo es la NdeM-62 con 0.52 cm. Al evaluar el desarrollo de mesocotilo y coleoptilo por tamaño de cariósipide no se observaron diferencias ($p > 0.5826$ y $p > 0.6275$). Con relación a profundidad de siembra se observaron diferencias ($p < 0.0001$), a cinco centímetros de profundidad se observó elongación de 3.6 cm del mesocotilo y 0.5 cm de coleoptilo; lo cual, no es suficiente para la emergencia de plántulas, dificultando el establecimiento. En pastos se ha observado que la primera estructura visible durante la germinación es el coleoptilo y este suele aparecer en la parte superior del propágulo y las raíces entre las glumas (Kraehmer, 2019). El mesocotilo es el primer nudo, entre escutelo y el coleoptilo y dentro del coleoptilo, se desarrolla la primera hoja (Kraehmer, 2019). Este estudio evidencia la importancia de la elongación del mesocotilo a la capacidad de emergencia a siembras profundas. A mayor profundidad de siembra, la semilla requiere mayor cantidad de reservas para elongar sus estructuras y emerger, el mesocotilo se alarga eleva el coleoptilo y la plúmula cerrada hacia la superficie del suelo (Markelz *et al.*, 2003) además el aerénquima cortical dentro del mesocotilo apoya el inicio y el crecimiento de raíces adventicias (Maniou *et al.*, 2014) en maíz, por lo que el alargamiento del mesocotilo está altamente relacionado con la tolerancia a la siembra profunda del maíz, sin embargo, no en todas la especies de gramíneas se observa dicho alargamiento como es el caso del trigo y la cebada (Chen *et al.*, 2001). Variedades con mayor elongación de mesocotilo (NdeM- La Resolana, NdeM-125, NdeM-417 y NdeM-303) presentaron mayor velocidad de emergencia. Para elongación de hoja y raíz se observó similitud ($p > 0.05$) en longitud de hoja y raíz para las variedades evaluadas. Se observó presencia de 4 y 6 hojas a 35dds; mientras que, a 45dds se observó la formación de un segundo macollo. Para desarrollo de área foliar y radicular se observaron diferencias ($p < 0.0001$) entre variedades, tamaño de cariósipide, profundidad de siembra y días post-mergencia. NdeM-125 mostró los mayores valores y NdeM-5, los más bajos. Para profundidad de siembra no hubo diferencias ($p > 0.05$) entre Cs sembradas de 1-2cm y se observaron diferencias ($p < 0.05$) para aquellos Cs a 3 cm de profundidad de siembra.

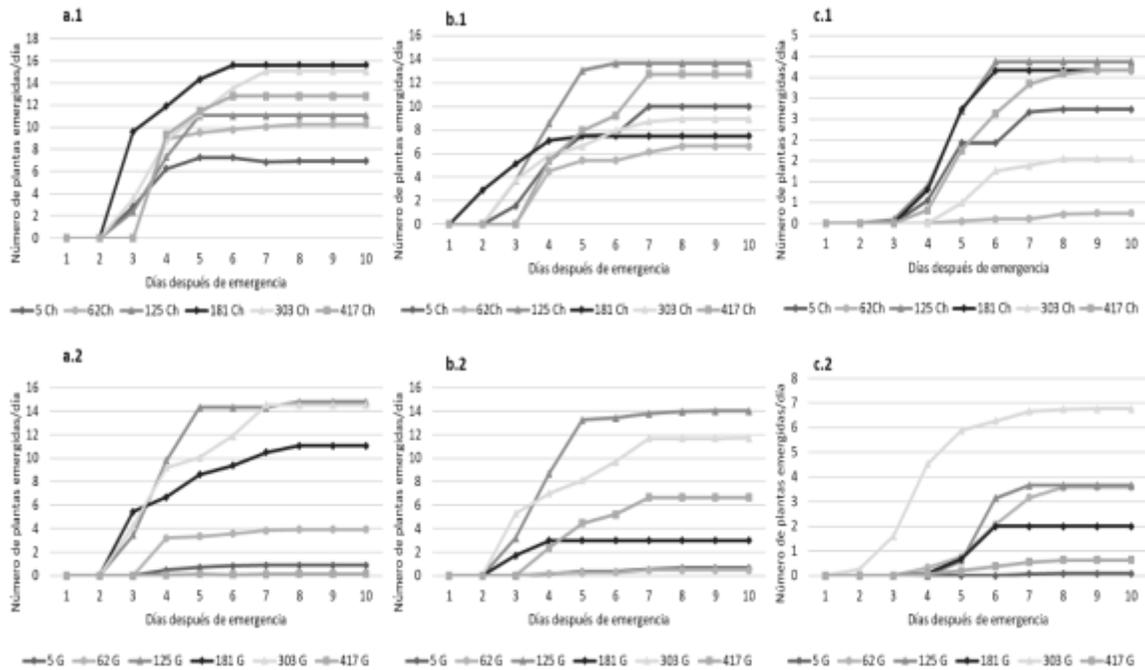


Figura 1. Velocidad de emergencia de seis variedades de *Bouteloua curtipendula* en cariósipides clasificados por tamaño (a.1) plántulas emergidas por día a 1 cm de profundidad de siembra (PS) en CsCh; (a.2) plántulas emergidas

por día a 1 cm de PS en CsG; (b.1) CsCh a 2 cm de PS; (b.2) CsG a 2 cm de PS; (c.1) CsCh a 3 cm de PS; (c.2) CsG a 3 cm de PS en invernadero.

CONCLUSIONES

La variedad NdeM-62 presentó la mayor viabilidad (90%), NdeM-La Resolana el menor (75%). Las CsCh presentaron viabilidad superior a los CsG, resultados similares se observaron para germinación. NdeM-125 mostró los mayores valores para longitud de hoja y raíz, así como área foliar y radical; aunque, para acumulación de biomasa total NdeM-62 mostró mayor valor y la NdeM-5 los más bajos. CsG produjeron plantas más grandes respecto a CsCh. No se observaron diferencias a 1-2cm de profundidad; sin embargo, si existieron diferencias a profundidad mayor a 3cm; por tanto, no se recomienda sembrar a esta o mayor profundidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Chen, L., Nishizawa, T., Higashitani, A. et al. (2001). A variety of wheat tolerant to deep- seeding conditions: elongation of the first internode depends on the response to gibberellin and potassium. *Plant, Cell and Environment* 24: 469–476.
- Enríquez, Q. J. F y Quero, C. A. R. 2006. Producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. INIFAPCIRGOC. CE Cotaxtla. Libro Técnico Núm. 11. Veracruz, Veracruz, México. 109 p.
- Finch-Savage WE, Clay HA, Lynn JR, Morris K (2010) Towards a genetic understanding of seed vigour in small-seeded crops using natural variation in Brassica oleracea. *Plant Sci* 179:582– 589. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.06.005>
- Kraehmer, H. Grasses: Crops, Competitors, and Ornamentals, First Edition. ©John Wiley & Sons Ltd. Published 2019 by John Wiley & Sons Ltd.
- Markelz NH, Costich DE, Brutnell TP. 2003. Photomorphogenic responses in maize seedling development. *Plant Physiol.* 133:1578–91.
- Maniou F, Chorianopoulou SN, Bouranis DL. 2014. New insights into trophic aerenchyma formation strategy in maize (*Zea mays* L.) organs during sulfate deprivation. *Front Plant Sci.* 5:581.
- Zhongnan, N. and Norton, M. R. 2009. Stress tolerance and persistence of perennial grasses: the role of the summer dormancy trait in temperate Australia. *Crop Sci.* 49:2405-2411.
- Zhou L, Wang J, Yi Q, Wang Y, Zhu Y, Zhang Z (2006) Quantitative trait loci for seedling vigor in rice under field conditions. *Field Crops Res* 100:294–301. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.08.003>

RELACION ENTRE CAPACIDAD DE ESTABLECIMIENTO Y GERMINACIÓN BAJO ESTRÉS OSMÓTICO EN PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*)

RELATIONSHIP BETWEEN ESTABLISHMENT CAPACITY AND GERMINATION UNDER OSMOTIC STRESS IN BANDERITE GRASS (*Bouteloua curtipendula*)

Fátima Vanessa González García², Alan Álvarez-Holguín^{1*}, Carlos R. Morales-Nieto², Jesús M. Ochoa-Rivero¹, Raúl Corrales-Lerma², Carlos Gustavo Monzón Burgos²

¹Campo Experimental La Campana, CIRNOC-INIFAP; ²Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

alvarez.alan@inifap.gob.mx

RESUMEN

En los últimos años se ha realizado programas de selección de genotipos de pastos con base en la resistencia al estrés osmótico durante la germinación. No obstante, existe poca información sobre la relación entre la resistencia al estrés osmótico y la capacidad de establecimiento en campo. Por esta razón, se evaluó la relación entre la capacidad de establecimiento en campo y la resistencia a estrés osmótico de seis genotipos sobresalientes de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*). La capacidad de establecimiento en campo se evaluó en dos localidades y durante dos años, a través de la emergencia (30 d después de la siembra), establecimiento (al final de la temporada de crecimiento) y la sobrevivencia (15 meses después de la siembra). La resistencia al estrés osmótico fue evaluada en cuatro potenciales osmóticos 0, -0.5, -1.0 y -1.5 MPa. Esta evaluación se realizó en cámaras de crecimiento, donde se cuantificó el porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de radícula y longitud de plúmula, densidad estomática y área estomática. Los genotipos de pasto banderita mostraron diferencias ($p < 0.05$) en todas las variables evaluadas en campo y laboratorio. Además, la sobrevivencia en campo se relacionó significativamente ($p < 0.05$) con porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación, densidad estomática y área estomática bajo estrés osmótico. Los resultados de este estudio sugieren que la resistencia al estrés osmótico en la etapa de germinación puede ser considerada como un criterio para seleccionar genotipos de pasto banderita de alta capacidad de establecimiento en campo.

Palabras clave: Pasto Banderita, Estrés Osmótico, Germinación, Establecimiento.

ABSTRACT

In recent years, grass genotype selection programs have been carried out based on resistance to osmotic stress during germination. However, there is little information on the relationship between resistance to osmotic stress and field establishment capacity. For this reason, the relationship between establishment capacity in the field and resistance to osmotic stress of

six outstanding genotypes of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) was evaluated. The establishment capacity in the field was evaluated in two locations and during two years, through emergence (30 d after sowing), establishment (at the end of the growing season) and survival (15 months after sowing). The resistance to osmotic stress was evaluated in four osmotic potentials 0, -0.5, -1.0 and -1.5 MPa. This evaluation was carried out in growth chambers, where the germination percentage, germination speed index, radicle length and plumule length, stomatal density and stomatal area were quantified. The sideoats grama genotypes showed differences ($p < 0.05$) in all the variables evaluated in the field and laboratory. In addition, field survival was significantly ($p < 0.05$) related to germination percentage, germination rate index, stomatal density, and stomatal area under osmotic stress. The results of this study suggest that resistance to osmotic stress in the germination stage can be considered as a criterion to select sideoats grama grass genotypes with high establishment capacity in the field.

Keywords: Sideoats grama grass, Osmotic stress, Germination, Establishment.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales ocupan alrededor del 37 % de la superficie terrestre del planeta (O'Mara, 2012). No obstante, alrededor de 680 millones de hectáreas de estos ecosistemas se encuentran deterioradas (Padilla y Sardiñas, 2005). Lo anterior es un problema de importancia mundial debido a que los pastizales proveen importantes servicios ecosistémicos, como son el secuestro de carbono, control de erosión y producción animal (O'Mara, 2012). Por esta razón, la implementación de programas de restauración de pastizales se ha intensificado en los últimos años a nivel mundial (Lewandrowski *et al.*, 2017). Sin embargo, la mayoría de estos programas han fracasado, debido a la baja capacidad de establecimiento que tienen la mayoría de las especies de pastos (James *et al.*, 2011; Larson *et al.*, 2015; Lewandrowski *et al.*, 2017). La germinación y el desarrollo de plántula son factores determinantes para el establecimiento de pastos, debido a que durante estas etapas las plantas son más susceptibles al estrés (Almansouri *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2011). En este sentido, los programas de restauración de pastizales demandan el diseño de estrategias de germinación para seleccionar especies o genotipos con mayores probabilidades de sobrevivir en condiciones de campo (Mummey *et al.*, 2016; Pedrini *et al.*, 2019). Estudios previos han utilizado agentes químicos para inhibir el potencial osmótico y simular las condiciones de estrés hídrico in vitro, debido a que la germinación en laboratorio generalmente se correlaciona positivamente con la emergencia en campo (Zhang *et al.*, 2021). El pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) es una de las especies más utilizadas en restauración de pastizales en el sur de Estados Unidos y norte de México. Por esta razón, los efectos del estrés osmótico han sido previamente estudiados en esta especie, a través de experimentos en laboratorio (Biliget *et al.* 2011). Los resultados de estos estudios sugieren que la capacidad de germinación y desarrollo de plántula bajo estrés osmótico pueden ser utilizados como criterios para seleccionar genotipos de pasto banderita. Sin embargo, se desconoce si realmente existe una relación entre estos parámetros y la capacidad de

establecimiento en campo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre la capacidad de establecimiento en campo y la resistencia al estrés osmótico durante la germinación en pasto banderita.

MATERIALES Y MÉTODOS

En septiembre y octubre del año 2018 se recolectó semilla de cuatro genotipos (B-689, B-592, B-508 y B-31) originarios del norte de México. Estos genotipos fueron seleccionados como sobresalientes en estudios realizados por Morales *et al.* (2008) y Morales *et al.* (2016), donde realizaron caracterizaciones morfológicas de poblaciones de pasto banderita. Adicionalmente, se adquirió semilla de dos variedades comerciales de pasto banderita, Vaughn registrada en Nuevo México, USA y Diana originaria de San Luis Potosí (Beltrán *et al.*, 2013). La capacidad de establecimiento de los genotipos se evaluó mediante siembras realizadas en campo. Esta evaluación se realizó en dos localidades, en el Campo Experimental “La Campana”, Chihuahua, México (29°15' 16" N 106°22'41") y el Campo Experimental “Valle del Guadiana”, Durango (23°59'25" N, 104°37'23" O). La siembra se llevó a cabo en agosto de 2019 al inicio de la temporada de lluvias. La densidad de siembra utilizada fue de 5 kg de semilla pura viable por hectárea. La preparación de la cama de siembra se realizó con una pasada de arado y rastreo cruzado. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar y los bloques fueron colocados en contra de pendiente. Una vez preparada la cama de siembra, la semilla se dispersó al voleo y se cubrió de tierra con rastrillos a una profundidad aproximada de 1 cm. La prueba se realizó en laboratorio y se utilizó como manitol agente osmótico. Los niveles osmóticos evaluados fueron: 0.0, -0.5, -1.0 y -1.5 MPa. La concentración de manitol se calculó con base a su peso molecular (182.17 g mol⁻¹). Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (%GE), índice de velocidad de germinación (IVG), longitud de radícula (LR) y longitud de plúmula (LP). Otras variables evaluadas fueron densidad estomática y área estomática. Estas variables se obtuvieron de 10 plántulas por genotipo y en dos niveles de estrés osmótico (0.0MPa y -0.5MPa). Las características estomáticas solamente fueron evaluadas en estos niveles debido a que en -1.0 y -1.5 MPa las plántulas no desarrollaron estomas. Para evaluar las variables estomáticas, se tomaron impresiones del haz foliar de las plúmulas con pegamento de cianoacrilato. Las impresiones se visualizaron en microscopio de contraste de fases (Software Zen 2 Core). Los datos del experimento en campo se analizaron por medio de análisis de varianza (ANDEVA) y una comparación de medias con la prueba de LSD (Diferencia mínima significativa) de Fisher. Los datos de las variables evaluadas en campo y laboratorio se relacionaron mediante análisis de correlación de Pearson y regresión lineal simple. Todos los análisis estadísticos se realizaron a través del Software R Project-versión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

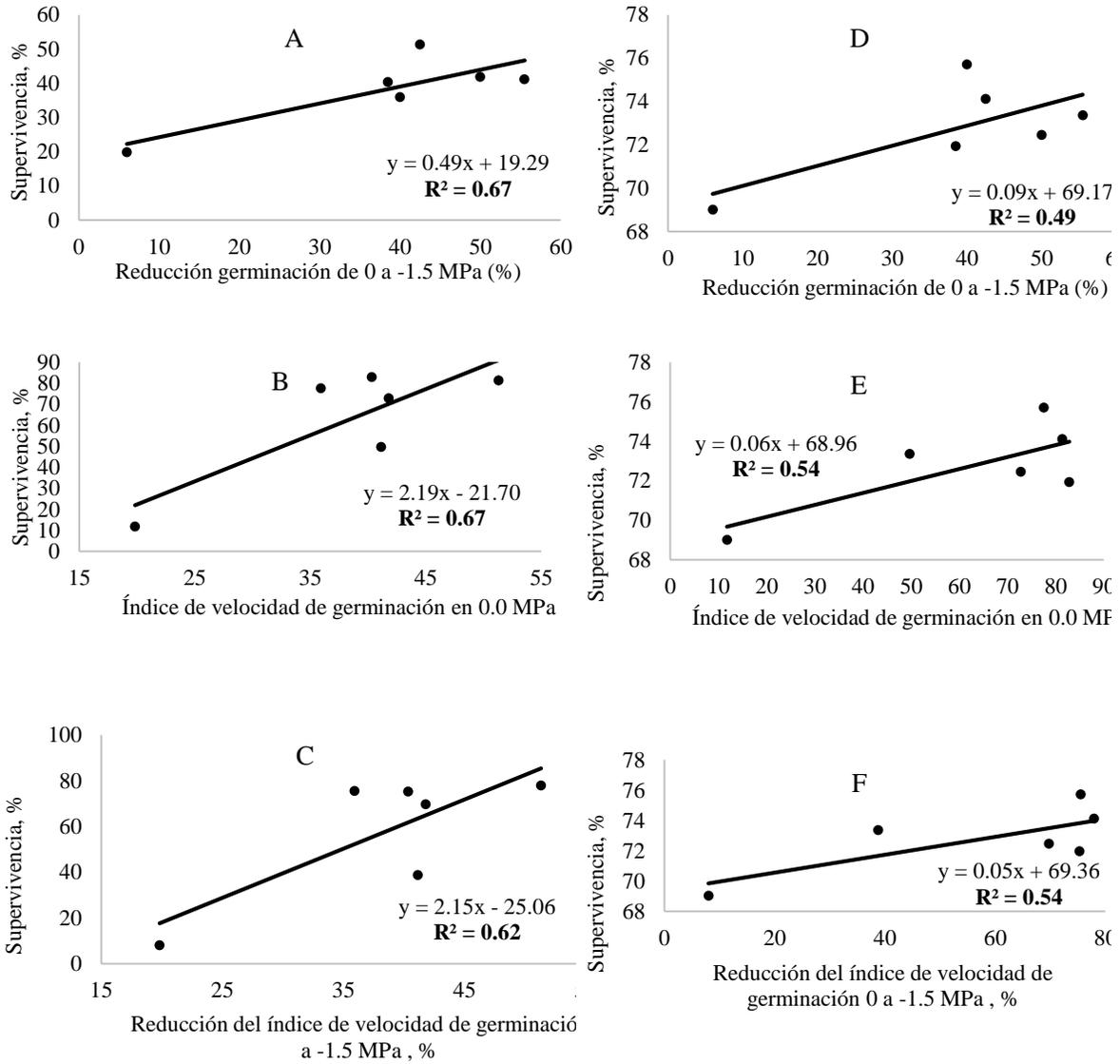
En Chihuahua, los genotipos de pasto banderita sembrados en campo mostraron diferencias ($p < 0.05$) en emergencia, establecimiento 90 DDS, sobrevivencia 90 DDS, establecimiento

15 MDS y sobrevivencia 15 MDS. Los genotipos Vaughn y B-508 presentaron mayor ($p < 0.05$) emergencia, con 144.8 y 97.3 plantas m^{-2} , respectivamente. Los resultados de esta evaluación sugieren que existen diferencias adaptativas entre genotipos, ya que la respuesta de algunos de ellos varió entre localidades. Por ejemplo, Vaughn fue de los genotipos que presentaron menor establecimiento y sobrevivencia en Chihuahua. La Gráfica 1 muestra la relación del porcentaje de sobrevivencia con la reducción de la germinación a niveles osmóticos desde 0.0 hasta -1.5 MPa, IVG en 0.0 MPa y la reducción del IVG desde 0.0 hasta -1.5MPa, para Chihuahua (Gráfica 6 A, B, C) y Durango (Gráfica 1 D, E, F). Al correlacionar el porcentaje de supervivencia con la reducción en porcentaje de germinación, índice de velocidad de germinación y reducción en el índice de velocidad de germinación, se observó una asociación positiva ($P < 0.05$) a niveles osmótico desde 0.0 hasta -1.5 MPa en Chihuahua y Durango.

El Cuadro 1 muestra el comportamiento de la densidad estomática y área estomática de los genotipos sometidos a dos niveles osmóticos. Se obtuvieron diferencias ($p < 0.05$) en densidad estomática a 0.0 MPa, En contraste, los genotipos B-508 con (91.0 ± 4.7 estomas mm^{-2}), Vaughn (115.1 ± 7.2 estomas mm^{-2}), B-689 (107.9 ± 5.9 estomas mm^{-2}) y B-31 (101.2 ± 5.1 estomas mm^{-2}) son estadísticamente iguales ($p > 0.05$) y presentaron la menor densidad, ahora bien, diferentes a B-592 (128.7 ± 7.4 mm^{-2}) y Diana (118.9 ± 5.9 estomas mm^{-2}) que mostraron la mayor densidad a este mismo nivel osmótico.

Cuadro 1. Comportamiento del área estomática y densidad estomática de genotipos sobresalientes (medias \pm error estándar) de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) bajo diferentes niveles de presión osmótica

Genotipo	Nivel Osmótico		Densidad Estomática (estomas mm^{-2})		Área Estomática (μm^2 estoma $^{-1}$)			
	0.0 MPa	-0.5 MPa	0.0 MPa	-0.5 MPa	0.0 MPa	-0.5 MPa		
B-31	101.2 \pm 5.1	bc	142.6 \pm 5.3	a*	293.7 \pm 8.2	b	269.9 \pm 7.7	b *
B-508	91.0 \pm 4.7	c	130.3 \pm 5.6	ab*	345.8 \pm 9.3	a	274.9 \pm 7.1	b*
B-592	128.7 \pm 7.4	a	113.4 \pm 5.2	b*	250.0 \pm 6.8	c	281.2 \pm 8.4	ab*
B-689	107.9 \pm 5.9	abc	111.1 \pm 6.8	b	320.2 \pm 11.5	ab	311.8 \pm 11.3	a
Diana	118.9 \pm 5.9	ab	122.7 \pm 6.2	ab	287.5 \pm 7.7	b	255.7 \pm 6.9	bc*
Vaughn	115.1 \pm 7.2	abc	148.1 \pm 8.3	a *	236.2 \pm 5.6	c	239.1 \pm 6.5	c



Gráfica 1. Correlación del porcentaje de sobrevivencia con la reducción de la germinación, índice de velocidad de germinación y reducción del índice de velocidad de germinación de genotipos sobresalientes de pastos banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua (A, B, C) y Durango (D, E, F).

CONCLUSIONES

La germinación bajo estrés osmótico se relacionó manera negativa con el establecimiento en campo. Además, el índice de velocidad de germinación, la longitud de plúmula y las características estomáticas también se relacionaron con lo que se observó en campo. El genotipo B-689 mostró ser sobresaliente entre todos los genotipos evaluados. Por esto, este

genotipo pudiera ser considerado en programas de restauración de pastizal en zonas áridas y semiáridas del norte de México.

LITERATURA CITADA

- Almansouri, M., J. M. Kinet y S. Lutts. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and soil*. 231(2):243-254.
- Biligetü, B., M. P. Schellenberg, J. G. Mcleod, S. Prairie, A. Canada y S. Current. 2011. The effect of temperature and water potential on seed germination of poly-cross side-oats grama (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) population of Canadian prairie. *Seed Science Technol.* 39:74-81.
- James, J. J., T. J. Svejca y M. J. Rinella. 2011. Demographic processes limiting seedling recruitment in arid grassland restoration. *J Appl Ecol.* 48(4):961-969.
- Larson, J. E., R. L. Sheley S. P. Hardegree, P. S. Doescher y J. J. James. 2015. Seed and seedling traits affecting critical life stage transitions and recruitment outcomes in dryland grasses. *J Appl Ecol* 52(1):199-209.
- Lewandowski, W., T. E. Erickson, K. W. Dixon y J. C Stevens. 2017. Increasing the germination envelope under water stress improves seedling emergence in two dominant grass species across different pulse rainfall events. *J Appl Ecol.* 54(3):997-1007.
- Mummey, D. L., M. E. Herget, K. M. Hufford y L. Shreading. 2016. Germination timing and seedling growth of *Poa secunda* and the invasive grass, *Bromus tectorum*, in response to temperature: evaluating biotypes for seedling traits that improve establishment. *Ecol. Rest.* 34:200-208.
- O'Mara, F. P. 2012. The role of grasslands in food security y climate change. *Ann. Bot.* 110:1263-1270.
- Padilla C. y Y. Sardiñas. 2005. Degradación y recuperación de los pastizales. *Revi Cub de Cie Agrí.* 39: 515-521.
- Pedrini, S., W. Lewandowski, J. C. Stevens y K. W. Dixon 2019. Optimising seed processing techniques to improve germination and sowability of native grasses for ecological restoration. *Plant Biology.* 21(3):415-424.
- Zhang, Q., S. Wang, y K. Rue. 2011. Salinity tolerance of 12 turfgrasses in three germination media. *Hort Science.* 46(4):651-654.
- Zhang, Z., X. Luo, D. Chen, L. Chen y X. Hu. 2021. Seed germination traits predict seedling emergence rather than survival of *Stipa breviflora* in populations along a latitude gradient. *Land Degrad Dev.* 32(15):4417-4429.

ÍNDICE DE VEGETACIÓN AJUSTADO AL SUELO OPTIMIZADO (OSAVI) ASOCIADO A MEDICIONES DE CAMPO DE VARIEDADES DE PASTO EN ZACATECAS

OPTIMIZED SOIL ADJUSTED VEGETATION INDEX (OSAVI) ASSOCIATED TO FIELD MEASUREMENTS OF GRASS VARIETIES IN ZACATECAS

Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez¹, José Israel Casas Flores¹, Alfonso Serna Pérez¹, Ricardo Alonso Sánchez Gutierrez¹

¹INIFAP, CIRNOC, Campo Experimental Zacatecas.
echavarria.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

Un gran número de índices se han generado en los últimos años para monitorear la vegetación por sensores remotos, la mayoría de ellos basados en combinaciones algebraicas de reflectancia en el espectro visible y las bandas de cercano infrarrojo, tal como el índice de vegetación ajustado por suelo optimizado (OSAVI por sus siglas en inglés), que utiliza la reflectancia del infrarrojo cercano y el rojo y que toma en cuenta el factor de ajuste del fondo del Dosel (0.16). Se evaluó la asociación entre el índice de vegetación OSAVI y el rendimiento de semilla, materia verde y seca, así como la altura, la cobertura y valores del ceptómetro de un experimento con 4 variedades de pastos del género *Bouteloua*, mediante el monitoreo del estado de crecimiento y desarrollo del cultivo y de imágenes multiespectrales en siete eventos. Esto con la finalidad de usar el índice OSAVI para estimar el rendimiento. El índice OSAVI en general mostró coincidencia con la evaluación de rendimiento de materia verde, seca y producción de semilla. En comparación otros índices generados (NDVI, GNDVI, LCI y NDRE), el OSAVI fue el único que coincidió en presentar a la variedad de mayor producción. Dadas las coincidencias en valores significativos ($P < 0.05$) mostrados por indicadores productivos y los valores numéricos del índice OSAVI obtenidas de las imágenes, se concluye que el índice OSAVI puede ser una opción de estimación de la productividad en una especie herbácea de hoja delgada como las variedades de pasto de género *Bouteloua* aquí evaluadas.

Palabras Clave: Índice de vegetación, Monitoreo de pastos, Variedades, Drones.

ABSTRACT

A large number of indices have been generated in recent years to monitor vegetation by remote sensing, most of them based on algebraic combinations of reflectance in the visible spectrum and near – infrared bands, such as the soil adjusted vegetation index optimized (OSAVI), which uses red and near infrared reflectance and takes into account the canopy background adjustment factor (0.16). The association between the OSAVI vegetation index and seed yield, green matter, as well as height, cover and ceptometer values of an experiment with 4 varieties of grasses of the *Bouteloua* genus, was evaluated by monitoring the state of

growth and development of the crop and multispectral images in seven events. This, in order to use the OSAVI index to estimate yield. The OSAVI in general showed coincidence with the evaluation of green and dry matter yield and seed production. Compared to other indices generated (NDVI, GNDVI, LCI y NDRE), OSAVI was the only one that show coincidences by presenting the variety with the highest production. Given the coincidences in significant values ($P < 0.05$) shown by productive indicators and the numerical values of the OSAVI index, it is concluded that the OSAVI index can be an option for estimating productivity in a thin leaved herbaceous species such as the grass varieties of the *Bouteloua* genus evaluated here.

Keywords: Vegetation Index, Grass monitoring, Varieties, Drone

INTRODUCCION

Un gran número de índices se han generado en los últimos años para monitorear la vegetación por sensores remotos, la mayoría de ellos basados en combinaciones algebraicas de reflectancia en el espectro visible y las bandas de cercano infrarrojo (Steven, 2019). Así pues, un índice de vegetación es una combinación matemática de dos o más de esas bandas espectrales que aumenta el contraste entre la vegetación (que tiene una alta reflectancia) y el suelo desnudo, estructuras construidas por el hombre, etc., además de medir características de las plantas, como la biomasa, el vigor, la densidad, etc. Sin embargo, los índices pueden variar en mayor o menor grado, con las características biofísicas de la superficie de la tierra y con los parámetros asociados con el proceso de observación. El suelo se ha considerado como una fuente de variación en imágenes y recientemente se han generado nuevos índices que toman en cuenta esta variación. El índice de vegetación OSAVI (índice de vegetación ajustado por suelo optimizado) es un SAVI (índice de vegetación ajustado por suelo) modificado que también utiliza la reflectancia del infrarrojo cercano y el rojo, y se diferencian entre sí porque el OSAVI tiene en cuenta el factor de ajuste del fondo del Dosel (0.16). Dicho ajuste permite al OSAVI una mayor sensibilidad cuando la cobertura del dosel supera el 50%, como en el caso de un pastizal denso (<https://eos.com/es/blog/indices-de-vegetacion/>).

La teledetección y el uso de sensores remotos en vehículos aéreos no tripulados (drones) han ayudado en incrementar la eficiencia en la obtención de datos de vegetación, aprovechando las imágenes de alta resolución que se pueden obtener (González *et al.*, 2020). Las imágenes que captan los drones son originadas por cámaras multispectrales que capturan información del espectro electromagnético incluido el espectro visible. Con las imágenes tomadas de los drones se pueden generar diagnósticos que permite operaciones como gestión hídrica, fertilización, detección de enfermedades y cosechas selectivas, que, a su vez, dan paso a la producción de mapas agronómicos los cuales representan claramente los problemas y los avances de los cultivos (González, *et al* 2015).

Con el objetivo de identificar la asociación entre el índice OSAVI y seis diferentes mediciones de campo en variedades de pastos del genero *Bouteloua*, se realizó un estudio de

campo con cuatro variedades de pastos en donde se evaluó la producción de materia verde, materia seca, producción de semilla, y mediciones de altura y cobertura aérea, así como lecturas de ceptómetro con la estimación del índice OSAVI a partir de imágenes multiespectrales obtenidas mediante vuelos no tripulados en siete eventos de muestreo a lo largo de la estación de crecimiento de la planta.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Zacatecas del INIFAP, donde se estableció un experimento de riego con dos especies de pastos y dos variedades por especie (Hachita y Cecilia de pasto navajita, y Vaugh y Diana de pasto banderita). La unidad experimental fue de tres surcos de 76 cm y 12 m de largo, 30 centímetros entre plantas y parcela útil de 5 m del surco central. Se aplicaron cuatro tratamientos de riego: 100, 66, 33 y 0 % de la humedad o lámina de riego consumida. Además de tres tratamientos de fertilización N-P-K: 0-0-0, 60-60-60 y 90-90-90 kg·ha⁻¹. El riego se aplicó por goteo con cintilla de plástico desde el establecimiento. El total de unidades experimentales fue de 144 en un arreglo experimental de parcelas sub-sub divididas. El monitoreo aéreo y de campo de pastos se realizó de mayo a agosto de 2021, evaluando producción de materia verde y seca, la producción de semilla, y mediciones de altura y cobertura aérea, así como lecturas de ceptómetro, que mide la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación. En el área experimental se realizaron siete vuelos aéreos no tripulados, con una frecuencia de 15 días a través del área experimental, iniciando el 26 de mayo y finalizando el 20 de agosto de 2021. Para ello se utilizó un dron rotomotor P4 Multiespectral DJI, con una cámara RGB y un conjunto multiespectral de 5 cámaras que cubre las bandas Azul, Verde, Rojo, Borde Rojo e Infrarrojo cercano. Se voló a una altura de 37.8 m para alcanzar una resolución espacial de 2 cm² por pixel en el ortomosaico del área experimental por vuelo.

A partir del ortomosaico obtenido para cada fecha de vuelo y utilizando las propiedades del software DJI TERRA BASIC (SZ DJI Technology Co, 2021) se calculó el índice de vegetación OSAVI, realizando una extracción por valor de pixel utilizando el programa estadístico R (R CORE TEAM 2020). Para la extracción del valor por pixel se utilizó un tamaño de 10 cm de diámetro como buffer, considerando los 144 puntos de muestreo contenidos en un archivo shapefile de cada vuelo. Con los puntos de muestreo sobre puestos en el ortomosaico obtenido del índice de vegetación, se calculó el promedio de los pixeles que se encuentran en el diámetro de 10 cm, obteniendo una matriz con los valores promedio de OSAVI para cada uno de los puntos muestreados. Lo mismo se realizó para los demás índices generados por el dron, que son el NDVI, GNDI, LCI y NDRE. Se realizó el análisis de varianza para las variables producción de materia verde, seca, producción de semilla, altura, cobertura, ceptómetro y OSAVI, así como los demás índices de vegetación ya mencionados con los resultados obtenidos en cada uno de los siete muestreos y ortomosaicos obtenidos por vuelo de dron (SAS, 2012).

RESULTADOS

El comportamiento del índice OSAVI en el área experimental en los siete eventos de muestreo o vuelos a través del ciclo del cultivo se presenta en la Figura 1.

Durante los primeros vuelos, de manera visual fue evidente el efecto de los tratamientos de riego, sobresaliendo las áreas con la aplicación de mayores volúmenes de agua de riego que se expresaron con el color verde que corresponde a una respuesta positiva del índice OSAVI. Tal condición cambió de manera drástica a partir de la primera decena de julio de 2021 (Vuelo 4), fecha en la que iniciaron las lluvias en ese año. Del cuarto vuelo en adelante, los valores de los índices OSAVI incrementaron sus valores en todos los tratamientos de riego, por lo que las diferencias visuales tendieron a reducirse como se observa en la Figura 1.

Al comparar las mediciones de campo y los valores de OSAVI en cada vuelo, se obtuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) debidas a cada medición de campo y se compararon las variedades de pasto seleccionadas, identificando la coincidencia entre las variedades de pasto en aquellos casos donde hubo significancia, asumiendo que al seleccionar la misma variedad significa que los valores de OSAVI coinciden con las mediciones de campo. El cuadro 1 muestra las coincidencias entre ellas.

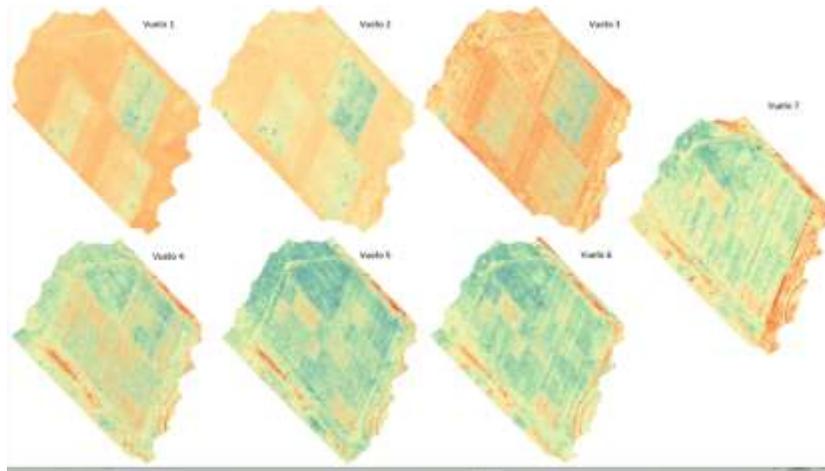


Figura 1. Índice OSAVI monitoreado a través de los 7 vuelos realizados en la estación de crecimiento.

Cuadro 1. Análisis de varianza de mediciones de campo e índice OSAVI y las variedades de pasto sobresalientes detectadas por los diferentes indicadores

FACTOR VARIEDADES DE PASTO							
MUESTREO	OSAVI	ALTURA	COBERTURA	CEPTOMETRO	PESO VERDE	PESO SECO	SEMILLA
1		2*	2	2			
		1	1	3			
	NS	4	3	1			
		3	4	4			
2	NS						
3	4			2			
	3			1			
	2			3			
	1			4			
4		4	4		2	2	
		3	3		4	4	
	NS	1	1		3	3	
		2	2		1	1	
5		4	4		2	2	
		3	3		4	4	
	NS	1	1		1	1	
		2	2		3	3	
6	NS						
7	2				2	2	2
	1				4	4	4
	4				1	3	3
	3				3	1	1

* Variedades de pasto: 1=Banderita Vaugh, 2= Banderita Diana, 3= Navajita Hachita, 4= Navajita Cecilia

No hubo diferencias significativas de los valores de OSAVI en los vuelos 1, 2, 4, 5 y 6. Solo se encontraron diferencias en el vuelo 3 y 7. En el vuelo 3 el índice OSAVI mostró diferencias ($P < 0.05$) sobresaliendo la variedad Navajita Cecilia, seguida de la Navajita Hachita, Banderita Diana y siendo la variedad Banderita Vaugh diferente a todas. Sin embargo, en ese mismo vuelo, no coincidió con los valores obtenidos por el ceptómetro, que también fue significativo ($P < 0.05$).

Sin embargo, en el vuelo 7, el índice OSAVI fue significativo al igual que los indicadores productivos de materia seca, materia verde y peso de semilla de pasto. En todos los casos hubo una coincidencia en la variedad seleccionada como la de mayor valor, que fue la variedad Banderita Diana (Cuadro 1). Esto también coincide con los valores de producción obtenidos en ese año (Cuadro 2). En segundo lugar, lo ocupó la variedad Navajita Cecilia en la producción de semilla, materia seca y materia verde (Cuadros 1 y 2), no así en el índice OSAVI quien detectó a la variedad Banderita Vaugh en segundo lugar. En cambio, la variedad Navajita Cecilia ocupó el tercer lugar en el índice OSAVI, cuando en los otros indicadores significativos fue el segundo. Sin embargo, esta coincidencia en seleccionar a la

misma variedad entre diferentes indicadores muestra un grado de asociación de este indicador con características productivas, en una especie herbácea, que es mayor que otros indicadores aquí evaluados. A diferencia de otros índices que también son calculados por el software asociado al dron (DJI TERRA BASIC (SZ DJI Technology Co, 2021), que mostraron significancias en diferentes muestreos con las mediciones de suelo, ninguno de ellos mostró coincidencias con las variables productivas (materia verde, materia seca y producción de semilla), con excepción del OSAVI. El NDVI, que es un índice más usado que el OSAVI, mostró significancias en diferentes muestreos (1, 3, 4, 5 y 7) pero sin coincidir con las variedades seleccionadas por las mediciones de campo, las cuales seleccionaron siempre a la variedad Banderita Cecilia y en el vuelo 7, donde se comparó contra indicadores productivos, el NDVI mostró a la variedad Banderita Vaugh como la primera, seguido de Banderita Diana, Navajita Cecilia y Navajita Hachita (datos no presentados). Otros índices como el GNDVI y LCI coincidieron en presentar a la variedad Banderita Vaugh como sobresaliente, cuando los valores productivos señalan a la Banderita Diana. Por último, el NDRE presentó a la Navajita Cecilia en primer lugar, seguida de Banderita Vaugh. Otra indicación que separa al OSAVI de los otros índices mencionados es que consistentemente el NDVI, GNDVI, LCI y NDRE, consistentemente mostraron significancias en los vuelos 4 y 5, una coincidencia con los indicadores de altura y cobertura, presentando en todos los casos a la variedad Navajita Cecilia como la de mayores valores medios en todos ellos, seguido por la navajita Hachita, siendo que en términos productivos la navajita Cecilia es la segunda más productiva y la Navajita hachita es la tercera (Cuadro 2). En Cambio, el OSAVI en estos dos vuelos no presento diferencias significativas ($P < 0.05$). Por lo anterior y dadas las circunstancias de mayor cantidad de humedad por lluvias en los vuelos 4 y 5, es notorio que los índices mencionados, representan el estado de salud de la planta más que su nivel productivo. Fern y colaboradores (2018) mencionan que el OSAVI puede ser un estimador apropiado de la producción de biomasa verde en regiones semi aridas del sur de Texas.

Dadas las coincidencias anteriores en los resultados mostrados por los diferentes índices evaluados, el OSAVI es el índice que muestra una mayor coincidencia con la selección de variedades que presentan la mayor producción de semilla y materia verde y seca (Cuadro 2).

Lo anterior hace ver que OSAVI es índice con mejores posibilidades de ser usado en la evaluación y estimación de la productividad en una especie herbácea de hoja delgada, como los pastos, lo cual genera una reflectancia menor que las especies de hoja ancha, para las cuales éste índice pudiera ser el más apropiado.

Cuadro 2. Rendimientos medios de producción de semilla y materia seca de 4 variedades de pasto en 2021 en Zacatecas

VARIEDAD	SEMILLA (kg/ha)		MATERIA SECA (kg/ha)		
Banderita Diana	573.3	A	3590.2	A	
Navajita Cecilia	383.8	B	3047.6	A	B
Navajita Hachita	194.4	C	2659.5		B
Banderita Vaugh	83.1	C	2582.8		B

CONCLUSIONES

El índice OSAVI en general mostró asociación con el rendimiento de semilla, materia verde y seca. Este índice pudiera ser una opción para la estimación de la productividad en una especie herbácea de hoja delgada como las variedades de pasto de genero *Bouteloua* evaluadas bajo las condiciones experimentales aquí presentadas.

LITERATURA CITADA

- Fern, R.R., Foxley, E.A., Bruno, A., Morrison, M.L. 2018. Suitability of NDVI and OSAVI as estimators of green biomass and coverage in a semi-arid rangeland. *Ecological Indicators* Vol 9, 16-21. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.029>.
- Gonzalez, I. S., Yáñez, D., Grefa, J. L., Arza, M., & Gil-Docampo, M. (2020). ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL PASTO MEDIANTE NDVI CALCULADO A PARTIR DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES DE VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAV). *Revista Geoespacial*, 17(1), 25–38. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v17i1.1640>
- Gonzales A., Amarillo, G. Amarillo M., Sarmiento F. 2015. Drones aplicados a la agricultura de precisión. *Revista especializada en Ingeniería*. Vol 10.
- Eos data analytics. 2022. Indices de Vegetación en la agricultura digital. <https://eos.com/es/blog/indices-de-vegetacion/>). Consultado: 20/09/2022.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SAS INSTITUTE. SAS system for Windows. Version 9.3 (TS1M2) Cary: SAS Institute. 2013.
- Steven, M. D. 1998. The sensivity of the OSAVI vegetation Index to observational parameters. *Remote Sens Environ* 63: 49-60

SIEMBRA MECANIZADA DE PRADERAS DE TEMPORAL ÁRIDO. INNOVACIÓN

MECHANIZED RAIN-FED ARID LAND'S PRAIRIES ESTABLISHMENT. INNOVATION

Adrián Raymundo Quero Carrillo¹, Leonor Miranda Jiménez¹

1. Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo-Ganadería. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

RESUMEN

La máxima cobertura vegetal basal del pastizal, con gramíneas perennes, posee ventajas ecológicas, económicas y sociales ampliamente documentadas. En México semiárido se ha tenido escaso éxito en establecer praderas. Durante julio de 2021, el Colegio de Postgraduados (COLPOS) donó 2 500 kg de semilla de alta calidad física a espiguilla (98%) de *Bouteloua curtipendula* var. NdeM-303 a la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA); esta, se sembró con el mismo método de siembra aplicado hace 70 años. Durante 2022, se donó nuevamente a CONAZA semilla de alta calidad física y biológica (111kg) y se sembraron 20 has para semilleros; incluyendo esta ocasión, siembra con implemento específico, patentado por COLPOS y en terrenos agrícolas, con elevados problemas de bancos de maleza. Se sembraron en Nochixtlán, Oaxaca (7 de agosto) y Zimapán, Hidalgo (2 de septiembre) cinco hectáreas de un solo lote. La densidad de siembra fue de 4 kg de espiguillas puras germinables; la emergencia fue excelente en ambos sitios. Nochixtlán controló de forma excelente maleza con aplicación de herbicidas contra hoja ancha; sin embargo, con problemas de gramíneas anuales donde el chapeo fue la solución. Zimapán retrasó la aplicación de herbicida y se achicaló maleza por pisoteo con tractor, recuperándose el desarrollo de plántulas. La evaluación estadística se encuentra en espera; sin embargo, las imágenes de resultados a noviembre 2022, documentan las ventajas de integrar tecnología: 1) Alta calidad física de propágulo y 2) equipo de siembra adecuado a cariósides extremadamente pequeños como los de pastos nativos de México semiárido.

Palabras clave: Densidad de semilla. Siembra mecanizada de praderas. Establecimiento de praderas de temporal árido. *Bouteloua curtipendula*.

ABSTRACT

The highest plant soil-basal coverage with perennial grasses within rangeland offers great social, economical and ecological advantages, widely documented. In semiarid Mexico, scarce success establishing rain-fed prairies has been a constant. During July, 2021 the Colegio de Postgraduados (COLPOS) donated 2 500 kg of high physical quality to spikelets (98%) seed of *Bouteloua curtipendula* var. NdeM-303 to the National Commission for Arid and Semiarid Areas (CONAZA). This material was sown using the same methodology since 70 years ago. During 2022 again high physical quality-to-spikelet seed was donated (111 kg) and 20 has for seed production were sown, this time, including, mechanical implement

for sowing native seeds with extra-small caryopsis size, patented by COLPOS in cropping lands with high levels of weeds on the seedbank. Five hectares in one plot each were sown at Nochixtlán (Oaxaca, august 7th) and Zimapán (Hidalgo, September the 2nd). Sown density was 4kg per ha of pure germinable spikelets. Seedling emergence was excellent in both sites. Nochixtlán control of wide-leaved weeds was excellent, contrary to Zimapán; however it also showed high infestation of annual grasses and cutting to 25 cms from soil was the applied management. At Zimapán, wide-leaved weed control was ineffective and we decide to roll on the weed with tractor, recovering sideoats gramma growth. Statistical evaluation is in awaiting; however, images expose results until november 2022, documentin advantages of technology integration: high propagule quality and adequate sowing equipment for extremelly small caryopsis grass species such as native to Mexico grasses.

Kew words: Seed density; Seeder drill; Rain-fed prairies establishment; *Bouteloua curtipendula*.

INTRODUCCIÓN

Una excelente cobertura vegetal del suelo, especialmente con gramíneas perennes, en los pastizales áridos y semiáridos posee gran cantidad de ventajas ecológicas, sociales y económicas: control de escorrentías, recarga de aguas geológicas, captura de carbono, atenuación de temperaturas extremas, contención de la erosión física y genética, mayor productividad primaria, mayor actividad biótica del ecosistema (incluyendo aquella en suelo), mayores oportunidades de desarrollo de la familia rural, eliminación de sequias sociales (no de las naturales), entre otras de gran importancia (Fayiah *et al.*, 2019; Arévalo *et al.*, 2021; Sándor *et al.*, 2021; Bai y Cotrufo, 2022). México sufre sobrepastoreo consuetudinario, lo que afecta consistentemente la densidad, vigor y cobertura vegetal en pastizales de zonas áridas y semiáridas (Arévalo *et al.*, 2021). El sobrepastoreo afecta la riqueza genética (diversidad intraespecífica) de especies nativas y México es el centro de origen genético de gran cantidad de estas especies (Poaceae) y sus expresiones alélicas (Quero *et al.*, 2017). Las experiencias acumuladas en la resiembra de praderas en zonas áridas indican que es de muy alto riesgo este proceso y ha resultado en la reducción de la inversión tecnológica y económica en este proceso.

Pretender la resiembra de grandes superficies de pastizal semiárido es imposible por el área total que requiere resiembras. Entre la diversidad de razones de la baja inversión y o fallas en resiembra de pastizales podemos incluir, entre otros: 1) Climáticas. Elevada irradiación, cambio climático, lluvias irregulares (intensidad y certidumbre). 2) Baja oportunidad de consolidación de plántulas nuevas. Pérdida del horizonte A, mayor fluctuación de temperatura a nivel de micrositio (los primeros 5 cm sobre el suelo), diversidad de tipos de suelo (estructura, profundidad), contenido de materia orgánica del suelo consistentemente bajo, 3) Capacidad de inversión. Continuamente baja, desaliento por bajos porcentajes de éxito, avío intermitente. 4) Evolutivo. Las gramíneas perennes nativas de Norteamérica evolucionaron para la producción de yemas axilares vegetativas para el rebrote del siguiente ciclo de lluvias y poseen baja eficiencia en el reclutamiento de nuevos individuos. 5)

Disponibilidad de semilla. Escasos sitios de producción local de semilla certificada, calidad física y/o biológica inconsistente y frecuentemente baja, oferta escasa, de traspatio y/o importación, muy bajos niveles de producción local 6) Manejo agrícola. Ciclos agrícolas perdidos, áreas devastadas al fallar la siembra, escasos equipos locales para laboreo y siembra, laboreo escasamente oportuno y de baja calidad (para cariósides de 2.5 mm), siembras no planeadas. 7) Ecológicamente. Sucesión ecológica lenta de pastizales áridos y dependiente del manejo de pastoreo/descanso, cambio climático, 8) Tecnología aplicada. Carencia de equipos de siembra a bajo costo y alta efectividad, siembras de baja tecnología (al voleo), baja pureza física de propágulo a espiguilla y/o cariósido, bajo porcentaje de siembras profesionalizadas y de bajo costo, baja experiencia acumulada entre técnicos y bajo desarrollo de la especialización. 9) Económicas. Dependencia del avío de los diferentes niveles de gobierno, diversidad de tipos de tenencia de la tierra, baja capacidad de inversión, desaliento a la inversión en siembras, costo del proceso. 10) Social. Falta de planeación oportuna para la siembra eficiente, bajo desarrollo tecnológico de los técnicos a cargo de siembras, escasos encuentros entre usuarios y técnicos especializados en siembra de praderas, entre otros de importancia. Sin embargo, el principal factor de desaliento es la limitante principal: el éxito extremadamente bajo en el establecimiento de praderas en temporal semiárido con especies nativas. Por tanto, el objetivo fue validar tecnología para el establecimiento de lotes de producción de semilla en temporal árido, en dos aspectos: 1) Semilla de alta calidad física (a espiguilla) y biológica (germinabilidad) y 2) equipo de siembra que cumpla los requisitos para la germinación y establecimiento de cariósides extremadamente pequeños, como lo son aquellos de especies nativas de zonas áridas y semiáridas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semilla cruda proveniente del pago de regalías, por usufructo de variedades registradas de pasto Banderita, al Colegio de Postgraduados se benefició mecánicamente a alta pureza de espiguilla; lo anterior, debido a las dimensiones medias del cariósido de pasto banderita (2.5 x 0.6 x 0.4mm; Ramírez, in Press) y para reducir la probabilidad de daño a la cariósido mediante la presencia de lemas en las espiguillas utilizadas; lo anterior garantizó la alta densidad específica de propágulo conteniendo cariósido. Durante 2021 se sembró, a través de la Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), dicha semilla con alta calidad de cariósido y con los métodos tradicionales de siembra, utilizados desde hace 50 años o más: al voleo y arrojando con rastra de ramas. Lo anterior en diversos estados de la república y con productores seleccionados por CONAZA. Durante 2022 se entregaron 111 kg de semilla de alta calidad física y biológica a CONAZA, con el fin de establecerlos con fines de producción de semilla. Se establecieron 10.5 has en Zimapán, Hidalgo y 6.5 has en Nochixtlán, Oaxaca. Durante 2022 se utilizó implemento de siembra adecuado para cariósides ultrapequeños, como los de pasto Banderita, desarrollado y patentado por el Colegio de Postgraduados. El equipo se utilizó en dos sitios de siembra de cinco y 6.5

hectáreas en Zimapán y Nochixtlán, respectivamente. El resto de los sitios en Zimapán fueron sembrados de diferente forma tradicional, con fines comparativos de la eficiencia del equipo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La siembra se realizó en surcos, gracias al implemento, con un mes de diferencia entre sitios. El 7 de agosto en Nochixtlán, Oaxaca y el 28 de agosto en Zimapán, Hidalgo. Los terrenos selectos tienen historia de producción de cultivos básicos durante los últimos diez años. La emergencia de plántulas fue irregular, excelente en bandas y rala en otros surcos; lo anterior, debido a que los rodillos apisonadores no apisonaron parejo por irregularidad de los terrenos de siembra. Dos procesos indujeron a la irregularidad: falta de apisonado en irregularidades del terreno y falta de semilla por parte de los sembradores. Se alcanzó el 80% del terreno con emergencia de plántula. Rápidamente se tuvieron problemas de maleza. En Nochixtlán y Zimapán, muy hubo elevada infestación de maleza de hoja ancha. Nochixtlán aplicó herbicida 2-4, D ester y picloram y controló eficientemente la maleza de hoja ancha. Zimapán retrasó los trabajos de control de maleza con herbicida y la función del mismo no fue eficiente, por lo que se apisonó con el rodado del tractor. En Nochixtlán se tuvo infestación de pasto anual, se chapeo a 25 cm del suelo y se cultivó. No se midió establecimiento inicial debido a lo frágil de plántulas los primeros 30 días y el arribo de la austeridad franciscana. Se documenta visualmente el desarrollo de la pradera hasta el 4 de noviembre. Los sitios donde se realizó el control oportuno de maleza consolidaron el mejor establecimiento de plántulas. Se enriquecerá visualmente el desarrollo de las siembras.





Arriba. Emergencia de plántula



Arriba. Emergencia de plántula



Arriba. Método tradicional de siembra



Arriba. Infestación por maleza de hoja ancha



Recuperación post-chapeo



Recuperación post-chapeo.

Los requisitos a considerar para una buena siembra incluyen el apisonado y una excelente calidad de propágulo (Quero *et al.*, 2014), además de otros aspectos. La emergencia de plántula fue excelente en las siembras mecanizadas de Zimapán y Nochixtlán; sin embargo, la consolidación de la pradera queda aún a expensas del control de maleza de forma oportuna, acorde al desarrollo de las plántulas. La ventaja es que en siembras en potreros bajo pastoreo, que no han sido abiertos al cultivo, la incidencia de maleza es mucho menor. Otros retos que enfrentan las delicadas plántulas de estas especies incluyen la intensidad de radiación solar, la pérdida rápida de humedad y las temperaturas muy elevadas a ras de suelo. La siembra en condiciones desafiantes en terrenos tradicionalmente de producción agrícola y en temporal árido es uno de los retos más importantes. La maleza es menos abundante en terrenos de pastizal no abiertos al pastoreo. El manejo oportuno de maleza de hoja ancha en Nochixtlán permitió buena sobrevivencia de plántulas. Las plantas aguantaron el pisoteo por tractor a 49 días post-siembra y el chapeo para controlar gramíneas a 58 días de siembra. La calidad de semilla es un aspecto importante para la utilización de la siembra mecanizada. La siembra en surcos nos dio la oportunidad de realizar labores de cultivo; sin embargo, tanto las labores de control de maleza de hoja ancha como de pastos anuales requieren la espera del desarrollo de plántula de Banderita hasta que soporte el manejo requerido, lo que pone en riesgo el desarrollo de las plántulas.

CONCLUSIONES

La semilla (propágulo) de alta densidad específica fluyó de forma eficiente en el equipo de siembra. El equipo de siembra coloca la semilla bajo condiciones óptimas de profundidad de siembra y promueve, con el apisonado la buena germinación de la misma. Se logró la emergencia de buen porcentaje de la superficie sembrada. Resolviendo la homogeneidad del apisonado y la caída continua de semilla se eliminarán los espacios de surco con baja densidad y/o sin planta. El manejo de condiciones adversas de maleza permite la consolidación de la pradera para producción de semilla y/o producción en pastoreo.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Arévalo, JR, JA Encina-Domínguez, M Mellado, JE García-Martínez, A Cruz-Anaya. 2021. Impact of 25 years of grazing on the forest structure of *Pinus cembroides* in northeast Mexico. *Acta Oecologica*. 111: <https://doi.org/10.1016/j.actao.2021.103743>. 103743. 8p.
- Bai, Y and MF Cotrufo. 2022. Grassland soil carbón sequestration: current understanding, challenges, and solutions. *Science*. 377 (6606): 603-608.
- Fayiah, M, S Dong, Y Li, Y Xu, X Gao, H Shen, J Xiao, Y Yang, and K Wessell. 2019. The relationships between plant diversity, plant cover, plant biomass and soil fertility vary with grassland type on

- Quinghai-Tibetan Plateau. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 286: 106659. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106659>. 11p.
- Quero C. A. R., Miranda J. L., Hernández G. F. J., Rubio A. F. A. 2014. Mejora del establecimiento de praderas de temporal. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. doi.10.131402.1. 5101. 2161. Texcoco, Edo. de México. 31 p.
- Quero. CAR, L Miranda J, JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21: 63-85.
- Ramírez, SE. 2022 (in Press). Producción, calidad de semilla y establecimiento de plántulas en *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. *Campus Montecillo-Ganadería*. 103p.
- Sándor, R, M Iovino, L Lichner, V Alagna, D Forster, M Fraser, J Kollár, P Surda, V Nagy, A Szabó, N Fodor. 2021. Impact of climate, soil properties and grassland cover on soil water repellency. *Geoderma* 383. 114780. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114780>. 15p.

VALORACIÓN SOCIO-ECONÓMICA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA TECNOLOGÍA DE FITORREMEDIACIÓN CON PASTOS NATIVOS EN ZONAS ÁRIDAS

SOCIO-ECONOMIC ASSESSMENT OF THE IMPLEMENTATION OF A PHYTOREMEDIATION TECHNOLOGY WITH NATIVE PASTURES IN ARID ZONES

Sandra Rodríguez Piñeros, Lauro Manuel Espino Enríquez, Leonor Cortés Palacio, Paulina Flores Olson¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo hacer una breve valoración socio-económica para implementar un programa de fitorremediación con zacates nativos en un área de jales mineros abandonados en el municipio de Hidalgo de Parral, Chihuahua. Para la valoración económica se obtuvieron los costos de implementar la restauración en un área de 48 hectáreas (60% del total del jal) con respecto a la valoración social, se realizó un foro en el que participaron actores claves del municipio y se analizó el discurso usando las categorías de agrupación, la triada lefebvriana. El costo para la implementación del proyecto está por el orden de 12 millones de pesos por año, los actores manifestaron tener conocimiento del riesgo potencial que representa tener los jales sin cobertura vegetal por lo que consideran que se debería invertir una suma del fondo minero para la fitorremediación, además de educación ambiental a los habitantes de la región y a las mineras que se encuentran en operación.

Palabras Claves: Fitorremediación, *Setaria macrostachya*, *Digitaria californica*, *Bouteloua curtipendula*, *Sporobolus airoides*, jales mineros

ABSTRACT

The objective of this work was to make a brief socio-economic assessment to implement a phytoremediation program with native grasses in an area of abandoned mining tailings in the municipality of Hidalgo de Parral, Chihuahua. For the economic valuation, the costs of implementing the project in an area of 48 hectares (60% of the total area) were obtained; with respect to the social valuation, a forum was held in which key actors of the municipality participated, the discourse was analyzed using the grouping categories of Lefebvrian triad. The cost for the implementation of the project is around 12 million pesos per year, the actors stated that they are aware of the potential risk of having the tailings without vegetation; as consequence, they consider that a sum of the mining fund should be invested for the phytoremediation; in addition, the recommended to promote environmental education for the inhabitants of the region and the mining companies that are in operation.

INTRODUCCIÓN

La extracción de metales en México como actividad económica tiene sus inicios en la colonia, periodo en el que la actividad minera buscaba satisfacer las necesidades de Europa. Esta actividad generó grandes cantidades de residuos peligrosos que ahora se encuentran en estado de abandono y se conocen como jales. Los jales mineros se definen como el apilamiento de material molido que queda después de la extracción de minerales, en estos se alojan partículas de reactivos que se usaron para separar el mineral de la roca, muchos de estos reactivos son considerados Elementos Potencialmente Tóxicos (EPT). La mayoría de los jales se encuentran en forma de lodos y se acumulan en grandes extensiones de terreno conocidos como presas de jales. Dada la presencia de materiales tóxicos estas presas de jales se han convertido en un problema ambiental ya que no permiten el establecimiento de cobertura vegetal debido a su acidez, sus finas partículas son arrastradas muy fácilmente por los vientos y en ocasiones se producen derrames debido a que no se encuentran apropiadamente contenidos.

Aunque en la actualidad existe regulación para los procesos de beneficio de minas, hasta el 2004 se aprueba la Norma Oficial Mexicana (NOM), NOM-141-SEMARNAT-2003 que establece el procedimiento para caracterizar los jales, así como las especificaciones y criterios para la caracterización y preparación del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales. Consecuentemente, las presas de jales resultado de actividades anteriores a la expedición de la NOM quedan sin algún tipo de cobertura, por lo tanto, su remediación será responsabilidad del Estado.

La mina La Prieta, localizada en el estado de Chihuahua dio origen al establecimiento de la población de la Ciudad de Real de Minas de Parral, hoy conocida como ciudad Hidalgo de Parral, fue objeto de extracción masiva (hasta de 1500 toneladas de minerales puros al día) de oro, plata y cobre a partir de 1663 hasta 1974 cuando se cerraron operaciones (INAH, 2022). Por lo tanto, alrededor de 84 hectáreas de presas de jales de la mina La Prieta se encuentran en estado de abandono en el centro de la Ciudad de Hidalgo de Parral. El material que compone las presas de jales de la mina La Prieta contiene altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPT) que no permiten el crecimiento de material vegetal y, en consecuencia, el sitio se encuentra a suelo desnudo, expuesto a la erosión eólica e hídrica afectando de diversas maneras a la población cercana (Salas Urviola et al., 2020).

Dentro de las diversas técnicas de remediación de sitios contaminados existe la fitorremediación, la cual es una tecnología que utiliza la capacidad de algunas plantas para remover, inmovilizar o contener metales pesados y metaloides. La fitorremediación además de ser una de las técnicas menos onerosa contribuye con el cambio del paisaje, principalmente en jales de suelo desnudo. Para jales de suelo desnudo se recomienda la técnica de fitoestabilización ya que ésta, mediante la capacidad que tienen las raíces de algunas plantas de absorber y acumular material evita que los EPT se movilen por el aire o migren a las

aguas subterráneas por escorrentía y así se eviten daños a la salud de las poblaciones cercanas. Aunque la técnica de fitorremediación es considerada una de las menos costosas, su implementación en los jales mineros de Parral pudiera representar un gasto extraordinario para el municipio. Adicionalmente, la implementación de la técnica requiere de la apropiación y aprobación de los habitantes de la región.

Por lo tanto, el objetivo principal de este trabajo es determinar el grado de apropiación social de conocimiento del ejercicio de remediación como una medida intangible sobre el costo económico de implementación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para este estudio, se expresa la secuencia metodológica en dos momentos, el primero se refiere a los costos de implementación de tecnología de remediación con especies de la región y, un segundo momento que detalla la determinación de la viabilidad de apropiación social del conocimiento, a través de la construcción de una ruta discursiva seguida del análisis del discurso de actores clave en el apartado conclusorio.

En el primer momento, se estimaron los costos de implementar un programa de restauración con cuatro especies de zacate de la región *Setaria macrostachya* (zacate tempranero), *Digitaria californica* (punta blanca), *Bouteloua curtipendula* (banderita), *Sporobolus airoides* (zacatón alcalino); a partir de la tecnología ya diseñada y probada directamente en la presa de jales de la Mina la Prieta (Reyna 2022). El total de área para ser restaurada son 80 hectáreas; sin embargo, de acuerdo con la literatura citada para zonas de restauración un 60% del total del área será suficiente. Los supuestos que se consideraron para el programa de restauración son los siguientes.

1. El programa se realizará en un periodo de 3 años, 16 hectáreas por año.
2. Se construirá una cerca para el perímetro de las 80 hectáreas.
3. El establecimiento de las plántulas y semillas se realizará en época de lluvia para evitar el riego del establecimiento.
4. Se realizarán surcos de 60 cm de ancho por 10 de profundidad.
5. Se utilizarán dos métodos de siembra, al voleo y trasplante.
6. La compra de sustrato (2 materiales) y las plantas incluye el costo de transporte.
7. Se tienen imprevistos del 10% cada año.
8. Se utilizó el 8.62% de inflación.
9. No hay intereses a la deuda.
10. Hay un riego de auxilio cada año.

En el segundo momento metodológico, la valoración social se realizó mediante un foro en el que se presentó la tecnología desarrollada por un equipo de investigadores de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua, la cual consiste en un

sustrato compuesto de composta, zeolita y jal en las concentraciones necesarias para permitir que los zacates por siembra directa o trasplante se establezcan en el jal. El foro culminó con la herramienta cualitativa de investigación denominada grupo focal de actores clave. El análisis de los datos se realizó mediante la técnica del análisis del discurso a través de una ruta discursiva, la cual nos permitió identificar la percepción que tienen los pobladores con relación a la implementación de la tecnología y las responsabilidades de las minas que actualmente están en operación en la región. Para la interpretación del discurso se usaron como categorías de agrupación, la triada lefebvriana en el trabajo sociológico de Henri Lefebvre (2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 presenta los resultados de la evaluación financiera de implementar la fitorremediación con las cuatro especies de zacate y el sustrato necesario.

Tabla 1: Costos de implementación

Año	Costo en Pesos mexicanos a precios agosto 2022
0	\$8,849.00
1	\$11,157,800.00
2	\$12,022,339.67
3	\$13,058,665.35

Bajo el argumento de que el daño ambiental en los jales de la mina la prieta es derivado de una actividad ajena a la regulación por su momento histórico específico, la herencia de este tiene diversas peculiaridades. Primero, aunque la actividad minera cesó en la ciudad de Hidalgo del Parral al menos en su escala industrial algunos municipios aledaños siguen operando con grandes empresas que están obligadas al respeto de la norma vigente. Lo que obliga a la ciudadanía a ser cuidadosa en el desarrollo de la huella entrópica derivada de la actividad aún vigente. Segundo, si bien no hay forma de responsabilizar un causante del daño, la herencia generacional obliga a la actuación de la remediación desde diversos derroteros: actores clave como la academia, sociedad civil, organización, administración pública y privados que en su cotidianidad transitan el espacio afectado. Tercero, cualquier inversión que remedie y prevenga la generación de enfermedades derivadas de los jales mineros en la comunidad será por debajo del costo de oportunidad económico de lo evitado en las generaciones presentes y futuras.

Con relación a la valoración social los participantes del foro en el ejercicio de grupo focal expresaron la familiaridad de la comunidad con la mina La Prieta y los jales. Sin embargo, aunque no de manera informada si hay una relación intrínseca a la afectación a la salud, aunque no en el grueso de la población. En tanto, expresaron la recomendación de que se elaboren talleres de capacitación con las actuales minas y los habitantes de la ciudad. Los participantes expresaron que hace muy pocos años atrás los jales eran vistos como un lugar

de recreación para bicicleta o cuatrimotos. Los participantes también manifestaron que la minería ha sido un motor de desarrollo de la región. Por lo tanto, consideran que esta actividad seguirá siendo parte del municipio; sin embargo, recomiendan que se implemente la Ley y un proyecto de zonificación que permita que la ciudad siga creciendo, pero no en función de la actividad minera ni de la mina. Los participantes expresaron también, su descontento porque no saben qué está pasando con el fondo minero, consideran que el manejo de ese recurso debe ser más transparente y utilizado para la reparación del daño ambiental en primera instancia.

A partir de ello y usando la teoría lefebvriana configuramos la ruta discursiva para reconstruir la producción del espacio desde la memoria del colectivo presente en el grupo focal. De esta forma, fue posible ubicar los tres espacios de Lefebvre (2013): el espacio vivido vinculado a la experiencia de la praxis cotidiana que a menudo suele ser subjetiva pero cargada de simbolismo; el espacio percibido relacionado a la actividad humana en lo físico, palpable y material; por último, el espacio concebido que es la forma en la que la forma de producción y el sistema configuran el espacio desde lo abstracto y la planificación. En ese sentido la ruta discursiva plantea los tres espacios anteriores y lo materializa en la figura 2, en la que hay una conciencia del problema, sin embargo, no hay una actuación efectiva, pero si hay una coalición de acuerdos en los diferentes actores que incluso pueden ser antagonicos.

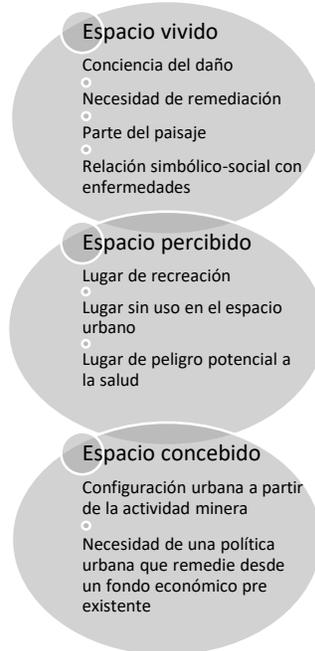


Figura 1. Adaptación y elaboración propia con base en Lefebvre, 2013

CONCLUSIONES

La remediación del daño causado a partir de una actividad productiva en un periodo histórico anterior tiene solución en la tecnología propuesta e implementada. El costo de remediación es simbólico si de la herencia pasada y futura se habla, pensando en términos de costos de oportunidad. Existe una conciencia en el grupo focal, derivado del foro de divulgación de resultados y, que expresan una necesidad de educación ambiental para la apropiación del conocimiento, así como su posible réplica en la región sur del estado de Chihuahua. Consideran que el fondo minero debe ser gastado de manera transparente y principalmente en la remediación del daño del pasado. Expresan, además, que el monto del fondo minero es suficiente para la implementación de este tipo de proyectos, por lo que sería solo una pequeña parte de este y el resto como normalmente se ha utilizado para mejorar la infraestructura y paisaje urbano.

Concluimos que el ejercicio de apropiación del conocimiento y la valoración socioeconómica de la tecnología implementada para la remediación puede ser exitoso si se sigue una buena estrategia para replicarlo ya que mostró buenos resultados tanto en lo técnico, como en lo social.

LITERATURA CITADA

- INAH. Centro INAH, Chihuahua. Hidalgo de Parral (2022). Accesado en septiembre 2022
<https://inahchihuahua.wordpress.com/hidalgo-del-parral/>
- Lefebvre, H. (2013). La producción del espacio. En C. S. Libros (Ed.), Academia.Edu.
http://www.academia.edu/download/30932960/01_padilla_llano.pdf
- Reyna-Nájera, D. N., Cortés-Palacios, L., Sandino-Aquino de Los Ríos, G., Martínez-Salvador, M., & Rodríguez-Vázquez, L. M. (2022). Study of the Behavior of Plant Species in a Phytostabilization Process for Remediation of Soil Contaminated by Abandoned Mine Tailings. *Epistemos (Sonora)*, 16(32).
- Salas Urviola, F. B., Guadarrama Guzmán, P., Fernández Villagómez, G., González Sánchez, J.F., & Barraza Torres, L.A. (2020). Predicción de drenaje ácido de mina, jales de la mina La Prieta, Chihuahua, México. *Rev. Int. Contam. Ambient* 36 (4).

EVALUACION DE ESTRATEGIAS PARA EL CONTROL DE PASTO *Melinis repens* (WILLD.) ZIZKA.

STRATEGIES EVALUATION FOR CONTROL OF *Melinis repens* (WILLD.) ZIZKA.

Abraham Díaz Romo^{1*}, Carlos Urban Haubi Segura¹

¹Universidad Autónoma de Aguascalientes. Centro de Ciencias Agropecuarias. Av.
Universidad 940. Cd. Universitaria. Aguascalientes, Ags. C.P. 20131.

*adiazr@correo.uaa.mx

RESUMEN

Melinis repens es una gramínea introducida que invade agostaderos en zonas semiáridas, donde sustituye a los pastos nativos y altera la biodiversidad de los ecosistemas. El objetivo de este trabajo fue evaluar distintos métodos para controlar esta especie y restaurar una especie de gramínea nativa. El estudio se realizó en un sitio de matorral, de clima semiseco templado (BS1k). Los suelos son someros, pedregosos y con pendiente de 21%. La cobertura vegetal basal está dominada por *M. repens*. Se aplicaron cinco tratamientos: Testigo sin ningún tratamiento, Corte con máquina desmalezadora de hilo, herbicida Glifosato, herbicida Setoxidim y Extracción manual. También se aplicó semilla de pasto nativo *Bouteloua curtipendula* a todos los tratamientos. Al final de la época de crecimiento, se evaluó la cobertura basal. Se volvieron a aplicar los tratamientos en un segundo año. En el primer año, la cobertura de *M. repens* en el tratamiento Testigo resultó mayor del 61%, en los tratamientos de Setoxidim y de Corte fue alrededor de 50%, en el de Glifosato fue 41%, mientras que en el de Extracción un 32%. En el segundo año la cobertura de pasto rosado fue 53% para el Testigo, Setoxidim 45%, Corte 41%, Extracción 17% y Glifosato 0%. La aplicación de los tratamientos no fue muy efectiva en el control del pasto invasor, ni en aumentar la cobertura del pasto nativo.

Palabras clave: *Rhynchelytrum repens*, cobertura basal, Glifosato, Setoxidim, corte, extracción manual

ABSTRACT

Melinis repens is an introduced grass that invades rangelands of semiarid zones, replacing native grasses and altering the biodiversity of ecosystems. The objective of this work was to evaluate different methods to control this species and achieve the restoration of a native grass. The study was conducted in a shrubland site, with temperate semi-dry climate (BS1k). The soils are shallow and rocky, with a slope of 21%. The basal vegetation cover is dominated by *M. repens*. Five treatments were applied: Control with no treatment to invader grass; Cutting with a thread weeding machine; Glyphosate herbicide; Sethoxydim herbicide and manual Extraction. Also, it was applied native grass *Bouteloua curtipendula* seed to all treatments. At the end of the growing season, the basal cover was evaluated. All treatments

were applied in a second year too. At the first year, the cover of *M. repens* in the Control treatment was greater than 61%, in the Sethoxydim herbicide and Cutting treatments it was around 50%, in the Glyphosate treatment it was 41%, while in the Extraction it was 32%. In the second year, the cover for natal grass was 53% for the Control treatment, 45% for Setoxidim, 41% for Cutting, 17% for Extraction and 0% for Glyphosate. The application of the treatments was not very effective to decrease the cover of the invasive grass, nor to increase of the native grass.

INTRODUCCIÓN

En los pastizales de zonas áridas y semiáridas de Norteamérica se han introducido varias especies de gramíneas exóticas, las cuales, por su mejor adaptación a las condiciones ecológicas adversas, algunas se han convertido en invasoras (Williams y Baruch, 2000; Arriaga et al. 2004). Una de ellas es el zacate rosado *Melinis repens* (Willd.) Zizka, o *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb., la cual es originaria de África tropical y fue introducida en América desde los 1870's. Hoy en día se le considera una maleza de carácter global, con la capacidad de desarrollarse en una amplia variedad de ecosistemas, ambientes condiciones adversas, dominando las comunidades nativas y alterando los regímenes de fuego (Kaufman, 2012). En México es considerada una especie invasora de alto impacto a la biodiversidad, por lo que hay que determinar estrategias de manejo para evitar su expansión (March y Martínez, 2007). Esta gramínea es poco apetecida por el ganado en pastoreo, por lo que se desarrolla libremente y va sustituyendo a los pastos nativos.

Por otro lado, debido a su capacidad de colonizar suelos degradados se le ha propuesto como una especie útil para la restauración de ellos (Leteinturier et al., 2001; Yuan et al., 2006). Existe desacuerdo en cuanto al control de esta especie, ya que en muchos ranchos es el único forraje disponible y la única planta que protege el suelo (Melgoza et al., 2014). Este pasto tiene una alta producción de semilla aún en condiciones de sequía, la cual presenta latencia, lo que le permite tener un buen banco de semilla en el suelo (Díaz et al., 2012). Por otra parte, el fuego no se considera una buena alternativa para su control, ya que no afecta el banco de semillas e incluso se mejora la producción y calidad del forraje después de la quema (Melgoza et al., 2014; Flores et al., 2016). Se recomienda para el control de este pasto, eliminar todas las plantas ya establecidas antes de que produzcan semilla. La aplicación del herbicida Glifosato al 1-2% con surfactante da un buen control, pero hay que aplicarlo antes de la floración. El Imazapyr tiene buen control, pero no es selectivo y es muy residual en el suelo (Kaufman, 2012). Por otro lado, cualquier método de control debería considerar la resiembra de especies nativas para que el suelo no quede descubierto y se vuelva a reinfestar, así como para no aumentar la erosión. Algunas de las especies nativas recomendadas para resembrar en la región son los pastos navajita *Bouteloua gracilis* y banderita *Bouteloua curtipendula* (Espinoza et al. 2000). El objetivo de este trabajo fue evaluar distintos métodos para controlar el pasto *Melinis repens* y disminuir su cobertura, así como aumentar la

cobertura de *Bouteloua curtipéndula* en un sitio de matorral semiárido de Aguascalientes, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un área de matorral ubicada en Jesús María, Aguascalientes, México, en las coordenadas 21.9720 N y 102.3770 W, a 1976 msnm. El clima es de tipo semiseco templado (BS1k), con precipitación promedio de 500 mm anuales, principalmente de junio a septiembre. Los suelos son tipo Feozem, en una ladera con pendiente de 21%, someros y pedregosos. La vegetación es principalmente de tipo matorral subtropical o semidesértico, con manchones de pastizal. Este predio estuvo sujeto a sobrepastoreo, pero desde el año de 2012 se ha excluido de pastoreo. Actualmente se presenta una alta cobertura vegetal del suelo, pero principalmente de pasto rosado, el cual ha aumentado su población sobre las gramíneas nativas (Díaz et al., 2018).

Se trazaron unidades experimentales de 5m x 5m con tres repeticiones para cada tratamiento, distribuidas en forma completamente aleatoria. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

a) Testigo sin ningún control del pasto rosado. b) Corte del pasto al ras del suelo con desmalezadora de hilo. El corte se realizó cada quince días durante la época de crecimiento de con el fin de no permitir al pasto crecer, debilitarlo y que no produzca semilla. c) Aplicación de herbicida Glifosato a razón de 20 ml de producto comercial (360 g/l i.a.) más 5 ml de aditivo agrícola más agua hasta completar 1.5lt, para cada unidad experimental de 25m². Esto equivale a 8 lt/ha de producto comercial o 2.88 kg/ha i.a. Esta es la dosis más alta recomendada en la etiqueta del producto. Lo anterior a principios de julio de 2018 cuando el pasto ya tenía follaje verde. d) Aplicación de herbicida Setoxidim, 7.5 ml de producto comercial (184 g/l i.a.) más 5ml de aditivo agrícola más agua hasta completar 1.5lt, para cada unidad experimental. Esto equivale a 3 lt/ha de producto comercial o 0.552 kg/ha i.a., la dosis más alta recomendada en la etiqueta. Los herbicidas se aplicaron mediante aspersora manual, a principios de julio de 2018. e) Extracción manual del pasto rosado. Se realizó a mediados de julio, con suelo húmedo y el pasto con un buen desarrollo para poder extraerlo de raíz.

Al inicio de la época de lluvias en junio de 2019 se aplicó semilla de pasto nativo a todos los tratamientos, con el fin de restablecer esta especie. Se utilizó semilla de *B. curtipéndula* producida en el mismo predio. Se aplicó una dosis de 5g/m² de semilla. Previamente se realizó una prueba de germinación, encontrándose que tenía 100 semillas viables por gramo; por lo tanto, se aplicaron un promedio de 500 semillas viables por m². Al final de la época de crecimiento (octubre 2019), se evaluó la cobertura basal mediante el método de Intercepción en Línea modificado por puntos (Riojas-López et al. 2008). Se evaluó la cobertura de las diferentes especies de gramíneas, así como de materia orgánica, roca y suelo

desnudo. Se realizó un análisis de varianza para los distintos tratamientos, seguido de prueba de medias de Tukey.

Debido a que no se consiguió un control efectivo del pasto rosado, se volvieron a aplicar los mismos tratamientos y evaluaciones durante el año de 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para 2019, el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($P < 0.001$), excepto para la cobertura de roca y de *Bouteloua* spp. (Cuadro 1). En el Testigo se presentó una cobertura de pasto rosado mayor del 61%, mientras que en los tratamientos de herbicida Setoxidim y de Corte fue alrededor de 50%. El tratamiento de herbicida Glifosato presentó una cobertura de 41%, mientras que el de Extracción del pasto presentó la menor cobertura con un 32%. Este tratamiento presentó el mejor control, pero es muy laborioso y tardado y no es 100% efectivo, ya que no todas las plantas se pueden extraer totalmente de raíz, quedando partes que vuelven a rebrotar. Aplicarlo en grandes superficies es impráctico. Pero se tiene la ventaja que no causa daño a las especies deseables. En terrenos más planos, con buena profundidad, este pasto se puede controlar mediante las labores agrícolas. Otro factor que puede estar influyendo es el abundante banco de semillas de este pasto en el suelo, debido a la alta producción (Díaz et al., 2012) y a los varios años que tiene invadiendo el sitio.

Los herbicidas presentaron un control parcial a pesar de que se usaron las dosis más altas indicadas por las etiquetas de los productos, pero no son recomendaciones específicas para el pasto rosado.

Cuadro 1. Promedios de cobertura basal del suelo (%) en los tratamientos de control de *M. repens* en 2019.

Tratamiento	Materia orgánica	Suelo desnudo	Roca	<i>Melinis repens</i>	<i>Bouteloua spp.</i>	Cobertura Vegetal
Testigo	31.4 b	2.6 c	3.2	61.5 a	0.0	62.8 a
Corte	19.6 c	21.5 b	8.0	49.2 b	1.6	50.8 b
Extracción	16.0 c	43.8 a	6.7	32.3 d	1.3	33.6 c
Glifosato	42.0 a	10.5 c	6.1	41.4 c	0.0	41.4 c
Setoxidim	40.9 a	2.5 c	3.8	51.4 b	1.3	52.7 b
Error estándar	1.7	2.1	2.1	1.5	0.6	2.0

Literales diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey $P < 0.05$)

Quizá sea necesario estudiar mayores dosis, varias aplicaciones, o su combinación con otros tratamientos como corte o pastoreo intensivo, quema, etc. Sin embargo, siempre se tiene el inconveniente de los daños colaterales a otras plantas deseables, o inclusive el daño a la salud humana, como la controversia que existe actualmente en cuanto al Glifosato (Martin, 2020). En cuanto a cobertura de materia orgánica se observó un mayor porcentaje en los tratamientos con herbicidas (más de 40%), mientras que en los de Corte y Extracción ocurrieron los más bajos (menos de 16%). Esto es consecuencia de la muerte de plantas ocasionada por los herbicidas y que el material quedó sobre el suelo, mientras que en los otros tratamientos se extrajo el material. Esto concuerda con los resultados obtenidos para suelo desnudo, que fueron mayores para los tratamientos de Extracción y de Corte, y menores (2.5%) para el Testigo y el Setoxidim. Esto pone de manifiesto el potencial de esta gramínea para contribuir a la conservación del suelo.

Por otra parte, se pudo observar que la cobertura de especies nativas fue insignificante. Se encontraron especies como *B. repens*, *B. gracilis*, *B. curtipéndula* y *Heteropogon contortus*, pero con cobertura menor a 1% en la mayoría de las repeticiones. Las plantas encontradas fueron plantas maduras, no se observaron plantas nativas establecidas recientemente a partir de la aplicación de semilla que se hizo. Cabe señalar que las lluvias estuvieron escasas y erráticas en la zona, con solo 388 mm que cayeron de junio a septiembre. Esto, aunado a las características adversas del suelo (mucho pendiente, suelo muy somero y pedregoso), así como a la imposibilidad de preparar una cama de siembra apropiada, disminuyen las posibilidades de establecimiento de la gramínea nativa (Jurado-Guerra et al., 2021). Es necesario idear y evaluar otros métodos para lograr el establecimiento de pastos nativos en estas condiciones adversas, tales como el trasplante o el impacto animal por medio del pastoreo ultraintensivo.

La cobertura vegetal tuvo un comportamiento muy similar a la cobertura de *M. repens*, ya que este es el principal componente de la vegetación. La cobertura de roca no presentó diferencias significativas, con valores de 3 a 8 %.

En el Cuadro 2 se presentan las evaluaciones de cobertura realizadas en 2020. Se puede observar que la cobertura del pasto rosado fue menor que el año anterior, especialmente el tratamiento de Glifosato que mostró un control total de pasto *M. repens*. Sin embargo, es necesario volver a evaluar la cobertura en años posteriores para ver si no se tienen rebrotes o renacimiento de este pasto, ya que, por la población de los alrededores, existe alta producción y migración de semillas que reinvasen. El segundo tratamiento con mejor control fue el de Extracción, que sin embargo no presentó un control total. Los tratamientos de Corte y herbicida Setoxidim presentaron alta cobertura de pasto rosado, sólo un poco menor que el Testigo.

Cuadro 2. Promedios de cobertura basal del suelo (%) en los diferentes tratamientos en 2020
 Tratamiento Materia orgánica Suelo desnudo Roca *Melinis repens* *Bouteloua* sp.

Tratamiento	Materia orgánica	Suelo desnudo	Roca	<i>Melinis repens</i>	<i>Bouteloua</i> sp.	Cobertura Vegetal
Testigo	37.8 b	1.4 c	4.4 b	53.4 a	1.4	56.3 a
Corte	14.3 c	33.3 b	9.5 ab	41.4 b	0.5	42.9 b
Extracción	5.8 d	50.5 a	18.8 a	19.8 c	1.8	22.0 c
Glifosato	59.8 a	30.7 b	9.5 a b	0.0 d	0.0	0.0 d
Setoxidim	42.5 b	6.3 c	5.8 b	45.0 b	0.5	45.5 b

En cuanto a cobertura de materia orgánica el tratamiento de Glifosato presentó mayor porcentaje, debido a la muerte ocasionada a las plantas, quedando esta materia sobre el suelo. El tratamiento con menor cobertura fue el de Extracción, lo cual implica que estará más susceptible a la erosión, especialmente porque al remover las plantas con raíz se afloja el suelo, aunado a que no se estableció el pastos nativo. El tratamiento Setoxidim presentó una alta cobertura, lo cual implica que casi no controló al pasto rosado, siendo estadísticamente similar al Corte. Al igual que en 2019, no se encontró establecimiento de pastos nativos que sustituyan al pasto invasor.

CONCLUSIONES

El tratamiento que resultó más efectivo para el control del pasto rosado fue el de herbicida Glifosato. Sin embargo, al no establecerse las especies nativas, el suelo queda descubierto y sujeto a erosión. El herbicida Setoxidim, así como el Corte intensivo no resultaron efectivos en el control de este pasto, en las condiciones de este estudio. La extracción manual presentó un buen control del pasto, sin embargo, requiere mucho trabajo y provoca erosión al aflojar el suelo. La simple aplicación de semilla de especies nativas no permitió su establecimiento, en las condiciones que presenta el sitio de estudio. Otra alternativa sería la utilización y manejo del pasto rosado, en vez de controlarlo, y aprovechar sus cualidades para controlar la erosión.

LITERATURA CITADA

- Arriaga L., A. Castellanos, E. Moreno y J. Alarcón. 2004. Potential ecological distribution of alien invasive species and risk assessment: a case study of buffel grass in arid regions of México. *Cons. Biol.* 18(6):1504-1514.
- Kaufman S. 2012. *Melinis repens*. In: *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. Consultado 20 de octubre 2022.
<https://www.cabi.org/isc/datasheet/116730#tosummaryOfInvasiveness>

- Díaz R. A., E. Flores, A. De Luna, J. J. Luna, J. T. Frías, V. Olalde. 2012. Biomasa aérea, cantidad y calidad de semilla de *Melinis repens* (Willd.) Zizka en Aguascalientes, México. *Rev Mex. Cienc. Pecu.* 3(1):33-47.
- Díaz R. A., E. Flores A., J. A. Torres G. y C. U. Haubi S. 2018. Evaluación de recursos vegetales en Arroyo Seco, Jesús María, Ags. Resúmenes del 19° Seminario de Investigación. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags. p 265. Consultado 14 de octubre 2022. https://investigacion.uaa.mx/seminario/memoria_abstracts/Memoria_19seminario_2018.pdf
- Espinoza C. J. M., J. L. Ramos G. y L. H. Maciel P. 2000. Recuperación de Agostaderos en Aguascalientes. INIFAP-Pabellón. Folleto Técnico Núm. 15.
- Flores A. E., M. Luna L., C. Haubi S., A. Díaz R. y J. J. Luna R. 2016. Efecto del fuego en producción y calidad de zacate rosado en Aguascalientes. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 7(6):1271-1281.
- Jurado-Guerra P., M. Velázquez-Martínez, R. A. Sánchez-Gutiérrez, A. Álvarez-Holguín, P. A. Domínguez-Martínez, R. Gutiérrez-Luna, R. D. Garza-Cedillo, M. Luna-Luna y M. G. Chávez-Ruiz. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Rev Mex Cienc Pecu*;12(Supl 3):261-285
- Leteinturier B, J. Laroche, J. Matera, y F. Malaisse. 2001. Reclamation of lead/zinc processing wastes at Kabwe, Zambia: a phytogeochemical approach. *South African Journal of Science.* 97 (11-12): 624-627.
- March M. I. J y J. Martínez M. 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. IMTA, CONABIO, GECI, Arid América. The Nature Conservancy. México.
- Martin R., E. 2020. Antología toxicológica del glifosato. 5a ed. Consultado 14 de Octubre 2022. <https://surcosdigital.com/wp-content/uploads/2020/04/Antologia-toxicol%C3%B3gica-del-glifosato-5-ed.pdf>
- Melgoza C. A., M. I. Balandrán V., R. Mata G. y C. Pinedo A. 2014. Biología del pasto rosado *Melinis repens* (Willd.) e implicaciones para su aprovechamiento o control. Revisión. *Rev. Mex. Cien. Pecu.* 5(4): 429-442.
- Riojas-López, M.E., E. Mellink y J. Bojorquez M. 2008. Métodos básicos para el muestreo de vegetación y vertebrados terrestres, con énfasis en la región de Los llanos de Ojuelos. Universidad de Guadalajara. 119 p.
- Williams, D. G. y Z. Baruch. 2000. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biol. Inv.* 2:123-140.
- Yuan J. G., W. W. Fang, L. Fan, Y Chen, D. Q. Wang, Z. Y. Yang. 2006. Soil formation and vegetation establishment on the cliff face of abandoned quarries in the early stages of natural colonization. *Rest. Ecol.* 14(3):349-356.

EFFECTOS POST QUEMA EN MATORRAL DESÉRTICO MICRÓFILO Y ROSETÓFILO EN LA SIERRA MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA.

POST BURNING EFFECTS IN MICROPHILOUS AND ROSETOPHILOUS DESERT SCRUBLAND IN SIERRA DE MADERAS DEL CARMEN, OCAMPO, COAHUILA.

Diana Nayeli Betancourt García¹, Carlos Enrique Aguirre-Calderón¹, José Javier Espinoza Ochoa², Nancy Yuliana González Amézquita¹, Arnulfo Hernández Morales², Jonás Delgadillo Villalobos³, Julio Alberto Carrera Treviño²

¹ Instituto Tecnológico de El Salto; ² Área de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen, Coahuila - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas; ³ Reserva Natural El Carmen CEMEX, Coahuila.

RESUMEN

El fuego es un componente natural necesario para el mantenimiento de algunos procesos en ecosistemas adaptados a él. Si bien en las zonas áridas de México las quemas prescritas tienen pocos antecedentes, esta práctica se lleva a cabo en varios países como una herramienta de apoyo a sus planes de manejo integral forestal. El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de las quemas prescritas (QP) sobre la diversidad y riqueza en matorral micrófilo y rosetófilo, así como la similitud en la composición vegetal post quema. El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural El Carmen, ubicada dentro del Área Natural Protegida Maderas del Carmen, Coahuila. La QP se efectuó en la primavera de 2022 (marzo) y las evaluaciones se llevaron a cabo seis meses después en el otoño temprano (octubre), posterior a la temporada de lluvias. Se evaluaron áreas sujetas a quema prescrita (QP; n=23), y áreas sin tratamiento (ST; n=23). Las QP promovieron un incremento en el número de especies de pastos y una disminución en las especies arbustivas; el porcentaje de similitud en el estrato herbáceo entre tratamientos (QP vs ST) fue de 41%. Especies de arbustos con buen valor forrajero como *Guaiacum angustifolium* y *Atriplex canescens* mostraron sensibilidad a las QP al estar ausentes de esas áreas. Las condiciones ambientales y el manejo del hábitat influyeron en el corto plazo en la composición del paisaje (59% disimilitud) y una tendencia a pasar de matorral desértico a pastizal-matorral.

Palabras clave: Quema prescrita, diversidad, riqueza, matorral, pastizal.

ABSTRACT

Fire it's a natural component needed for the maintenance of some processes in adapted ecosystems. Prescribed fire (PF) has a scare background in arid lands of Mexico, such restoration technique has been implemented in many countries as a complementary tool for forestry management. The objective was to evaluate PF effects on diversity and richness in microphyllous and rosetophyllous scrublands, as well as similarity in plant communities

following fire. The study was taken place in El Carmen Natural Reserve wich is located inside of the Maderas del Carmen Natural Protected Area in Coahuila. PF took place in spring 2022 (March), and evaluations were made six months later in early fall (October), following rain season. Areas subject to prescribed burning (QP; n=23), and areas without treatment (WT; n=23) were evaluated. PF promoted an increment of herbaceous strata richness, and a decrement in shrub strata, similarity percentage between treatments was about 41%. Good forage value in some shrubs such as *Guaiacum angustifolium*, and *Atriplex canescens* seems to be more sensitive to PF because it's absence in those sites. Weather conditions, and habitat management influenced the landscape compositions in the short term (59% dissimilarity), and a trend to move from desert schrubland to grassland-scrubland.

Keywords: Prescribed fire, diversity, richness, scrubland, grassland.

INTRODUCCIÓN

El fuego es un elemento esencial y natural en el funcionamiento de numerosos ecosistemas forestales y uno de los elementos naturales que ha influido en las comunidades vegetales a lo largo del tiempo, y como proceso natural cumple una función importante para mantener la salud de determinados ecosistemas (Nasi et al., 2002). El fuego ha sido un factor ambiental presente desde siempre en numerosos pastizales de nuestro planeta; por lo que ha modelado la estructura de la vegetación, favoreciendo y manteniendo su diversidad y estabilidad (Casillo et al., 2013). Las quemas prescritas son la condición del fuego en combustibles forestales, bajo condiciones ambientales predeterminadas (combustibles, tiempo atmosférico y topografía) sobre un área confinada, de tal manera que el fuego tenga un comportamiento deseado, y que permita alcanzar los objetivos que se requieren para obtener información relevante acerca de su riqueza vegetal antes y después de haber aplicado fuego, y así conocer su importancia ecológica en la zona (Grace y Keeley, 2006). Las quemas prescritas tienen diversas utilidades, como abatimiento del peligro de incendio, reducción de residuos de aprovechamiento forestal, se favorece la regeneración o se prepara al sitio para la reforestación, mejoran el hábitat de la fauna silvestre, se promueve el forraje para pastoreo, se mejoran estética y acceso o se usan para el control de especies invasoras (Holmes et al., 2011). La quema prescrita es una herramienta práctica y económica utilizada en la conservación y mejoramiento del recurso forestal en México, los casos de aplicación de las quemas controladas son pocos, ya que se desconocen los efectos del fuego en los ecosistemas forestales (Flores y Benavides, 2020). Por ello, los objetivos de este estudio fueron: 1) evaluar los cambios en la diversidad y riqueza en áreas de matorral desértico tratadas con fuego mediante quema prescrita vs áreas sin fuego, 2) determinar el índice de similitud entre las comunidades vegetales en áreas testigo y en áreas sujetas a restauración mediante quemas prescritas y 3) generar información que apoye la toma de decisiones en la programación de las diversas actividades encaminadas al manejo del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural El Carmen CEMEX, que cubre una superficie de 130,743.06 ha en los municipios de Ocampo, Múzquiz y Acuña, en el estado de Coahuila. Se ubica entre las coordenadas 29°22'45" y 28°42'21" N; 102°56'23" y 102°21'08" O; a una altitud promedio de 1180 m. Esta es una reserva privada ubicada dentro de los polígonos de las Áreas de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen y Ocampo.

El tipo de vegetación predominante en el área de estudio es el matorral desértico, dominando el subtipo rosetófilo, el cual está representado principalmente por *Agave lechuguilla*, *Yucca spp*, *Hechthia texensis* y *Dasyilirion leiophillum*; y el subtipo micrófilo, donde las especies más representativas son *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Parthenium incanum* y *Prosopis glandulosa*; acompañadas en el estrato herbáceo por especies de zacates de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Heteropogon* y *Digitaria*, entre otros (Ochoa et al, 2017).

Tratamientos

Se evaluaron áreas sujetas a quema prescrita (QP; n= 23) y áreas sin tratamiento (ST; n=23). Para ambas áreas se establecieron parcelas rectangulares con un arreglo sistemático, con separaciones mínimas de 200 m entre cada sitio de muestreo. La superficie total en el área de estudio sujeta a QP fue de 189.61 ha, en la cual se realizaron dos quemas (sitios: Línea General-LG- y Morteros-Mo-). En las parcelas correspondientes a las QP se construyeron brechas cortafuego de 4 m de ancho y 3 km de largo, con el fin de que el fuego no sobrepasara las áreas establecidas. La QP se llevó a cabo al inicio de la primavera (marzo) de 2022. La técnica de quema utilizada fue ignición directa en franjas, que consiste en realizar las quemas en contra del viento. Los ST fueron establecidos en áreas adyacentes a las unidades de quema.

Evaluación de la vegetación

Los sitios de muestreo para la evaluación de la vegetación arbustiva fueron parcelas circulares de 452.39 m²; dividiendo en cuatro cuadrantes iniciando con el rumbo norte. Para el estrato herbáceo se utilizó el método de cuadrantes (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974), colocando cada cuadrante de 1 m² en cada uno de los puntos cardinales (Figura 1). Las variables evaluadas en el estrato arbustivo fueron número de especies y número de individuos de cada especie; de cada especie se seleccionaron 5 individuos al azar a los que se les midió la altura total y el diámetro de copa. En el estrato herbáceo se determinó el número de especies y el número de individuos de cada especie; de cada especie se seleccionaron 5 individuos al azar a los que se les midió la altura total.

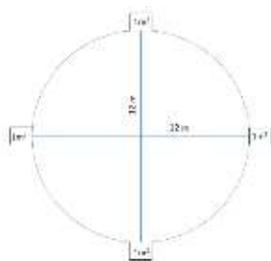


Figura 7. Diseño de muestreo

Estadísticos utilizados

Para determinar la riqueza se utilizó el índice Margalef y la riqueza específica que se refiere al número de especies encontradas. Para determinar la diversidad se utilizó el índice de Shannon (H'), que mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población. Para determinar la similitud se utilizó el índice de Sorensen cuantitativo y cualitativo, que es un estadístico utilizado para comparar la similitud de dos muestras.

Se registró información dasométrica de altura, diámetro y cobertura de copa para determinar las variables estructurales de cobertura, densidad, densidad relativa, dominancia, dominancia relativa, frecuencia, frecuencia relativa e Índice de Valor de Importancia, así como la estimación del índice de riqueza de Margalef y el índice de diversidad de Shannon-Wiener.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza y diversidad

La riqueza total de especies en ambos tratamientos fue de 51; el número de especies identificadas fue muy similar (QP=38 especies y ST=37 especies). Existe un diferencial de riqueza de 11 especies en los ST, siendo menor la riqueza de herbáceas ($n=13$). Para QP aumentó el número de herbáceas ($n=16$) y disminuyó el número de arbustivas ($n=22$) demostrando un efecto de incremento de especies en el estrato herbáceo (Figura 2). El índice de Margalef sustenta lo anterior con una tendencia numérica acorde a la riqueza específica. Con relación a la diversidad se observa que las QP fomentan su incremento (Tabla 1).

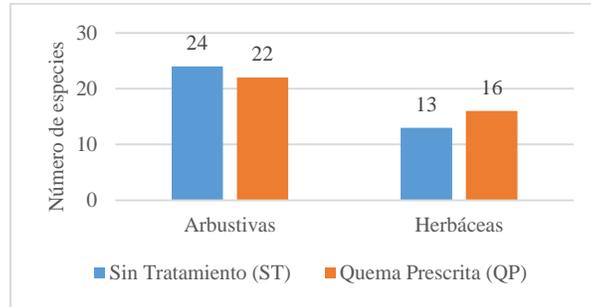


Figura 2. Riqueza de especies en los dos estratos en QP y ST

Tabla 1. Índices de diversidad y riqueza

Índice	Arbustivas ST	Arbustivas QP	Herbáceas ST	Herbáceas QP
Margalef	2.87	3.05	3.98	5.28
Shannon	1.86	2.04	2.27	2.08

En estudios llevados a cabo en ecosistemas áridos y semiáridos compuestos por pastos y arbustos se encontraron respuestas de incremento en abundancia de los pastos después del uso del fuego (Durigan et al., 2020), con una tendencia similar al presente estudio.

Similitud

De acuerdo al índice cuantitativo de Sorensen el estrato arbustivo tuvo un 70% de similitud entre tratamientos, mientras que para el estrato herbáceo la similitud fue de 41% (Figura 3). Esto indica que dadas las condiciones de manejo (uso de fuego y ausencia de pastoreo por ganado doméstico) la QP induce cambios significativos en el estrato herbáceo. Se identificaron 12 especies de zacates, de los cuales solo cuatro se encontraron en QP, destacando *Pappophorum bicolor* como la de mayor valor forrajero, las restantes seis especies de herbáceas están más relacionadas con malezas ruderales (Tabla 2). En los ST se notó la presencia de especies arbustivas como lechuguilla y candelilla, cuya estructura es normalmente dura y en el caso del guayacán y costilla de vaca que son especies de alto valor forrajero no estuvieron presentes en los sitios QP, lo que indica su vulnerabilidad al fuego (Tabla 3). En esta misma área de estudio, Ochoa et al. (2017) encontraron porcentajes de similitud entre 60 y 65% para las comunidades de matorral desértico, muy cercano a lo encontrado en este estudio.

El porcentaje de efectividad de las quemas fluctuó de 60 a 70% de su efectividad dando como resultado la aparición de nuevas especies.

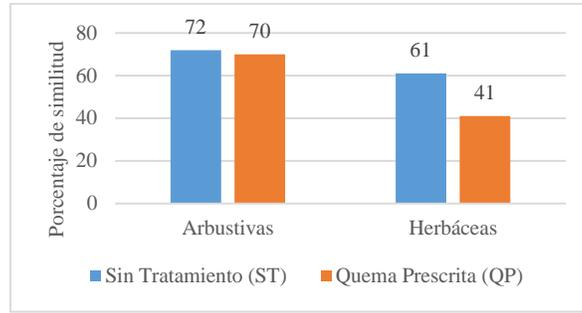


Figura 3. Porcentaje de similitud en los dos estratos en QP y ST

Tabla 2. Presencia/ausencia de especies herbáceas en los tratamientos

Especie	Especie	Especie
<i>Amaranthus hybridus</i> QP	<i>Pappophorum bicolor</i> QP	<i>Bouteloua gracilis</i> EC
<i>Aristida purpurea</i> QP	<i>Solanum obtusifolium</i> QP	<i>Bouteloua ramosa</i> EC
<i>Baileya multiradiata</i> QP	<i>Solanum triquetrum</i> QP	<i>Cenchrus ciliaris</i> EC
<i>Cevallia sinuata</i> QP	<i>Allionia choisyi</i> ST	<i>Dasyochloa pulchella</i> EC
<i>Eragrostis spp.</i> QP	<i>Sida procumbens</i> ST	<i>Digitaria californica</i> EC
<i>Euphorbia albomarginata</i> QP	<i>Bahia absinthifolia</i> EC	<i>Setaria leucopila</i> EC
<i>Heteropogon contortus</i> QP	<i>Bouteloua curtipendula</i> EC	<i>Sida abutifolia</i> EC
		<i>Tridens muticus</i> EC

QP: Especie presente solo en el tratamiento de quema prescrita. ST: Especie presente solo en el área sin tratamiento. EC: Especie compartida en las dos áreas evaluadas.

Tabla 3. Presencia/ausencia de especies arbustivas en los tratamientos

Especie	Especie	Especie
<i>Acacia amentacea</i> QP	<i>Jatropha dioica</i> ST	<i>Larrea tridentata</i> EC
<i>Chilopsis linearis</i> QP	<i>Krameria erecta</i> ST	<i>Leucophyllum minus</i> EC
<i>Ephedra trifurca</i> QP	<i>Acacia constricta</i> EC	<i>Opuntia leptocaulis</i> EC
<i>Mimosa biuncifera</i> QP	<i>Aloysia wrightii</i> EC	<i>Opuntia macrocentra</i> EC
<i>Rhus microphylla</i> QP	<i>Celtis pallida</i> EC	<i>Parthenium argentatum</i> EC
<i>Agave lechuguilla</i> ST	<i>Condalia ericoides</i> EC	<i>Parthenium incanum</i> EC
<i>Atriplex canescens</i> ST	<i>Dasyllirion leiophyllum</i> EC	<i>Prosopis glandulosa</i> EC
<i>Condalia warnokii</i> ST	<i>Flourensia cernua</i> EC	<i>Viguera stenoloba</i> EC
<i>Euphorbia antisiphylitica</i> ST	<i>Forestiera spp</i> EC	<i>Ziziphus obtusifolia</i> EC
<i>Guaiacum angustifolium</i> ST	<i>Fouquieria splendens</i> EC	

QP: Especie presente solo en el tratamiento de quema prescrita. ST: Especie presente solo en el área sin tratamiento. EC: Especie compartida en las dos áreas evaluadas.

CONCLUSIONES

El uso de fuego promovió cambios en la diversidad y riqueza, favoreciendo la proliferación de especies del estrato herbáceo. Los factores complementarios de ambiente y manejo del

sitio, como lo fueron una efectividad cercana al 70% en la quema, el acompañamiento de una sequía de casi 18 meses, seguida del retraso de la temporada de lluvias, influyeron considerablemente en los resultados obtenidos ya que la respuesta evaluada fue a corto plazo (seis meses post quema). En términos de cambios en el paisaje las QP modificaron la estructura del matorral desértico, migrándolo a una estructura de pastizal- matorral (59% disimilar).

LITERATURA CITADA

- Casillo, J., Di Giacomo, A. G., y Marino, G. D. 2013. Quemadas controladas en pastizales: una herramienta para el manejo de pastizales con fines productivos y conservacionistas. 1a ed. Fund. Vida Silvestre Argentina.
- Durigan, G., Pilon, A. L., Areu, R. C. R., Hoffmann, W. A., Martins, M., Fiorillo, B. F., Antunes, A. Z., Carmignotto, A. P., Maravalhas, J. B., Vieira, J., and Vasconcelos, H. L. 2020. No net loss of species diversity after prescribed fires in the Brazilian Savanna. *Front. For. Glob. Change* 3:13.
- Flores, G. J. G., y Benavides, J. D. S. 2020. Efecto de las de las quemadas prescritas sobre algunas características del suelo en un rodal de pino. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 20 (77):113-28.
- Grace, J. B and Keeley, J. E. 2006. A structural equation model analysis of postfire plant diversity in California Shrublands. *16 2*: 503-513.
- Holmes, K. A., Veblen, K. E., Berry, A. M., and Young, T. P. 2011. Effects of prescribed fires on young oak valley oak trees at a research restoration site in the central Valley of California. *Rest. Ecol.* 19: 118-125.
- Muller-Dombois, D. and Ellenberg, H. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. Inc. New York. USA. 547 p.
- Nasi, R., Dennis, E., Meijaard, G., Applegate y Moore, P. 2002. Los incendios forestales y la diversidad biológica. UNASYLVA. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales - Vol. 53 2002/2*. FAO.
- Ochoa, J. J., Cantú, C., Estrada, E., González, F., Uvalle, J., Jurado, E., Chapa, L., Meléndez, E., and Ortiz, E. 2017. Livestock effect on floristic composition and vegetation structure of two desert scrublands in northwest Coahuila, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 62(2):138-145.

POTENCIAL DE ESPECIES DE PASTOS PARA LA REHABILITACIÓN DE AGOSTADEROS DEGRADADOS EN BOSQUES TEMPLADOS

POTENTIAL OF GRASS SPECIES FOR THE REHABILITATION OF DEGRADED GRASSLANDS IN TEMPERATE FORESTS

Bertha Armas Camorlinga¹, Yuridiana Valente Fernández¹, Carlos Enrique Aguirre Calderón¹

¹ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto.

RESUMEN

Los pastizales naturales de bosques templados constituyen el recurso básico sobre el que se sustenta la ganadería extensiva de cría y recria del ganado vacuno. La falta de planificación del pastoreo ha generado la degradación de estos ecosistemas, por lo que es necesario estudiar especies con potencial para su rehabilitación. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de especies de zacates para la rehabilitación de agostaderos degradados en bosques de pino-encino. Se evaluaron bajo condiciones de temporal, cuatro especies de zacates para conocer su productividad en materia seca, cobertura total, valor de importancia ecológica y la capacidad de carga animal. Las evaluaciones se realizaron al final de la temporada de crecimiento, (octubre de 2022). La producción promedio de forraje en materia seca fue de 1,571 kg/ms/ha. De manera individual, *Panicum bulbosum* produjo 2,579 kg/ms/ha, *Pennisetum clandestinum* 1,705, *Piptochaetium fimbriatum* 1,057 y *Bromus anomalus* 942 kg/ms/ha. La cobertura total fue de 99.92%, participando el mantillo con un 17.17%, el restante 82.75% estuvo compuesto por los pastos evaluados y hierbas. La especie con mayor valor de importancia ecológica fue *P. fimbriatum* con 24.30%, seguido de *P. clandestinum*, hierbas, *P. bulbosum* y *B. anomalus* con 21.72, 21.72, 19.97 y 12.30% respectivamente. La capacidad de carga animal, considerando un 60% de factor de uso, fue de 0.19 UA/ha/año, es decir, 5.23 ha/UA/año. Las especies evaluadas muestran alta productividad y un alto valor ecológico, por lo que tienen un gran potencial para la rehabilitación de agostaderos degradados en los bosques templados.

Palabras clave: Productividad, cobertura, zacates, bosques templados.

ABSTRACT

The natural grasslands of temperate forests constitute the basic resource on which extensive cattle breeding and rearing of cattle is sustained. The lack of grazing planning has generated the degradation of these ecosystems, for which it is necessary to study species with potential for their rehabilitation. The objective of this study was to determine the potential of grass species for the rehabilitation of degraded pastures in pine-oak forests. Four species of grasses were evaluated under rainfed conditions to determine their productivity in dry matter, total

cover, value of ecological importance and animal carrying capacity. The evaluations were made at the end of the growing season (October 2022). The average forage production in dry matter was 1,571 kg/ms/ha. Individually, *Panicum bulbosum* produced 2,579 kg/ms/ha, *Pennisetum clandestinum* 1,705, *Piptochaetium fimbriatum* 1,057 and *Bromus anomalus* 942 kg/ms/ha. The total coverage was 99.92%, with mulch participating with 17.17%, the remaining 82.75% was composed of the evaluated grasses and herbs. The species with the highest ecological importance value was *P. fimbriatum* with 24.30%, followed by *P. clandestinum*, herbs, *P. bulbosum* and *B. anomalus* with 21.72, 21.72, 19.97 and 12.30%, respectively. The animal carrying capacity, considering a 60% use factor, was 0.19 AU/ha/year, that is, 5.23 ha/AU/year. The evaluated species show high productivity and high ecological value, so they have great potential for the rehabilitation of degraded rangelands in temperate forests.

Key words: Productivity, coverage, grasses, temperate forest.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales en los bosques de la Sierra Madre Occidental constituyen el recurso básico sobre el que se sustenta la ganadería extensiva de cría y recría del ganado vacuno. Los pastos nativos en áreas forestales son una fuente de alimento para el desarrollo y sostenimiento de la ganadería (Frost et al., 1990; Sluyter, 2001). La falta de planificación de los pastoreos ha generado la degradación de estos sistemas productivos (Sabattini et al., 2014). Considerando el deterioro de los pastizales en este ecosistema, el establecimiento de zacates adaptados es una alternativa para revertir dicho fenómeno, con el fin de aumentar la productividad del sistema y regular los servicios ecosistémicos. En México, a pesar de la importancia en la producción ganadera y en la prestación de servicios ecosistémicos, hay pocos trabajos en pastizales de bosques templados, en comparación con ecosistemas áridos, semiáridos y tropicales. El conocimiento de los cambios en la producción de forraje de pastos nativos en áreas forestales durante la estación de crecimiento, es una herramienta útil para un mejor aprovechamiento de los pastizales (Bernal-Flores, 2005). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar –bajo condiciones de temporal- cuatro especies de pastos adaptados a las condiciones del bosque templado. Tres de estas especies son nativas (*Panicum bulbosum*, *Piptochaetium fimbriatum* y *Bromus anomalus*) y *Pennisetum clandestinum*, una especie introducida que ha mostrado una alta adaptabilidad a las condiciones climáticas y edafológicas y actualmente se le encuentra mezclada de manera natural con las otras especies de zacates. El propósito es proponer alternativas para la rehabilitación de agostaderos degradados en este ecosistema de la Sierra Madre Occidental.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área se encuentra en el campo experimental del Instituto Tecnológico de El Salto, Durango, ubicado en las coordenadas 23° 47'00" N y 105° 22' 00" O, con una altitud 2620

m. El área cuenta con vegetación de bosque de pino-encino, con dominancia de *Pinus cooperi* en el estrato arbóreo. El clima es C(E)(W2) correspondiente a semifrío subhúmedo con temperaturas que oscilan entre -16.5 °C como mínima en el mes de diciembre, hasta los 33 °C en los meses de abril y mayo, con un régimen de precipitación media anual que varía de 500 a 1500 mm.

El área de estudio no ha estado sujeta a pastoreo desde hace al menos 10 años y está totalmente en condiciones de temporal, sin manejo de ningún tipo, de tal manera que las especies vegetales se desarrollan en condiciones naturales dentro del bosque.

Especies evaluadas

Se evaluaron tres especies nativas: *Piptochaetium fimbriatum*, *Panicum bulbosum* y *Bromus anomalus*, y una especie introducida (*Pennisetum clandestinum*) adaptada a las condiciones climáticas de la zona y que se encuentra mezclada con las especies nativas mencionadas.

Evaluación de la vegetación

Las variables evaluadas fueron: producción de materia seca, cobertura, frecuencia, densidad y valor de importancia ecológica. Para estimar la producción de forraje se utilizó el método de cuadrantes (Muller-Dombois y Ellenberg, 1974), colocando cada cuadrante de 1 m² al azar en el área (n=40), cortando el forraje al ras del suelo. La estimación de la producción de forraje se realizó para cada especie en las parcelas con predominancia de cada una de ellas, y la producción total en parcelas con las especies mezcladas. Cada una de las muestras se expuso al sol durante dos semanas para obtener el peso seco. Para obtener cobertura, frecuencia, densidad y valor de importancia ecológica de las especies evaluadas, se utilizó el método de intercepción en línea (Canfield, 1941), colocando en el área, de manera aleatoria, líneas de 10 m de longitud (n=26). La densidad se calculó con la inversa del ancho máximo de la especie por unidad del área entre longitud total del transecto. En el caso de las hierbas encontradas en las líneas, se agruparon en una sola categoría sin considerar género y especie. A partir de la cantidad total de forraje producido en materia seca, se realizó la estimación de la capacidad de carga animal, considerando un factor de uso del 60% (Esqueda et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de forraje

La producción promedio de forraje en materia seca fue de 1,571 kg ms ha⁻¹, (1283 – 1859; IC 95%). De manera individual, *Panicum bulbosum* produjo 2,579 kg ms ha⁻¹, (1983 - 3175; IC 95%); *Pennisetum clandestinum* 1,705 kg ms ha⁻¹, (1055 – 2357; IC 95%), *Piptochaetium fimbriatum* 1,057 kg ms ha⁻¹, (867 - 1248; IC 95%) y *Bromus anomalus* 942 kg ms ha⁻¹, (791 - 1093; IC 95%). El potencial de producción de estos zacates en agostaderos de bosques

templados no es muy diferente a la obtenida en variedades de pastos generados por INIFAP para las zonas semiáridas de México, donde Banderita Diana, Navajita Cecilia, Buffel Titán y Buffel Regio produjeron 1,850, 980, 2,120 y 2,590 kg ms ha⁻¹, respectivamente (Velázquez et al., 2015). Por su parte, Bernal Flores en bosque de pino-encino en el estado de México, con *Brachypodium mexicanum* y *P. fimbriatum*, obtuvo una productividad de 650 kg ms ha⁻¹, inferior a lo obtenido en este trabajo. En el caso de *Pennisetum clandestinum*, Gómez et al., (2014) obtuvieron 2,380 kg ms ha⁻¹, en Colombia, mientras que en Costa Rica el rendimiento obtenido por Villalobos (2013) fue de 3,517 kg ms ha⁻¹, lo que indica que es una especie que por su origen tropical, la producción en bosque templado es mucho menor, sin embargo ha mostrado su plena adaptación a estas áreas.

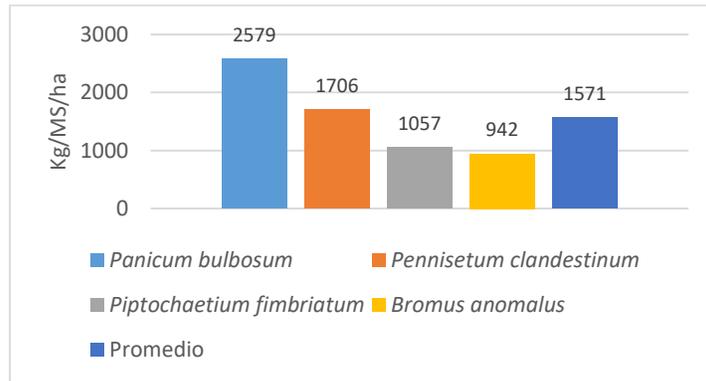


Figura 1. Producción materia seca en promedio y por especie

Cobertura total y por especie

La cobertura total fue de 99.92%, participando el mantillo con un 17.17%, el restante 82.75% estuvo compuesto por los pastos evaluados y hierbas.

La especie con mayor valor de importancia ecológica fue *P. fimbriatum* con 24.30%, seguido de *P. clandestinum*, hierbas, *P. bulbosum* y *B. anomalus* con 21.72, 21.72, 19.97 y 12.30% respectivamente.

Por su buena cobertura basal, estas especies ayudan a la retención y formación de suelos evitando la erosión, mantienen la fertilidad del suelo y permiten una buena percolación del agua hacia los mantos acuíferos. Las especies de hierbas encontradas están representadas principalmente por *Achillea millefolium*, *Bidens odorata*, *Achillea millefolium* y *Geranium rotundifolium*, entre otras.

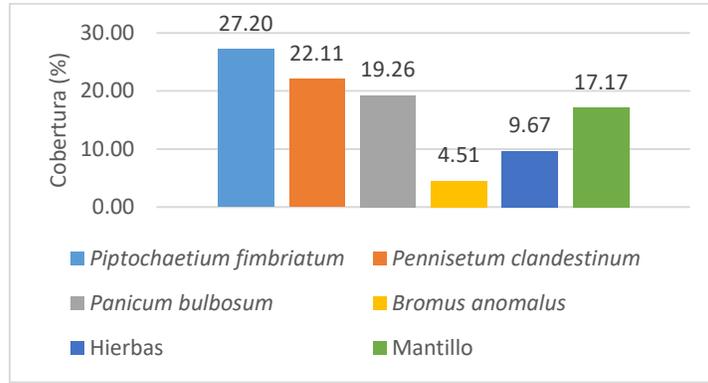


Figura 2. Cobertura basal por especie

Valor de importancia ecológica

En cuanto al Valor de Importancia Ecológica, *Piptochaetium fimbriatum* es la especie con el más alto valor con 24.3, y mayor contribución al área. *Bromus anomalus* tiene el valor más bajo con 12.3.

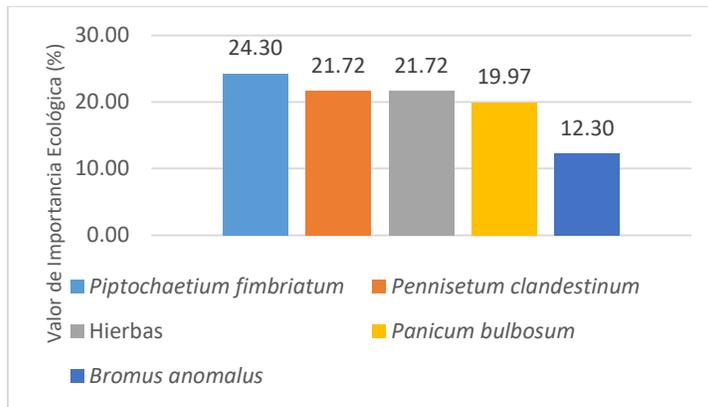


Figura 3. Valor de importancia ecológica de las especies

Capacidad de carga animal

La capacidad de carga animal, considerando un 60% de factor de uso fue de 0.19 UA/ha/año, es decir, 5.23 ha/UA/año. Las especies evaluadas muestran alta productividad y un alto valor ecológico, por lo que tienen un gran potencial para la rehabilitación de agostaderos degradados en los bosques templados. *P. fimbriatum* y *P. bulbosum* tienen una preferencia forrajera buena, *B. anomalus* excelente a buena, mientras que *P. clandestinum* excelente (Herrera y Pámanes, 2006)

CONCLUSIONES

Las especies evaluadas muestran un potencial de producción de forraje comparable a la producción obtenida en otros estudios, por lo que su establecimiento y manejo adecuado para las condiciones de los pastizales en bosques templados es altamente recomendable.

La cubierta vegetal basal y de mantillo proporcionada por las especies evaluadas garantiza el funcionamiento de los procesos ecológicos fundamentales de los ecosistemas como son el ciclo del agua, los ciclos biogeoquímicos (o de nutrientes), el flujo de energía y la dinámica de las comunidades.

El potencial de producción de forraje indica que se puede mantener una capacidad de carga semejante a ecosistemas de pastizal en zonas semiáridas de México.

Dado la alta variabilidad en los intervalos de confianza de producción de materia seca, es necesario incrementar el tamaño de muestra para reducir el margen de error.

La mezcla de semillas de las especies evaluadas, permitirá rehabilitar el pastizal en el que el banco de semillas se haya agotado.

LITERATURA CITADA

- Bernal-Flores, A., Hernández-Garay, A., Pérez-Pérez, J., Herrera-Haro, J. G., Martínez-Menes, M. y Dávalos-Flores, J. L. 2005. Patrón de crecimiento estacional de pastos nativos en un bosque de encino en el estado de México, México. *Agrociencia* 40: 39-47.
- Canfield, R. 1941. Application of the Line Interception Method in Sampling Range Vegetation. *J. Forestry*. 39: 388-349.
- Esqueda, M. H., E. E. Sosa, A. H. Chávez, F. Villanueva, M. J. Lara, M. H. Royo, J. S. Sierra, A. González, y S. Beltrán. 2011. Ajuste de carga animal en tierras de pastoreo. *Manual de carga*. 21-31p.
- Frost, W.E., N. K. McDougald, and M. W. Demment. 1990. Blue oak canopy effect on seasonal forage production and quality. In: *Proceedings of the Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management*. Davis, California, USA. pp: 307-311.
- Gómez, I. A.S., A. Silva, P., J. J. Salazar y J. Andrade G. 2014. Producción de materia seca y calidad del pasto kikuyo *P. clandestinum* en diferentes niveles de fertilización nitrogenada y en asocio con aliso *alnus acuminata* en el trópico alto colombiano. *Anais do 1º Simpósio Internacional de Arborização de Pastagens em Regiões Subtropicais*.
- Herrera, A. Y. y S. D. Pámanes, G. 2011. *Guía de pastos para el ganadero de Durango*. Artes Gráficas La Impresora. Durango, Dgo.
- Sluyter, A. 2001. Ganadería española y cambio ambiental en las tierras bajas tropicales de Veracruz, México. In: *Historia Ambiental de la Ganadería en México*. 1ª ed. Lucina Hernández (compiladora). IRD, Instituto de Ecología, Veracruz, México. A.C. pp: 25-40.
- Valles. E.A. 2009. Evaluación de distancias para obtención de cobertura de *Bouteloua hirsuta* en el municipio de Galeana, Nuevo León. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*. 37-40 p.
- Villalobos, L; Arce, J. y WingChing, R. 2013. Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon niemfuensis*), Kikuyo (*Kikuyuocios clandestina*) y Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica, *Agronomía Costarricense*, 37 (2): 91-103.

FORRAJE DE *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunt ex Walp. COMO FUENTE DE PROTEÍNA EN DIETA ENERGÉTICA DE BOVINOS EN PASTOREO

Gliricidia sepium (Jacq.) Kunt ex Walp. FORAGE AS A SOURCE OF PROTEIN IN THE ENERGY DIET OF GRAZING CATTLE

Pedro Pablo Vidal Rodríguez¹, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar², Francisco Meléndez Nava³, Isidro López Noverola³

¹ Unidad Académica de Agronomía. Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco; ² Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco – INIFAP; ³ Unidad Académica de Zootecnia. Universidad Popular de la Chontalpa, Cárdenas, Tabasco.

RESUMEN

El objetivo fue determinar el efecto de incluir proteína de hojas secas trituradas de Cocoíte (*Gliricidia sepium*) en dietas a base de maíz molido sobre la ganancia de peso de novillonas en pastoreo. Se formaron dos grupos homogéneos en peso de 5 novillonas y se asignaron a dos tratamientos en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones. El tratamiento 1 (T1) fue la dieta base de maíz molido (95.5%), melaza (2.5%), urea (0.5%) y minerales (1.5%). El tratamiento 2 (T2) fue maíz molido (85.5%) hojas secas trituradas de Cocoíte (10%), melaza (2.5%), urea (0.5%) y minerales (1.5%). Se evaluó el rendimiento de materia seca (RMS), ganancia de peso total y diaria de los animales y conversión alimenticia. El estudio finalizó después de 84 días de pastoreo alterno en praderas mixtas Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) con Humidicola (*B. humidicola*). El RMS varió de 4013 kg ha⁻¹ del 8 de septiembre del T2, a 6363 kg ha⁻¹ del 29 de septiembre del T1. Los pastos Chontalpo, Humidicola y los ingredientes de las dietas Cocoíte y maíz, registraron 105, 78, 78 y 255 g kg⁻¹MS de proteína, respectivamente. Cocoíte fue superior en minerales, principalmente en Ca con 11.8, 13 g kg⁻¹MS más, con respecto a Chontalpo y Humidicola. Con la dieta del T2 hubo una ganancia de 250 g más por día en las novillonas, que la registrada en T1, y conversión de alimento favorable en T2 que en T1 con índices 2.14 y 2.81, respectivamente.

Palabras clave: *Gliricidia sepium*, proteína, ganancia de peso vivo, pastoreo, conversión alimenticia.

ABSTRACT

The objective was to determine the effect of including protein from crushed dry leaves of Cocoíte (*Gliricidia sepium*) in diets based on ground corn on the weight gain of grazing heifers. Two homogeneous weight groups of 5 heifers were formed and assigned to two treatments in a completely randomized design with 5 repetitions. Treatment 1 (T1) was the base diet of ground corn (95.5%), molasses (2.5%), urea (0.5%) and minerals (1.5%). Treatment 2 (T2) was ground corn (85.5%), crushed dry Cocoíte leaves (10%), molasses (2.5%), urea (0.5%) and minerals (1.5%). The dry matter yield (RMS), total and daily weight

gain of the animals and feed conversion were evaluated. The study ended after 84 days of alternate grazing in Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) mixed meadows with Humidicola (*B. humidicola*). The RMS varied from 4013 kg ha⁻¹ on September 8 of T2, to 6363 kg ha⁻¹ on September 29 of T1. The grasses Chontalpo, Humidicola and the ingredients of the Cocoíte and maize diets registered 105, 78, 78 and 255 g kg⁻¹MS of protein, respectively. Cocoíte was superior in minerals, mainly in Ca with 11.8, 13 g kg⁻¹MS more, with respect to Chontalpo and Humidicola. With the T2 diet there was a gain of 250 g more per day in the heifers, than that recorded in T1, in addition to a favorable feed conversion for T2 than for T1 with indices of 2.14 and 2.81, respectively.

Keywords: *Gliricidia sepium*, protein, live weight gain, grazing, feed conversión

INTRODUCCIÓN

En el sistema vaca-cría, el becerro es la principal fuente de ingresos. La rentabilidad se basa en producir más becerros en el mayor número de vacas y a menor edad al primer parto. A temprana edad al parto, se aumenta la carga animal de vacas productivas y el ingreso económico del ganadero. La alimentación, es el principal factor para que las hembras alcancen a temprana edad el peso mínimo de 300 o 320 kg, para su primer empadre. Sin embargo, los pastos tropicales son bajos en proteína con 4 a 12% (Juárez *et al.*, 2011). Por ello, el ganado debe ser suplementado con alimento rico en proteína. La soya, es fuente de proteína más utilizada en los concentrados, pero su costo es elevado. Las leguminosas tropicales forrajeras, tienen de 2 a 3 veces más proteína que las gramíneas forrajeras (García *et al.*, 2015). Una leguminosa arbórea con alta presencia en México, es el Cocoíte (*Gliricidia sepium*), con 18 al 30% de proteína en sus hojas (Canul *et al.*, 2018). Hay investigaciones que tienen en común el uso de hojas deshidratadas de Cocoíte (en más de 30% de la dieta) como fuente de proteína; sin embargo, difieren en resultados de producción de carne y leche (Castellón y Elías, 2015; Gunasekarán *et al.*, 2017). Como alternativa, se sugiere el uso de: *i*) urea para incrementar la población microbiana del rumen (gracias a su altos aporte de N), y así mejorar la degradación y aprovechamiento del Cocoíte (Huyghe y Delaby, 2013); y, *ii*) menos de 30% de Cocoíte deshidratado en la dieta base, para evitar pérdida de gustocidad a causa de taninos condensados en hojas (Romero *et al.*, 2000). El objetivo fue evaluar el efecto de complementar una dieta a base de maíz-urea con hojas de *Gliricidia sepium* deshidratadas, en la ganancia de peso y en la conversión de alimento de novillonas en pastoreo de una asociación *Brachiaria decumbens* – *B. humidicola*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho KARIGA SPR de RL, en el municipio de Huimanguillo, Tabasco (93° 28' 19.34" LW y 17° 41' 31.59" LN), con duración de 84 días, del 07 de julio al 29 de septiembre 2021. Se cubrió la época de lluvias caracterizada por altas precipitaciones y temperaturas elevadas. Suelo con pH de 4.6, 5% de materia orgánica, 0.17% de nitrógeno, 5.38 mg kg⁻¹ de fósforo y 0.11 cmol kg⁻¹ de potasio y textura franco-arcillo-arenoso. La

precipitación promedio fue de 133 mm, temperatura mínima y máxima de 22°C y 34°C, respectivamente. Se emplearon 10 novillonas Brangus rojo con edad de 18 meses (± 2.5 meses) y peso de 267.5 kg (± 18.2 kg), que pastaban praderas mixtas de Chontalpo (*Brachiaria decumbens*) con Humidícola (*Brachiaria humidicola*). Las novillonas se pesaron y se formaron dos grupos homogéneos por peso. Estos grupos fueron aleatoriamente asignados a dos tratamientos; Tratamiento 1 (Dieta testigo): Dieta a base de maíz + melaza + urea + minerales, con 95.5%, 2.5%, 0.5% y 1.5%, respectivamente. Como fuente de proteína la urea (N no proteico), y de energía el maíz. Se utilizó sal mineral rica en Fósforo (18%) y Calcio (18%). Tratamiento 2 (Dieta experimental): Consistió en agregar 10% de proteína verdadera a la dieta base, adicionando hojas jóvenes deshidratadas de Cocoíte trituradas manualmente. El T2 presentó 10% de Cocoíte, 85.5% de maíz, 2.5% de melaza, 0.5% urea y 1.5% de sales minerales. En el laboratorio, las hojas se separaron de los tallos y se secaron a 55°C por 48 h en estufas de aire forzado. Las hojas deshidratadas y trituradas, se guardaron en bolsas de nylon de 1.5 kg de peso.

Manejo de los animales y de las dietas experimentales

Los dos tratamientos se asignaron al azar a dos potreros experimentales. T1 para el potrero de 2 ha, y T2 para el de 1.5 ha. En un inicio el T1 tuvo una carga animal de 2.5 cab ha⁻¹, y de 3.3 cab ha⁻¹ para el T2. Después de 60 días de pastoreo, se observó mayor consumo de la pradera del T2, y se disminuyó a 4 el número de animales, pasando la carga animal del T2 de 3.3 a 2.6 cab ha⁻¹. Durante los 84 días, las dietas se ajustaron cada 21 días después de cada pesaje del ganado. El consumo inició con 2 kg, aumentando en 100 g cada 21 días, para mantener el 0.7% del peso vivo de alimento. Las dietas se ofrecieron diariamente de 8:00 – 8:30 AM. Los dos potreros presentaban 75% de Chontalpo y 25% de Humidicola. Cada potrero se dividió en dos partes iguales con cerco eléctrico y se realizó un pastoreo alterno de 21 días de ocupación por 21 días de descanso.

Toma de muestras y variables evaluadas

Se determinó rendimiento de materia seca (RMS, t ha⁻¹) disponible cada 21 días por el método del m² (1 x 1 m). El cuadro se lanzaba, al azar, tres veces sobre la pradera, y se cosechaba la biomasa dentro del cuadro a 5 cm del nivel del suelo. Del peso fresco de cada repetición se tomó una submuestra de 200 g para determinar peso seco y cálculo del RMS. Estas submuestras se depositaron en bolsas de papel para secarlas en estufa de aire forzado por 72 h a 55 °C. El RMS se calculó: $RMS = (PF \times PS / pf) / 100$. Donde: PF: peso fresco de la muestra del m² (g de materia verde, MV); pf: peso fresco de la submuestra (g MV); y, PS: peso seco de la submuestra (g de MS). En los animales, cada 21 días, se calculó: Ganancia de peso total (kg), ganancia diaria de peso vivo (kg an⁻¹d⁻¹): Es la diferencia entre el peso final y el peso inicial, dividido por 21 días; índice de conversión de alimento: Es la relación entre el promedio diario de consumo de alimento por el animal (kg d⁻¹) y los kg de ganancia diaria de peso (kg d⁻¹). Se determinó proteína (N x 6.25) de los ingredientes de las dietas y

de los pastos. Los dos grupos de 5 vaquillas se asignaron a los dos tratamientos en un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por tratamiento. Cada repetición fue una novillona. El análisis de varianza fue en base al programa GLM del SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de Materia Seca (RMS)

No hubo interacción ($p > 0.05$) fecha x tratamiento ni efecto de tratamiento para el RMS. El RMS fue afectada ($p \leq 0.001$) por la fecha de evaluación. El RMS varió de 4013 kg ha^{-1} , del 8 de septiembre del T2, a 6363 kg ha^{-1} del 29 de septiembre de T1, con $4961.8 \text{ kg ha}^{-1}$ en promedio. El mayor RMS se relacionó con un incremento en más de 100 mm de lluvia en esta fecha. El RMS promedio del período de estudio fue superior en 1500 kg ha^{-1} al registrado por Domínguez *et al.*, (2017) en Humidicola en este mismo sitio en 2017. Esto se debió a que la precipitación en 2017, fue inferior al 2022. Aun cuando el RMS entre los dos tratamientos no fue diferente ($p > 0.05$), el T2 presentó una tendencia a disminuir a partir del 28 de julio. Esta tendencia fue el resultado de la mayor carga animal en T2 (3.3 cab ha^{-1} vs 2.5 cab ha^{-1} del T1), aumentando el consumo de biomasa. Por ello, se eliminó un animal de T2 dejando 4 novillonas, cambiando la carga a 2.6 cab ha^{-1} , a partir del 8 de septiembre.

Contenido de Proteína en las Dietas y Crecimiento de los Animales

El Cocoíte registró $150 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ más proteína que Chontalpo, y $177 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ más que Humidicola y maíz.

Cuadro 1. Contenido de proteína de los pastos de la pradera y de los constituyentes de las dietas.

Pradera Mixta				Constituyentes de las Dietas			
Chontalpo		Humidicola		Maíz		Cocoíte	
%	$\text{g kg}^{-1}\text{MS}$	%	$\text{g kg}^{-1}\text{MS}$	%	$\text{g kg}^{-1}\text{MS}$	%	$\text{g kg}^{-1}\text{MS}$
10.5	105	7.8	78	7.8	78	25.5	255

Dieta 1: 95.5% de maíz, 2.5% de melaza, 0.5% de urea y 1.5% de minerales. **Dieta 2:** 85.5% maíz, 10% de Cocoíte (hojas deshidratadas y trituradas manualmente), 2.5% melaza, 0.5% urea y 1.5% de sales minerales

El Cuadro 2 presenta las ganancias totales y diarias de peso de las novillonas, y la conversión alimenticia por tipo de dieta. La evolución de la ganancia de peso vivo fue lineal con el tiempo, sin diferencia ($p > 0.05$) entre dietas, con ganancia de peso total de las novillonas de 78.17 kg. La ganancia de peso en T2 fue de 250 g más por día con respecto a T1. Esto demuestra el efecto favorable del Cocoíte en la producción animal. Los resultados corroboran las necesidades de proteína de novillonas, o de animales jóvenes, para expresar su potencial de crecimiento, (Beretta *et al.*, 2020). La Figura 1 muestra que la diferencia de la ganancia diaria entre tratamientos fue en las dos primeras fechas de evaluación. Por esta razón al final del experimento no hubo diferencia en la ganancia de peso total entre tratamientos. La menor

ganancia de peso en T2, a partir de la tercera fecha de muestreo, responde a la mayor carga animal. Esta carga animal fue aumentando la presión de pastoreo (kg de peso vivo/kg de MS producida) por el cada vez mayor peso de los animales.

Cuadro 2. Variables de respuesta de las novillonas experimentales en 84 días de duración del estudio.

Variables	Tratamientos	
	Dieta 1	Dieta 2
Peso Inicial (kg)	268.2 (± 17.5) a	266.8 (± 19.0) a
Peso Final (kg)	337.6 (± 27.7) b	353.75 (± 21.1) a
Ganancia de Peso Total (kg)	69.40 (± 9.58) a	86.95 (± 14.2) a
Ganancia Diaria de Peso (kg)	0.826 (± 0.15) b	1.080 (± 0.13) a
Conversión de alimento	2.81 (± 0.53) b	2.14 (± 0.25) a

Datos con literales diferentes en la misma hilera, son diferentes ($p \leq 0.05$). Datos entre paréntesis indican desviación estándar. **Dieta 1:** Maíz (95.5%) + melaza (2.5%) + urea (0.5%) + minerales (1.5%); **Dieta 2:** Maíz (85.5%) + Hojas de Cocoíte deshidratadas y molidas manualmente (10%) + melaza (2.5%) + urea (0.5%) + minerales (1.5%); Conversión de alimento= kg de alimento diario consumido/kg de ganancia diaria de peso.

Por lo anterior, se realizó un “*put and take*” o carga animal variable para obtener un punto óptimo de presión de pastoreo que busque el equilibrio entre la producción animal individual y producción animal por hectárea (Beck *et al.*, 2020). Antes de que el RMS limitara el confort alimenticio de los animales, las novillonas en T2 reflejaron su mayor consumo de proteína en una mayor ganancia diaria de peso vivo de más de 1 kg d⁻¹. Serjssen y Purub (1997) recomendaban ganancias de peso arriba de 700 g día⁻¹ para un mayor retorno económico por animal. Moss (1993) recomendaba ganancias arriba de 600 g día⁻¹ para regiones tropicales.

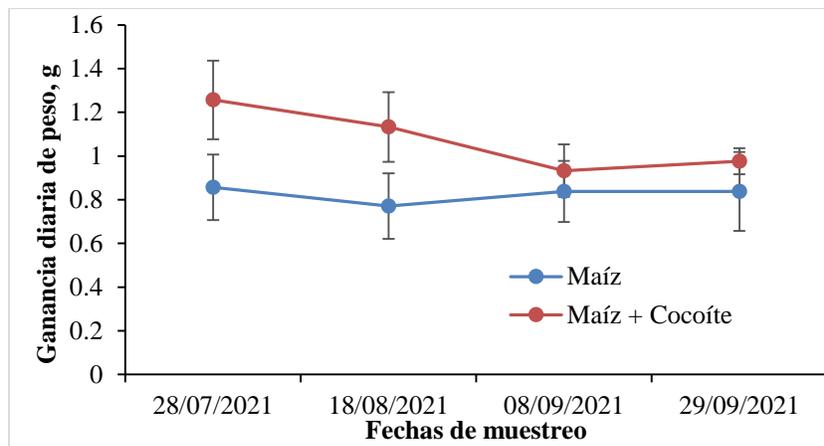


Figura 1. Ganancia diaria de peso de novillonas en pastoreo de praderas mixtas Chontalpo-Humidicola, suplementadas con *maíz*, y *maíz + cocoíte*

La conversión de alimento dependió ($p < 0.05$) del nivel de proteína en la dieta (Cuadro 2), presentando la dieta de T2 mayor eficiencia de conversión alimenticia. Lo anterior significa que a mayor contenido de proteína en la dieta mayor eficiencia de conversión. La conversión de alimento de T2 es comparable a la reportada por Latrille *et al.*, (2010), con dieta a base de harina de pescado, y maíz, registrando una conversión de 2.8 en promedio.

CONCLUSIONES

La adición de hojas deshidratadas de Cocoíte (*Gliricidia sepium*) a dieta base de maíz, aumentó significativamente la ganancia diaria de peso y mejoró la conversión alimenticia de novillonas en pastoreo de una pradera asociada Chontalpo-Humidicola. El uso de hojas deshidratadas de Cocoíte como fuente de proteína en dietas para el ganado, es una alternativa rentable en los sistemas de producción vaca-cría.

LITERATURA CITADA

- Beretta V, Simeone A, Morteiro I, Young I. 2020. Effect of crude protein level in high grain diets on calf growth and feed utilization. *Agrocien.* 24(2):111-123.
- Canul SJ, Alvarado CC, Castillo SL, *et al.* 2018. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. Una especie arbórea multipropósito para la sustentabilidad de los sistemas tropicales. *Agropro.* 11(10):195 – 200.
- Castellón ME, Elías A. 2015. Evaluación del peso de inicio en toros en ceba con dietas de *P. maximum*, cutícula de maní (*A. hypogaea*) y un suplemento proteico-energético. *Rev Cub Cienc Agríc.* 49 (1):23-27.
- Domínguez PFD, Bolaños AED, Lagunes ELC, *et al.*, 2017. Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *B. humidicola*-*S. guianensis*. *Rev Mex de Cienc Agríc.* 8(8): 1705-1717
- García FL, Bolaños AED, Ramos JJ, Osorio AM, Lagunes EL. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras. *Rev Mex Cienc Pecu.* 6(4): 453-468.
- Huyghe C, Delaby L. 2013. *Prairies et systems fourragers.* 2nd ed. Éditions France Agricole. 530 p. ISBN: 978-2-85557-245-1.
- Juárez J, Bolaños AED, Vargas LM, Medina S, Martínez HPA. 2011. Curvas de dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Rev Cub Cien Agríc.* 45(3): 321-331.
- Latrille LL, Merino V, Beels G. 2010. Producción de terneros de grano alimentados con maíz y suplementos proteicos. *Agro Sur* 38(2):109-117.
- Romero L.C.E., Palma G.J.M. y López J. 2000. Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles totales y taninos condensados en *G. sepium*. *Livestock Research for Rural Development* 12(4)
- Serjrsen K, Purup S. 1997. Influence of prepubertal feeding level on milk potential of dairy heifers: A review. *J. Anim. Sci.* 75: 828-835.

VALIDACIÓN DE COMPLEMENTOS ALIMENTICIOS DE BAJO COSTO A BASE DE RASTROJO ENRIQUECIDO PARA CAPRINOS DE ZONAS ÁRIDAS

VALIDATION OF LOW-COST FOOD SUPPLEMENTS BASED ON ENRICHED STUBBLE FOR GOATS IN ARID ZONES

Mauricio Velázquez-Martínez*¹, Francisco Santiago-Hernández¹, Miguel Mata-Espinosa²
José Francisco Cervantes-Becerra¹, Héctor Guillermo Gámez-Vázquez¹

¹Campo Experimental San Luis, CIRNE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ² Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

* velazquez.mauricio@inifap.gob.mx.

RESUMEN

Se evaluó el consumo voluntario de ganado caprino criollo con cuatro complementos alimenticios (dietas ensiladas): dieta D1 = rastrojo de maíz molido 81 %, melaza 14 % y urea 5 %; dieta D2 = rastrojo de maíz molido 60.75 %, melaza 10.5 % urea 3.75 % y nopal 25 %; dieta D3 = rastrojo de maíz molido 40.5 %, melaza 7 % urea 2.5 % y nopal 50 %; dieta D4 = rastrojo de maíz molido 40.5 %, melaza 7 % urea 2.5 % y nopal 25 y Maguey 25 %. Las dietas se ensilaron en botes de 19 litros y se ofrecieron como alimento a las cabras 45 días después de ensilarse. Para la prueba de palatabilidad se utilizaron ocho cabras, los animales fueron asignó al azar a un corral individual, con comedero de cuatro compartimientos. Se determinó materia seca (MS) y pH de las dietas. Las dietas experimentales fueron consumidas sin preferencia por ninguna (de 122 a 147 gr MS/día; $P > 0.05$). Las dietas D1 y D2 fueron los de mayor porcentaje de materia seca (40.77 y 38.65 respectivamente; $P < 0.05$) respecto a las dietas D3 y D4; el pH fue mayor en D1 y D4 (7.17 y 7.05 respectivamente; $P < 0.05$). La inclusión de nopal y maguey en dietas ensiladas basadas en residuos de cosecha mejora el valor nutricional de la dieta; por lo que se considera una alternativa para complementar la alimentación de cabras en pastoreo extensivo.

Palabras clave: rastrojo de maíz, nopal, maguey, consumo, cabras.

ABSTRACT

The voluntary consumption of Creole goats with four food supplements (silage diets) was evaluated: D1 diet = ground corn stover 81 %, molasses 14 % and urea 5 %; D2 diet = ground corn stover 60.75%, molasses 10.5%, urea 3.75% and prickly pear 25%; D3 diet = ground corn stover 40.5%, molasses 7%, urea 2.5% and prickly pear 50%; D4 diet = ground corn stover 40.5%, molasses 7%, urea 2.5% and prickly pear 25 and Maguey 25%. The diets were ensiled in 19-liter pots and fed to goats 45 days after ensiling. Eight goats were used for the palatability test, the animals were randomly assigned to an individual pen, with a four-compartment feeder. Dry matter (DM) and pH of the diets were determined. The experimental diets were consumed without preference for any (from 122 to 147 gr DM/day;

P>0.05). The R and RN25 diets had the highest percentage of dry matter (40.77 and 38.65 respectively; P<0.05) compared to the D3 and D4 diets; pH was higher in D1 and D4 (7.17 and 7.05, respectively; P<0.05). The inclusion of prickly pear and maguey in silage diets based on crop residues improves the nutritional value of the diet; Therefore, it is considered an alternative to supplement the feeding of goats in extensive grazing.

Keywords: corn stubble, prickly pear, maguey, feed intake, goats.

INTRODUCCIÓN

En las regiones árida y semiárida del norte de México la mayoría de los animales se manejan en sistemas de pastoreo extensivo, basando su alimentación en el forraje de los pastizales naturales y en los residuos de cosecha. La lluvia errática e impredecible, concentrada generalmente en los meses de verano-otoño, ocasiona incrementos en la calidad y disponibilidad de forraje durante un corto periodo, a menudo inferior a 6 meses, y baja disponibilidad y calidad de forraje el resto del año, resultando en escasez de alimento. Para contrarrestar esta situación, los caprinocultores utilizan los residuos de la cosecha del grano de maíz y sorgo para complementar la dieta de sus cabras. Estos rastrojos constituyen generalmente la única fuente de alimento con que cuentan los caprinocultores de bajos recursos (Echavarría *et al.*, 2006), aunque son de baja calidad nutricional. Para su mejor aprovechamiento, es necesario combinarlos con otros ingredientes que sean fáciles de conseguir, económicos y que tengan características deseables como alimento. El nopal (*Opuntia spp.*) es una planta suculenta nativa de México, tolerante a la sequía y muy eficiente en el uso de agua, que se caracteriza por su bajo contenido de materia seca (<15%), nitrógeno y fibra, pero alto contenido de azúcares solubles (Nefzaoui y Salem, 2002; Ferreira *et al.*, 2015). Se ha observado que el nopal ayuda a mejorar el consumo de materia seca y de nutrientes digestibles (Costa *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2014). De este modo, es probable que la adición de nopal a dietas basadas en residuos de cosecha mejore el aprovechamiento de ambos ingredientes. El objetivo del presente estudio fue evaluar el consumo voluntario de alimentos formulados con diferente proporción de rastrojo de maíz y nopal en cabras, con la finalidad que sean usados como complementos alimenticios en ganado caprino en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una unidad de producción pecuaria particular, en el Ejido Cañada Grande, municipio de Ahualulco, San Luis Potosí, localizada a latitud 22:26:56.6988 Norte y longitud -100:5:21.498 Oeste y, altitud de 1,785 msnm. El clima es seco desértico y frío, con valores promedios anuales de: precipitación menor a 400 mm, temperatura de 16° a 20° C, heladas de 10 a 20 días, y 60 días nublados (Maderey-Rascón *et al.*, 2000). Se evaluó la preferencia de consumo de cuatro complementos alimenticios por cabras, que contenían rastrojo y diferente proporción de nopal y maguey fresco D1 = Dieta con rastrojo de maíz molido 81 %, melaza 14 % y urea 5 %; D2= Dieta con rastrojo de maíz molido 60.75 %, melaza 10.5 % urea 3.75 % y nopal 25 %; D3= Dieta con rastrojo de maíz molido 40.5 %, melaza 10.5 % urea 3.75 % y nopal 25 %.

melaza 7 % urea 2.5 % y nopal 50 %; D4= Dieta con rastrojo de maíz molido 40.5 %, melaza 7 % urea 2.5 % y nopal 25 y Maguey 25 % (Cuadro 1). El rastrojo se molió en molino de martillos diseñado para procesar forrajes, utilizando una criba con orificios de 2.54 cm. El rastrojo molido, nopal y maguey picado se mezcló manualmente con pala junto con la melaza y la urea. Para esto, previamente la urea se disolvió en agua y posteriormente se mezcló con la melaza, las proporciones de cada ingrediente se muestran en el Cuadro 1. Se utilizaron pencas de nopal (*Opuntia ficus-indica*) forrajero de la variedad Copena F-1, de dos años de edad, y pencas de Maguey mezcalero o cimarrón (*Agave salmiana*) con edad aproximada de 10 años, provenientes del Campo Experimental San Luis, INIFAP. Se troceó las pencas de nopal y el maguey con una guillotina artesanal para obtener trozos de aproximadamente 2 cm². Al momento de la mezcla a cada dieta experimental se le adiciono una cantidad de agua: aproximadamente de 93 a 160 litros en base a 100 kg de ingredientes mezclados, cuando la mezcla de los alimentos diera la prueba del puño (se aprieta con la mano un poco de la muestra y que escurra lentamente liquido entre los dedos). La cantidad de agua dependerá de la humedad ambiental y el tipo de piso que se utilice al realizar la mezcla de los ingredientes. Las dietas se apisonaron tipo ensilado y se almacenaron en recipientes de plástico de 19 litros con tapa, con peso promedio de 14.45±0.49 kg, se cerraron herméticamente, se identificaron por tratamiento y se colocaron en un lugar a la sombra, seco y fresco y se dejaron reposar durante 45 días. En la prueba de alimentación se utilizaron ocho cabras criollas, de nueve meses de edad, con peso promedio de 28.2±3.2 kg, adaptadas al pastoreo extensivo. Se desparasitó a las cabras 20 días antes de iniciar la prueba de alimentación con Ivermectina (0.2 mg/kg de peso vivo) y se vitaminaron con ADE (2 ml por animal). Las cabras se alojaron en corrales individuales de 2.5 m de largo por 1.5 m de ancho, provistos de bebedero y un comedero tipo canoa con cuatro compartimientos. Después de un periodo de siete días de adaptación a los corrales y a las dietas, se registró diariamente el consumo voluntario de las cuatro dietas, durante un periodo de ocho días. A cada cabra se le expuso a libre acceso las cuatro dietas. En cada compartimiento se depositó diariamente de 350 a 650 g de cada una de las dietas y se ajustaba cada día según lo que consumía cada animal el día anterior, ofreciendo 20 % más, de tal forma que pudiera tener la oportunidad de seleccionar libremente, esta actividad se realizó a las 10.00 hr. Para esto, diariamente se retiró y se pesó el alimento no consumido de cada dieta, antes de ofrecer el alimento fresco y se estimó por diferencia lo que habían consumido. Para determinar la Materia Seca (MS) y el potencial de hidrogeno (pH) de las dietas experimentales, se elaboraron 4 microsilos de cada dieta experimental, de la misma mezcla con que se llenaron los botes de 19 litros. Como microsilos se utilizaron botes de pet, provistos de tapa-rosca, con capacidad para 3.8 litros, una vez llenos, con peso promedio de 2.5±0.08 kg, se cerraron y se identificaron por tratamiento y se colocaron en un lugar a la sombra, seco y fresco. Se obtuvieron muestras de los ensilados a 45 días después. Las muestras se pusieron a secar en estufa Thermo Scientific® a 60° C durante 48 horas. Se determinó el pH (con medidor Conductronic pH10) y el contenido de materia seca (MS); el valor nutritivo se obtuvo calculado con datos de tabla de NRC (1981) y resultados previos de análisis químico proximal del rastrojo, nopal y maguey; los datos de composición nutritiva de las dietas se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Ingredientes y composición nutritiva de las dietas experimentales.

	Tratamientos			
	D1	D2	D3	D4
Ingredientes (base húmeda)				
Rastrojo, %	81	60.75	40.5	40.5
Melaza, %	14	10.5	7	7
Urea, %	5	3.75	2.5	2.5
Nopal, %		25	50	25
Maguey, %				25
Agua, litros ¹	160	115	93	93
Composición nutritiva (base seca)²				
Proteína cruda, %	19.0	15.25	11.5	11.21
Fibra detergente neutro, %	59.9	49.3	38.7	39.0
Fibra detergente ácido, %	41.6	34.2	27.1	28.5
Total de nutrientes digestibles, %	38.9	45.2	52.1	54.1
Energía metabolizable, Mcal.	1.40	1.61	1.82	1.87

D1= rastrojo molido con melaza-urea; D2= 25% de nopal; D3= 50% de nopal y D4= 25% de nopal y 25% de maguey. ¹Cantidad de agua aproximada para preparar 100 kg de cualquiera de los complementos alimenticios.

²Valores estimados en base al análisis químico de los ingredientes (rastrojo de maíz, nopal, maguey) y datos de tablas del NRC; Faltaría ver el efecto del periodo de fermentación como ensilaje en la composición nutritiva.

El diseño experimental fue en parcelas subdivididas, en el cual el tipo de alimento fue la parcela mayor, los días de consumo de nutrientes las subparcelas, y el animal la repetición. En los análisis de los datos, se utilizó el paquete estadístico SAS/STAT versión 9.3 para Windows (SAS Institute, 2010). Los datos de MS y pH se analizaron con diseño completamente al azar. Cuando se encontraron diferencias ($P < 0.05$), se aplicó la Prueba de Tukey (0.05) para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El consumo de materia seca por cabras de las dietas experimentales no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$; Cuadro 2). El peso promedio final de las cabras en los ocho días de experimentación fue de 28.44 ± 2.30 kg. El contenido de MS fue mayor en las dietas D1 y D2 (40.7 y 38.6, respectivamente) y diferentes con las dietas D3 y D4 ($P < 0.05$). El valor de pH resulto neutro en las dietas D1 y D4 (7.06 y 7.17, respectivamente) y diferente a las dietas D2 y D3 ($P < 0.05$), siendo estas últimas ligeramente ácidas (Cuadro 2). Para preparar 100 kg de la mezcla de cada dieta ensilada se estimaron los siguientes costos: dieta D1 \$ 433.00; dieta D2 \$ 374.75; dieta D3 \$ 316.50; dieta D4 \$ 316.50. Considerando el costo de rastrojo de maíz molido \$ 2.00 kg, melaza \$ 9.00 kg, urea \$ 29.00 kg y nopal o maguey picado o molido \$ 2.00 kg.

Cuadro 2. Consumo de alimento por cabras de cuatro ensilados, en sistema de libre acceso y, valores de materia seca y pH de los ensilados a base de rastrojo de maíz-melaza-urea, conteniendo distintos niveles de nopal y maguey.

Ítems	Tratamiento				EEM	Valor de <i>P</i>
	D1	D2	D3	D4		
Consumo, gr MS por día.	147.30 ^a	131.07 ^a	123.94 ^a	122.20 ^a	62.14	>0.1431
Contenido de MS, %	40.77 ^a	38.66 ^a	34.58 ^b	33.79 ^b	1.24	<0.0001
pH	7.06 ^a	6.00 ^b	5.83 ^b	7.17 ^a	0.31	<0.0001

MS= materia seca. D1= rastrojo molido con melaza-urea; D2= 25% de nopal; D3= 50% de nopal y D4= 25% de nopal y 25% de maguey.

a,b, valores en la misma fila con diferente letra difieren ($P<0.05$).

Uno de los principales beneficios que aporta la melaza a las dietas de rumiantes es el mejorar el consumo voluntario, particularmente de dietas basadas en residuos de cosecha, debido principalmente a que mejora la palatabilidad. En el presente estudio, la dieta D1 que contenía más melaza, fue igualmente preferida por las cabras. Además, al sustituir parcialmente rastrojo y melaza por nopal o nopal-maguey no redujo el consumo por las cabras, debido a que el contenido de azúcares solubles del nopal mejora el aprovechamiento del nitrógeno para la síntesis de proteína microbiana ruminal (Nefzaoui y Salem, 2002). Además, se ha reportado que el nopal ayuda a mejorar el consumo de materia seca y de nutrientes digestibles (Costa *et al.*, 2012; Monteiro *et al.*, 2014). En contra de lo esperado, las cabras consumieron similar cantidad de las dietas que tenían nopal al igual que la dieta con rastrojo, melaza y urea, aun cuando esta última contenía mayor inclusión de melaza, producto que aporta energía y palatabilidad a las dietas. Costa *et al.* (2012), al reemplazar totalmente el grano de maíz por nopal en dietas para la finalización de corderos, concluyeron que el nopal puede formar parte de la dieta durante la etapa de finalización, debido a que incrementa el consumo de materia seca y de nutrientes digestibles. Por otra parte, Monteiro *et al.* (2014), indican que es factible reemplazar hasta el 66% de salvado de trigo por nopal en dietas para becerros, sin alterar el consumo voluntario, lo que permite reducir los costos de producción.

El consumo de la dieta con rastrojo (D1) fue similar que las demás, a pesar de tener menor Total de Nutrientes Digestibles (TND), lo cual puede ser por la palatabilidad que aporta la mayor cantidad de melaza. En general, a mayor inclusión de nopal o maguey en la dieta, el TND aumentó. Esto se debió a que, al incrementar el nivel de nopal o maguey, que contienen grandes cantidades de CNF (carbohidratos no fibrosos) y bajo contenidos de fibra, se redujo el nivel de rastrojo de maíz, que contiene altas cantidades de fibra y es bajo en CNF, esto es, se sustituyó fibra por CNF. En consecuencia, el contenido de EM se incrementó al sustituir nopal por rastrojo de maíz, lo que también ayudo a mejorar el consumo de las dietas con nopal y nopal-maguey.

El valor de MS, fue mayor en las dietas que contenían más rastrojo (81 y 60.75 %), respecto a las dietas que se contenía 40.5 % de rastrojo y 50 % nopal o 25 % nopal más 25 % de

maguey, debido a que, el nopal y maguey aportaron menos fibra y más carbohidratos solubles. En los valores de pH, era de esperar que fueran altos (neutros), dado que no contenían los azúcares y carbohidratos propios de un ensilado de maíz fresco, donde el elote y la humedad de la caña de maíz propician la acidificación cuando se genera el ácido láctico. Lo anterior se puede observar en las dietas ensiladas que contenían 25 y 50 % de nopal, debido a que el nopal se caracteriza por su bajo contenido de materia seca (<15%), fibra, pero alto contenido de azúcares solubles (Nefzaoui y Salem, 2002; Ferreira *et al.*, 2015), lo cual resultó que el pH tendiera a ser ácido, respecto de las dietas D1 y D4.

CONCLUSIONES

La inclusión de nopal y nopal-maguey a dietas basadas en rastrojo de maíz molido con melaza y urea mejora el valor nutricional de la dieta; por ser bien aceptadas por las cabras, constituyen una opción para complementar la alimentación de cabras en pastoreo extensivo. Debido a que el nopal y el maguey son ingredientes de amplia distribución en las zonas áridas y semiáridas de México, su aprovechamiento en la alimentación de cabras podría contribuir a mejorar su estado nutricional y, eventualmente, su productividad, sin que su uso implique un gasto económico importante.

LITERATURA CITADA

- Costa R.G., Treviño I.H., Medeiros G.R., Medeiros A.N., Pinto T.F., Oliveira R.L. 2012. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. *Small Rumin Res*;102, 13-17.
- Echavarría C.F.G., Gutiérrez L.R., Ledesma R.R.I., Bañuelos V.R., Aguilera S.J.I., Serna P.A. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa *Téc Pecu Méx*; 44:203-217.
- Ferreira M.A., Pessoa R.A.S., Silva F.M., Bispo S.V. 2015. Palma forrageira e ureia na alimentação de vacas leiteiras. *EDUFRPE*, Recife, Brasil.
- Maderey-Rascón, L.E., Cruz-Navarro, F., Godínez-Calderón, L., 2000. Relación entre los fenómenos acuosos y los elementos térmicos del clima en México. *Agrociencia*, 35: 23-40.
- Monteiro C.C.F., Melo A.A.S., Ferreira M.A., Campos J.M.S., Souza J.S.R., Silva E.T.S., Andrade R.P.X., Silva E.C. 2014. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. *Trop Anim Health Prod*; 46:1149-1154.
- Nefzaoui A., Salem H.B. 2002. Forage, fodder and animal nutrition. En: Nobel, P.S. (Ed). 2002. *Cacti: Biology and Uses*. University of California Press, Berkeley, California, USA, pp. 190-210.
- NRC. 1981. *Nutrient Requirements of Goats: Angora, Dairy, and Meat Goats in Temperate and Tropical Countries*. National Academy Press, Washington, DC, pp. 2-4.
- SAS/STAT. (2010). *Statistical Analysis System for windows*. Version 9.3. SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA DE UNA ASOCIACIÓN MOMBAZA-KUDZÚ Y SU EFECTO EN LA GANANCIA DE PESO DE VAQUILLAS EN PASTOREO

DRY MATTER YIELD OF A MOMBAZA-KUDZÚ ASSOCIATION AND ITS EFFECT ON WEIGHT GAIN OF GRAZING HEIFERS

Javier Francisco Enríquez Quiroz¹, Eduardo Daniel Bolaños Aguilar², Abraham Fragoso Islas³, Roberto Omar Castañeda Arreola⁴ ¹Campo Experimental La Posta, Veracruz-INIFAP; ²Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco – INIFAP; ³Sitio Experimental Las Margaritas, Puebla-INIFAP; ⁴Sitio Experimental Pichucalco, Tabasco-INIFAP.

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el efecto de una asociación gramínea-leguminosa en la ganancia diaria de peso de vaquillas en pastoreo. Se realizó del 19-dic-2019 al 21-jul-2020 en 4 ha en el INIFAP-Pichucalco, Chis., con 2 ha de Mombaza (*Megathyrsus maximus* var. Mombaza) en monocultivo y 2 ha de Mombaza-Kudzú (*Pueraria phaseoloides*). Cada pradera tuvo 6 vaquillas en pastoreo rotacional. Se evaluó rendimiento de materia seca y ganancia diaria de peso de los animales. El análisis estadístico fue en un DCA en arreglo de parcelas divididas para las variables estudiadas. El mayor rendimiento de materia seca en la época Seca del año fue de 3771.5 kg ha⁻¹ para la asociación. El mayor rendimiento de materia seca en lluvias fue de 10092 kg ha⁻¹ para el monocultivo. El Kudzú registró mayor rendimiento de materia seca en la época de Nortes con 763.4 kg ha⁻¹. El mayor rendimiento de materia seca y presencia de leguminosa de la asociación, benefició la ganancia diaria de peso de los animales principalmente en la época de Nortes.

Palabras clave: Rendimiento de materia seca, *Megathyrsus maximus*, *Pueraria phaseoloides*, ganancia de peso vivo.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effect of a grass-legume association on the daily weight gain of grazing heifers. It was carried out from Dec-19-2019 to Jul-21-2020 on 4 ha at INIFAP-Pichucalco, Chis., with 2 ha of Mombaza (*Megathyrsus maximus* var. Mombaza) in monoculture and 2 ha of Mombaza-Kudzú (*Pueraria phaseoloides*). Each pasture had 6 heifers in rotational grazing. Yield of dry matter and daily weight gain of the animals were evaluated. The statistical analysis was in a DCA in a split plot arrangement for the variables studied. The highest yield of dry matter in the dry season of the year was 3771.5 kg ha⁻¹ for the association. The highest dry matter yield in rainy season was 10092 kg ha⁻¹ for the monoculture. The Kudzú recorded a higher dry matter yield in the Nortes season with 763.4 kg ha⁻¹. The higher yield of dry matter and the presence of legumes in the association benefited the daily weight gain of the animals, mainly in the Nortes season.

Keywords: Dry matter yield, *Megathyrus maximus*, *Pueraria phaseoloides*, live weight gain.

INTRODUCCIÓN

En zonas tropicales, las praderas son la base del forraje para la producción de carne y leche, pero presentan marcada estacionalidad de producción de biomasa. Se tienen registros de rendimientos de forraje de hasta cuatro veces menos en la época seca del año con respecto a la época de lluvias (Reyes *et al.*, 2009). Lo anterior provoca cambios en la capacidad de carga de las praderas durante el año. Diferentes estrategias se han evaluado para el manejo de la distribución estacional de la producción de forrajes. Una de ellas es el uso de praderas mixtas, que normalmente considera el uso de leguminosas mezcladas con gramíneas (Rojas *et al.*, 2016). Al asociar pastos con leguminosas disminuyen las fluctuaciones en producción de biomasa durante el año, explicado por la diversidad genética de especies que componen la asociación (Prieto *et al.*, 2015). Por lo anterior, el pastoreo rotacional es un importante apoyo para proporcionar períodos de recuperación a las praderas mixtas, sobre todo por presentar leguminosas que son más sensibles al pastoreo (Zengler *et al.*, 2018). Las leguminosas fijan nitrógeno atmosférico al suelo, a través de la simbiosis con bacterias presentes en los nódulos de sus raíces, beneficiando a las gramíneas acompañantes (Pardo *et al.*, 2020). Las leguminosas tienen mayor concentración de proteína y minerales que las gramíneas, y mejoran el rendimiento de biomasa de la pradera hasta en 21.5% promedio (Castillo *et al.*, 2014). Por ello, las asociaciones gramínea-leguminosa pueden mejorar la producción animal (Olivera *et al.*, 2012). El objetivo fue evaluar el efecto de una asociación gramínea-leguminosa en el rendimiento de materia seca y ganancia de peso de animales en pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se condujo en el Sitio Experimental del INIFAP-Pichucalco, Chiapas, en suelo de textura franca, alto en M.O. (3.59%), y pH ácido (6.08). En septiembre 2018 se realizó la siembra por semilla de dos tipos de pradera: en monocultivo y asociada gramínea-leguminosa. La siembra fue al espeque a 50 cm entre golpe y golpe sobre una línea trazada con hilo de henequén, y a 1 m entre líneas. Se utilizaron 2 ha para cada pradera. La pradera en monocultivo fue *Megathyrus maximus* var. Mombaza, sembrada con 7 kg ha⁻¹ de semilla comercial. La pradera asociada fue Mombaza más la leguminosa *Pueraria phaseoloides* (Kudzú), con 6 kg ha⁻¹ de Mombaza, y 3 kg ha⁻¹ de Kudzú. Las dos especies se sembraron simultáneamente. Las praderas quedaron establecidas en junio 2019. En cuanto al clima, durante nortes (nov-feb) la lluvia acumulada fue de 580 mm, y en el período seco (mar-may) y de lluvias (jun-jul) fue de 250 y 450 mm, respectivamente, con temperaturas máximas de 27, 34 y 34 °C en su orden. Se escogieron 12 becerras Brahman (*Bos indicus*) de 9 meses de edad, y se dividieron en dos grupos homogéneos de 6 animales, cada grupo se asignó al azar a una de las dos parcelas. Cada becerro fue una repetición. El grupo 1 promedió 206 kg (185-

230 kg) y se asignó a la asociación Mombaza-Kudzú, el grupo 2 promedió 210 kg (175-225 kg) y se asignó a Mombaza en monocultivo. Del 9 al 18 de diciembre fue el pastoreo de adaptación. El pastoreo oficial fue del 19 de diciembre 2019 al 21 de julio 2020, y fue rotacional con 14 de días de ocupación/42 de descanso, pesándose los animales cada 42 días. La toma de muestras de forraje disponible en las dos praderas, se realizó cada 42 días; es decir, al término de cada ciclo de pastoreo. Las tomas de forraje se realizaron cortando dentro de cuatro cuadros de acero de 1.0 m² cada uno, asignados aleatoriamente en cada parcela. Se utilizaron 4 repeticiones y se realizaron el 19 de diciembre 2019, 23 de enero y 28 de febrero 2020 para la época de Nortes, 04 de abril y 10 de mayo para la época de Sequía, y 15 de junio y 21 de julio para la época de Lluvias. Se cosechó toda la materia verde (MV) dentro de cada cuadro con cortes a 15 cm del nivel del suelo para el pasto Mombaza y a 7 cm para el Kudzú. El material colectado se pesó en báscula electrónica con capacidad de 10 kg +/- 1 g. Para determinar el RMS (kg ha⁻¹), se separaron submuestras de 300 g de MV, se secaron en estufas de aire forzado a 65 °C por 48h. De esta manera, el RMS se calculó en base al RMS de los 300 g de MV y en base al rendimiento de materia verde total del m², extrapolado a una hectárea. Para la determinación del RMS (kg ha⁻¹) de la leguminosa, se utilizó una segunda submuestra de 200 g separándola en sus componentes gramínea y leguminosa. La proporción de la leguminosa (%) en la biomasa total, se obtuvo dividiendo el peso seco de la leguminosa por el peso seco de la biomasa total. **Análisis Estadístico.** El análisis de varianza fue en base al programa GLM del SAS (SAS, 2010). El efecto de fecha de cosecha, tipo de pradera y de la interacción fecha x RMS, se analizaron en un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas. La comparación de medias fue por Tukey (p<0.05). La ganancia de peso de las becerras fue analizada separadamente en un diseño completamente al azar, analizando los efectos de los tratamientos (tipos de pradera) sobre la ganancia diaria promedio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de Materia Seca Disponible (RMS)

Hubo interacción ($p \leq 0.05$) fecha de cosecha x tipo de pradera para el RMS disponible. Del 19 de diciembre al 4 de abril y en la cosecha del 15 de junio, no hubo diferencias en la disponibilidad del RMS entre ambos tipos de pradera, con rendimientos promedio de 3769, 4079, 4444 y 5279 kg de MS ha⁻¹, con respecto a las fechas 19-dic-19, 23-ene-20, 28-feb-20 y 04-abr-20, y con un rendimiento de 6885 kg ha⁻¹ para la fecha del 15 de junio. Diferencias en RMS entre los dos tipos de pradera fueron en la época seca, y en la época de lluvias. Durante la época seca, la asociación Mombaza-Kudzú fue la pradera con mayor RMS, con un valor de 3771 vs 2963 kg de MS ha⁻¹ de Mombaza. La mayor estabilidad de producción de las praderas mixtas en épocas de estiaje ya había sido anteriormente observada en otros estudios (Tilman *et al.*, 2006). Prieto *et al.*, (2015), demostraron que la diversidad de especies en una pradera regula su estabilidad por la inducción de efectos complementarios. En la época de lluvias los RMS se invirtieron, registrándose el mayor rendimiento en la pradera en monocultivo con 1115 kg de MS ha⁻¹ más que la pradera asociada. Resultados semejantes

fueron reportados por Domínguez *et al.*, (2017) en una pradera de *Brachiaria humidicola* con 1.2 t ha⁻¹ más de MS que en la asociación *B. humidicola-Stylosanthes guianensis*, en la época de lluvias. El RMS entre fechas de cosecha, registró cambios para las dos praderas (Cuadro 1). En una primera etapa, del 19-dic-19 al 04-abr-20, hubo estabilidad del RMS en ambas praderas. Posteriormente, este patrón del RMS disponible incluyó una declinación al pasar del mes de abril a mayo (época seca del año), lo que coincidió con una disminución en más de 300 mm de precipitación acumulada. La pradera en monocultivo disminuyó en 2232.0 kg de MS ha⁻¹ al pasar del 4 de abril al 10 de mayo, mientras que en este mismo período la pradera asociada disminuyó en 1592.80 kg de MS ha⁻¹. Este mejor RMS de la asociación en la época seca coincide con Portillo *et al.*, (2021) quienes obtuvieron mayores rendimientos en la época seca con mezclas de gramíneas con leguminosas. Al término de la época seca, la pradera en monocultivo registró el mayor aumento del RMS, incrementándose en 7129.0 kg de MS ha⁻¹, siendo en este mismo período el incremento menor para la pradera asociada, con 5205.50 kg de MS ha⁻¹. La pradera asociada mantuvo un bajo RMS de la leguminosa, a través de las diferentes fechas de cosecha (Cuadro 1). En los meses con temperaturas mínimas y con humedad ambiental favorable (19-dic-19 al 28-feb-20) el Kudzú registró los mayores RMS promediando 763.4 kg ha⁻¹, lo que significó un 19.4% del rendimiento de la pradera. Esta proporción tuvo una declinación durante el período seco del año, disminuyendo su rendimiento a 335 kg ha⁻¹ (9%) al pasar del 28 de febrero al 10 de mayo.

Cuadro 1. Forraje disponible y proteína en dos tipos de pradera y siete fechas de cosecha.

Pradera	Fecha de Cosecha	Forraje disponible (kgMS ha ⁻¹)	Leguminosa (kgMS ha ⁻¹)
Monocultivo	19-dic-2019	3843.3 c	
	23-ene-2020	4111.3 cde	
	28-feb-2020	4385.5 cd	
	04-abr-2020	5195.0 c	
	10-may-2020	2963.0 e	
	15-jun-2020	7076.5 b	
	21-jul-2020	10092 a	
	<i>Media</i>	5380.8	
Asociación	19-dic-2019	3695.8 d	773.8 (21) a
	23-ene-2020	4047.3 d	788.2 (20) a
	28-feb-2020	4503.0 dc	728.3 (17) ab

04-abr-2020	5364.3 c	561.1 (11) bc
10-may-2020	3771.5 d	335.1 (9) d
15-jun-2020	6694.3 b	519.0 (8) dc
21-jul-2020	8977.0 a	915.2 (11) a
<i>Media</i>	<i>5293.2</i>	<i>660.10</i>

Monocultivo= Mombaza; Asociación= Mombaza+Kudzú. Promedios con letra diferente dentro de una columna, son diferentes a $P \leq 0.05$. Números entre paréntesis indican proporción de la leguminosa en %.

Al final de estudio y durante la época de lluvias, la proporción del Kudzú aumentó a 915 kg MS ha⁻¹ pero mantuvo su proporción en la pradera en 11.0% dado al elevado aumento en biomasa de la pradera (Mombaza + Kudzú) pasando de 3771.5 kg ha⁻¹, en el período seco, a 8977 kg MS ha⁻¹ al final del estudio (época lluviosa). Resultados semejantes fueron reportados por García *et al.*, (2015), quienes registraron un aumento en tres veces más del Kudzú al pasar de la época seca a la época de lluvias.

Ganancia Diaria de Peso del Animal (GDP)

El cambio de rendimiento del forraje disponible con las épocas del año fue reflejado en la GDP de las becerras en pastoreo (Cuadro 2). En el ciclo de pastoreo febrero-marzo la GDP fue de 333 y 504 g an⁻¹d⁻¹ para las praderas en monocultivo y en asociación, pero aumentó a 813 g an⁻¹d⁻¹, como promedio de los dos tipos de pradera, en el siguiente ciclo de pastoreo (marzo-abril). En los dos ciclos posteriores abril-mayo y mayo-junio la GDP declinó en 416 y 367 g an⁻¹d⁻¹, respectivamente y en promedio de los dos tipos de pradera. Esta variabilidad puede atribuirse a diferencias en calidad del forraje, principalmente. Esta posible variación en calidad, fue producto del aumento de temperatura y la disponibilidad favorable de humedad, lo que pudo inducir al aumento de rebrotes o formación de nuevas plantas jóvenes con mayor calidad nutritiva. En el ciclo mayo-junio, a pesar del incremento elevado de la producción de forraje gracias, al aumento de la precipitación pluvial, las becerras mantuvieron un relativo bajo crecimiento en 445 g an⁻¹d⁻¹. La mayor producción de forraje ocurrida en este último ciclo de pastoreo, estuvo compuesta principalmente por tallos; es decir, por una disminución en la relación hoja/tallo, como se ha observado en otros estudios (Bolaños y Émile, 2013). Solo en el primer ciclo de pastoreo (época de nortes), la pradera Mombaza-Kudzú registró la mayor GDP de las becerras con un valor de 171 g d⁻¹ más que las que pastoreaban la pradera de Mombaza en monocultivo.

Cuadro 2. Ganancia diaria promedio (g an⁻¹d⁻¹) de becerras pastoreando Mombaza en monocultivo y asociado con Kudzú en cuatro fechas del año.

Fecha de Muestreo	Pradera en Monocultivo	Pradera Asociada
Febrero – Marzo	333.5 b	504.6 a

Marzo – Abril	731.5 a	893.6 a
Abril – Mayo	370.3 a	421.5 a
Mayo – junio	490.3 a	400.2 a

Letras diferentes dentro de la misma hilera, indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

Esto se debió al mayor RMS de Kudzú registrado en el mes de febrero (728.4 kg ha^{-1}), que en abril (561 kg ha^{-1}) o mayo (335 kg ha^{-1}). En los ciclos restantes no hubo diferencias en GDP entre los dos tipos de pradera (Cuadro 2). La ganancia total promedio por animal para la pradera asociada fue de 80.26 kg vs 70.08 kg de la pradera en monocultivo.

CONCLUSIÓN

La asociación Mombaza-Kudzú, registró mayor estabilidad en la producción de materia seca, por su menor declinación del RMS en la época seca, con respecto a la pradera de Mombaza en monocultivo. Los resultados favorables en RMS de la pradera asociada, se reflejaron en la mayor ganancia diaria de peso de los animales principalmente al término de la época de nortes (febrero-marzo).

LITERATURA CITADA

- Bolaños-Aguilar E., D., y J. C. Émile. 2013. Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad del forraje de sorgo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 4: 161-176.
- Castillo, G.E.; Rascón, C.R.; García, G.D.; Rodríguez, J.J.; Jaramillo, R.J.; Aluja, A.S. and Manette L. 2014. Comportamiento ingestivo de vacas en una asociación grama nativa/*Arachis pintoi* en el trópico húmedo veracruzano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias.* 5 (4): 487-504.
- Domínguez, P.F.D.; Bolaños, A.E.D.; Lagunes, E.L.C.; Salgado, G.S.; Ramos, J.J. y Guerrero, R.J.D. 2017. Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *Brachiaria humidicola-Stylosanthes guianensis*. *Rev. Mex. de Cienc. Agric.* 8 (8): 1705-1717.
- García, F.L.; Bolaños, A.E.D.; Ramos, J.J.; Osorio, A.M. y Lagunes, E.L.C. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 6 (4): 453-468.
- Pardo, A.N; Bolaños, A.E.D.; Lagunes, E.L.C.; Enriquez, Q.J.F. y Fragoso, I.A. 2020. Efecto de una asociación pasto-leguminosa en el rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la pradera fertilizada con fósforo. *Agroproductividad* 13(7): 53-60.
- Portillo, L.P.A.; Meneses, D.H.B.; Lagos-B.E.; Duter, M.E.N.; y Castro, R.E. 2021. Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. *Agron. Mesoam.* 32(2):556-572.
- Reyes Purata A, Bolaños Aguilar ED, Hernández Sánchez D, Aranda Ibañez EM, Izquierdo Reyes F. 2009. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto *Brachiaria humidicola*. *Revista Universidad y Ciencia* 25 (3): 213-224
- Rojas, G.R.R.; Garay, A.H.; Quero, C.R.; Guerrero, R.J.D.; Ayala, W.; Zaragoza, R.J.L.; y Trejo, L.C. 2016. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7 (4): 885-895.
- Tilman, D.; Reich, P. B. and Knops, J. M. H. 2006. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. *Nature.* 441 (7093):629-632.

Zegler, C.H.; Brink, G.E.; Renz, M.J.; Ruark, M.D. and Casler, M.D. 2018. Management effects on forage productivity, nutritive value, and legume persistence in rotationally grazed pastures. *Crop Sci.* 58 (6): 2657-2664.

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE VAINAS DE *Prosopis sp* DE LAS REGIONES NORTE, CENTRO Y SUR DEL ESTADO DE ZACATECAS

ANTIOXIDANT CAPACITY OF PODS OF *Prosopis sp* DE THE NORTH, CENTRAL AND SOUTH REGIONS OF THE STATE OF ZACATECAS

Carlos Meza López¹, Rómulo Bañuelos Valenzuela¹, Lucía Delgadillo Ruiz², Perla Ivonne Gallegos Flores², Daniel Rodríguez Tenorio¹, Miriam Haro Esparza¹

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas ²Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad antioxidante de la vaina de *Prosopis sp* (mezquite) en tres regiones del estado de Zacatecas, México., Las vainas fueron recolectadas de las regiones norte, centro y sur (mayo-julio). En el laboratorio se determinó fenoles, flavonoides, capacidad antioxidante y poder reductor. Los resultados obtenidos de los compuestos fenólicos fueron: región norte 1.34±0.19, centro 1.47±0.48 y sur 1.28±0.28 mg equiv AG g-1 BS±DE. Flavonoides: región norte 11.26±2.49, sur 9.29±1.85 mg equiv Q g-1 BS±DE. Los resultados de la actividad antioxidante fueron: región norte 31.21±18.8, centro 22.26±4.06 y sur 21.16±9.19 µM equiv Trolox g-1 BS±DE. Respecto a la actividad antioxidante por DDPH región norte 11.78±6.40, región centro 17.06±7.25 y región sur 12.88±2.34 µM equiv Trolox g-1 BS±DE. Se concluye que las vainas de mezquite con mayor actividad antioxidante e interacción con fenoles y flavonoides fue la región norte.

Palabras clave: Antioxidantes, vainas, metabolitos, mezquite.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the antioxidant capacity of the pod of *Prosopis sp* (mesquite) in three regions of the state of Zacatecas, Mexico. The pods were collected from the northern, central and southern regions (May-July). Phenols, flavonoids, antioxidant capacity and reducing power were determined in the laboratory. The results obtained from the phenolic compounds were: north region 1.34±0.19, center 1.47±0.48 and south 1.28±0.28 mg equiv AG g-1 BS±DE. Flavonoids: northern region 11.26±2.49, southern 9.29±1.85 mg equiv Q g-1 BS±DE. The results of the antioxidant activity were: north region 31.21±18.8, center 22.26±4.06 and south 21.16±9.19 µM equiv Trolox g-1 BS±DE. Regarding the antioxidant activity by DDPH northern region 11.78±6.40, central region 17.06±7.25 and southern region 12.88±2.34 µM equiv Trolox g-1 BS±DE. It is concluded that the mesquite pods with the highest antioxidant activity and interaction with phenols and flavonoids was the northern region.

Keywords: Antioxidants, pods, metabolites, mesquite.

INTRODUCCIÓN

El mezquite se encuentra presente en zonas áridas y semiáridas de México, debido a los mínimos requerimientos hídricos el mezquite cubre una gran área con precipitaciones menores a los 250 y 500 mm anuales, representa el 40% del territorio nacional (Arnero, 2015). Este pertenece al género *Prosopis*, y una de sus características principales es la producción de sus frutos mediante vaina (García *et al.*, 2013). Desde el punto de vista ecológico, el mezquite juega un papel importante en el suelo pues disminuye la erosión, aumenta la fertilidad debido a su gran capacidad de fijar N atmosférico (Carevic *et al.*, 2012). El mezquite (*Prosopis* sp) puede llegar a medir hasta 10 m de altura, el sistema radicular alcanzar los 50 m de profundidad y esparcirse lateralmente hasta 15 m; el tallo es caracterizado por su corteza oscura y las ramas presentan espinas axilares o terminales (Valenzuela *et al.*, 2011). Las vainas están conformadas principalmente por tres partes que son: mesocarpio constituyendo el 56%, endocarpio 35% y la semilla 9%, estos frutos contienen una cantidad aproximada del (13-50%) de carbohidratos, proteína (8.1%), cenizas (3.6%) y en una proporción menor (1.2%) de compuestos fenólicos (Gallegos *et al.*, 2013). Las características edafológicas, climáticas y topográficas que conforman a México en su conjunto logran formar un país rico en flora y fauna, dando como resultado una diversidad en especies vegetales (Miranda, 2001). En el norte de México, los recursos forrajeros que componen la flora normal constituyen una fuente económica de alimentos para el ganado, pero requieren de un manejo adecuado de los diferentes vegetales (leguminosas, gramíneas, entre otras) para aprovechar su máximo potencial en la producción animal (Rodríguez *et al.*, 2014).

La vaina del mezquite contiene sustancias anti nutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas, alcaloides, saponinas y fenoles, que afectan la ingesta y la degradabilidad dentro del rumen (Al-Khalasi *et al.*, 2015). Por lo anterior el objetivo del estudio fue evaluar algunas características químicas, de la vaina de *Prosopis* sp en los diferentes estados de maduración, el cual se realizó en mayo, junio, julio de 2018, en tres zonas del estado de Zacatecas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos del género *Prosopis* se recolectaron de tres regiones del estado de Zacatecas: Región norte, agrupado los siguientes municipios, Mazapil: ubicado entre los paralelos 23° 41' y 25° 04' de latitud norte; los meridianos 101° 11' y 102° 41' de longitud oeste y Villa de Cos, ubicado entre los paralelos 22° 58' y 24° 01' de latitud norte; los meridianos 102° 36' y 103° 10' de longitud oeste. Región sur: esta se ubica entre los 21° 02' y los 22° 35'27'' latitud norte, y entre los 102 34'37'' y los 103°46'43'' longitud oeste, agrupado los municipios de Jalpa, Juchipila y Apozo. Se muestreó en los meses de mayo, junio y julio de 2018.

El tratamiento de las muestras Se pesaron 25 g de la muestra triturada disolviéndose 200 mL de etanol al 70 % (J.T. Baker®), en frasco color ámbar (Pesewu *et al.*, 2008). La muestra se mezcló con vigor por 10 min, y reposó un mes a temperatura ambiente (20 °C). El sobrenadante se filtró con papel Whatman No. 2.

Actividad antioxidante Los fenoles se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por Georgé *et al.* (2005), con el reactivo de Folin-Ciocalteu y usando ácido caféico (Sigma) en solución metanólica al 80% como estándar (Alvarez-Parrilla *et al.*, 2007). Los flavonoides totales se determinan por el método desarrollado por Zhishen *et al.* (1999). La capacidad antioxidante fue determinada mediante la metodología de FRAP de acuerdo con la metodología de Benzie y Strain (1996), modificada por Alvarez-Parrilla *et al.* (2007). Para la determinación cuantitativa se utilizó el método del radical libre DPPH, el cual reduce el radical 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) en la 2,2-difenil-1-picril hidrazina por la acción antioxidante de compuestos que contienen grupos -OH que decoloran dicho reactivo (González *et al.*, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado obtenido de la concentración de compuestos fenólicos en vainas del mezquite para la región norte fue de 1.11 ± 2.49 mg equiv AG g⁻¹ BS \pm DE (miligramos equivalente ácido gálico por cada gramo de muestra en Base Seca \pm Desviación estándar), para la región centro fue de 1.47 ± 0.48 mg equiv AG g⁻¹ BS \pm DE y para a región sur fue de 0.67 ± 0.19 mg equiv AG g⁻¹ BS \pm DE (tabla 1). Lo que indica mayor presencia en la región norte en el mes de mayo. Las condiciones geográficas específicas y la edad de las plantas muestreadas podrían desempeñar un papel importante en las variaciones, como sugieren Baraza *et al.* (2008).

La biosíntesis y concentración de compuestos fenólicos en las plantas depende del genotipo, factores bióticos (plagas, infección por patógenos) y al estrés abiótico (luz, temperatura, fuente de nutrientes, disponibilidad de agua, condiciones de crecimiento y radiación UV), además de las condiciones de almacenamiento y tratamiento postcosecha, se producen por medio de la vía del ácido shikímico, donde la fenilalanina amonio liasa (PAL), es la enzima clave que cataliza su biosíntesis (Cartea *et al.*, 2011). Los polifenoles son componentes importantes en un ingrediente alimentario, debido a su capacidad antioxidante demostrada. De acuerdo con Quispe *et al.* (2014) los polifenoles se encuentran en un rango de 1.07 y 2.43 g AG 100 g⁻¹.

Tabla 1. Capacidad antioxidante de vainas de acuerdo con el nivel de maduración

MESES	REGIONES	FENOLES (mg equiv AG g ⁻¹ BS)	FLAVONOIDES (mg equiv Q g ⁻¹ BS)	ANTIOXIDANTE (µM equiv Trolox g ⁻¹ BS)	PODER REDUCTOR (µM equiv Trolox g ⁻¹ BS)
MAYO	NORTE	1.11±0.17	11.26±2.49	9.76±5.03	20.41±8.95
	CENTRO	1.47±0.48	5.67±0.58	14.65±1.76	22.26±4.06
	SUR	0.67±0.19	14.61±5.13	11.85±4.16	16.36±8.18
JUNIO	NORTE	1.34±0.19	6.03±1.77	11.78±6.40	31.21±18.80
	CENTRO	1.28±0.28	8.67±3.39	17.06±7.25	18.35±4.26
	SUR	0.65±0.09	11.85±1.98	11.22±2.85	15.13±4.31
JULIO	NORTE	ND	ND	ND	ND
	CENTRO	ND	ND	ND	ND
	SUR	0.94±0.33	9.29±1.85	12.88±2.34	21.16±9.19

AG: ácido gálico. BS: Base Seca. Q: catequina

Con relación al contenido de flavonoides las concentraciones en vainas del mezquite fueron: para la región norte de 10.26±2.49 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE (miligramos equivalente catequina gálico por cada gramo de muestra en Base Seca ± Desviación estándar), para la región centro de 5.67±0.58 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE y para la región sur de 11.85±1.98 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE estos resultados se fueron analizados del muestreo del mes de mayo. Para el muestreo del mes de junio se obtuvo en la región norte de 6.03±1.77 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE, para la región centro de 8.07±3.39 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE y para a región sur de 9.29±1.85 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE, del mes de julio se obtuvo para la región sur una concentración de flavonoides de 14.61±5.13 mg equiv Q g⁻¹ BS ±DE lo que indica mayor presencia en la región sur. Estos resultados difieren con los obtenidos por Quispe et al. (2014) quienes reportan que el contenido de flavonoides totales se ubica en el rango de 24-98.

La capacidad antioxidante se determinó por dos métodos FRAP y DDPH, observándose la actividad antioxidante por el método de DDPH y la actividad reductora por el método de FRAP. Con respecto a la actividad antioxidante por el método de DDPH esta se reporta como µM equiv Trolox g⁻¹ BS en vainas del mezquite, se obtuvo que para la región norte la concentración fue de 9.76±5.03 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (mayo) y 11.78±6.40 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (junio), en la región centro fue de 14.65±1.76 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (mayo) y de 17.06±7.25 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (junio); y para la región sur fue de 11.85±4.16 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (mayo), 11.22±2.85 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (junio) y 12.88±2.34 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE (julio) . Lo que indica mayor actividad antioxidante presente en la región centro. Sin embargo, el criterio para considerar la actividad antioxidante de un extracto como alto, moderado o bajo es relativo. La actividad antioxidante y los componentes de los compuestos bioactivos de la vegetación dependen en gran medida de las especies vegetales y la parte de la planta (Cuchillo et al., 2013).

Por último, hay una fuerte asociación del método de FRAP con el contenido de fenoles esto se debe a que el método de FRAP y Folin- Ciocalteu se asocia a compuestos hidrofílicos (Farías et al., 2019). La actividad antioxidante por el método de FRAP para la región norte la concentración fue de 20.41±8.95 µM equiv Trolox g⁻¹ BS±DE, en la región centro fue de

22.26±4.06 µM equiv Trolox g-1 BS±DE y para a región sur fue de 16.36±8.18 µM equiv Trolox g-1 BS±DE.

CONCLUSIONES

Las vainas de mezquite con mayor actividad antioxidante fueron las de la región centro, aunque por el método de DDPH fue la región sur, pero sin presentar alta interacción con fenoles y flavonoides.

LITERATURA CITADA

- Al-Khalasi, S., O. Mahgoub y H. Yaakub, 2015 Management of Meskit (*Prosopis juliflora*) Tree in Oman: The Case of Using Meskit (*Prosopis juliflora*) Pods for Feeding Omani Sheep , World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Animal and Veterinary Sciences, Vol. 9, No. 1.
- Alvarez Parrilla, E., L.A. De la Rosa, N.R. Martínez and G.A. González Aguilar. 2007 Total phenols and antioxidant capacity of commercial and wild mushrooms from Chihuahua, México . *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, Vol. 5.
- Arnero, C.M.A. 2015 “La vaina del mezquite (*Prosopis* spp) en la alimentación del ganado,” Monografía. Universidad Autónoma Antonio Narro Unidad Laguna.
- Baraza, E. 2008 Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época seca, en el Valle de Tehuacán, México *Interciencia*. Vol. 33, No.12.
- Benzie, I. F. F., and J. J. Strain. 1996 The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of aCarntioxidant power: the FRAP assay “*Analytical Biochemistry* Vol. 239.
- Carevic F., A. Carevic y J. De la Torre. 2012 “Historia natural del género *Prosopis* en la región de Tarapacá *Idesia*. Vol. 30, No. 3.
- Cuchillo, H. M., D.C. Puga, M.N. Wrage, M.J.G. Espinosa, B.S. Montañó, O.A. Navarro, M.M. Ledesma, R. Díaz and G.R.F. Pérez. 2013 “Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species ingested by goats on semiarid rangelands *J. Animal Feed Sci.* Vol. 22, No. 2.
- Farías Tapia, R., M.P. Olivas Sánchez, J.P. Flores Margez, N.D.R. Martínez Ruiz y E. Alvarez Parrilla. 2019 “Efecto de la salinidad y nitrógeno inorgánico del suelo en los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de *Lycium berlandieri*” *Terra Latinoamericana*. Vol. 37
- Gallegos, I. J. A., G.N.E. Rocha, L.R.F. González, C.M.A. García. 2013 Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*) *Journal of Food* Vol. 11, No. 2.
- García, A.M., L.R.F. González, G.N.E. Rocha, I.J.A. Gallegos, C.M. Rosales, T.L. Medina. 2013 Mesquite leaves (*prosopis laevigata*), a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potential,” *Industrial Crops and Products* Vol. 44.
- Georgé, S., P. Brat, P. Alter, and M. J. Amiot. 2005 Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 53
- González M, M. Soto, G. Kite, M. Martinez 2007 Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var. *Berlandieri* Schauer) . *Rev. Fitotec.* Vol. 30 No.1.
- Miranda, R. M.L. 2001 Evaluación de cinco especies arbóreas nativas como alimentación de rumiantes en el trópico seco,” Tesis. Universidad de Colima.
- Pesewua G, R. Cutler y D. Humbera. 2008 Antibacterial activity of plants used in traditional medicines of Ghana with particular reference to MRSA,” *Journal of Ethnopharmacology*. Vol. 116.
- Quispe, C., K. Petroll, C. Theoduloz and H.G. Schmeda. 2014 Antioxidant effect and characterization of South American *Prosopis* pods syrup. *Food Res. Inter.* Vol. 56.

- Ríos, S. J.C., C.R. Trucíos, N.L.M. Valenzuela, P.G. Sosa, S.R. Rosales 2011 “Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México,” Instituto Nacional de *Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*.
- Rodríguez S.E.N., M.G.E. Rojo, V.B. Ramírez, R.R. Martínez, H.M.C. Cong, T.S.M. Medina y R.H.H. Piña 2014 “Análisis técnico del árbol de mezquite (*Prosopis leavigata*) en México,” *Ra Ximhai* Vol. 10 No.3.
- Valenzuela N. L.M., C.R. Trucíos, S.J.C. Ríos, H.A. Flores y B.J.L. González. 2011 Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite (*Prosopis* spp) en el estado de Coahuila *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, Vol. 17.
- Zhishen J, T. Mengcheng, W. Jianming. 1999 The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals,” *Food Chemistry*. Vol. 64.

ASTRAGALUS MOLLISSIMUS COMO ESTRATEGIA PARA MITIGAR LA PRODUCCIÓN DE METANO EN RUMIANTES

ASTRAGALUS MOLLISSIMUS AS A STRATEGY TO MITIGATE METHANE PRODUCTION IN RUMINANTS

Agustín Corral-Luna¹, Lesvi Yuviana Marínez Cordova¹, Alberto Muro-Reyes², Monserrath Felix-Portillo, Lorenzo Buenabad Carrasco¹ y Adrián Omar Maynez-Perez^{2*}

¹Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México, Periférico Francisco R. Almada km1, Chihuahua, Chihuahua, 31453, México. ²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, 98500, México.

*amaynez@uach.mx

RESUMEN

La producción de metano (CH₄) en el rumen es un proceso ineficiente que resulta en la pérdida de hasta 12 % de la energía total consumida por el rumiante. La planta *Astragalus molissimus* produce derivados nitrogenados como el ácido 3-nitro-1-propiónico y el 3-nitro-1-propanol que disminuyen o suprimen la emisión de CH₄. Se realizó un experimento con la meta de disminuir la emisión de CH₄ mediante la suplementación con *A. molissimus* en borregos de engorda raza Dorper mediante la inclusión en la dieta de 0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0 g (MS) Kg⁻¹ de peso vivo en grupos homogéneos con un promedio de peso de 29± 3 kg. El estudio fue realizado en un periodo de 60 días con una etapa de adaptación de 2 semanas donde las variables que se evaluaron fueron producción de AGV's, ganancia diaria de peso (GDP), conversión alimenticia (CA), consumo de alimento y ganancia total de peso, así como producción de metano (CH₄). Se observó que la suplementación con *A. molissimus* tuvo un efecto negativo sobre consumo y conversión alimenticia por lo que la inclusión de la planta a la dieta no es benéfica en cuanto a las variables antes mencionadas para la explotación de ovinos.

ABSTRACT

The production of methane (CH₄) in the rumen is an inefficient process that results in the loss of up to 12 % of the total energy consumed by the ruminant. The *Astragalus molissimus* plant produces nitrogenous derivatives such as 3-nitro-1-propionic acid and 3-nitro-1-propanol that decrease or suppress the emission of CH₄. An experiment was carried out with the goal of reducing CH₄ emission by supplementation with *A. molissimus* in Dorper breed fattening sheep with treatments including 0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1.0g (DM) Kg⁻¹ LW and allocated in homogeneous groups with an average weight of 29 ± 3 Kg. The study was carried out in a period of 60 days with an adaptation stage of two weeks where the variables that were analyzed were daily weight gain, feed conversion, feed consumption and total weight gain. Results showed that supplementation with *A. mollissimus* had a negative effect on the variables of consumption and feed conversion, so the inclusion of the plant in the diet is not beneficial in terms of the variables mentioned above for the exploitations of shee

INTRODUCCIÓN

La metanogénesis ruminal, es un proceso que se considera metabólicamente ineficiente ya que conduce a la pérdida de aproximadamente 12% de la energía consumida por el animal (Hristov et al., 2013), energía que podría ser usada para la producción de productos útiles para el ser humano, como carne o leche. Por otro lado, el metano (CH₄) representa un riesgo medioambiental, ya que su efecto invernadero contribuye al calentamiento global. Por esta razón, la búsqueda de alternativas que ayuden a mitigar la producción de metano ruminal ha sido una prioridad. En este sentido, se han estudiado alternativas como: el uso de antibióticos (Boadi et al., 2004), aceites esenciales de plantas (EOs) (Castañeda-Correa et al., 2019; Patra and Yu 2012), compuestos químicos halogenados (Martinez-Fernandez et al., 2018), y compuestos nitrogenados (Alemu et al., 2021; Anderson et al. 2006; Gutierrez-Bañuelos et al., 2008; Ochoa-García et al., 2019).

A pesar de que el uso de estas estrategias ha producido buenos resultados reduciendo la producción de metano, su uso puede ser limitado debido a la ineficiente adaptación microbiana, o la baja selectividad para los antibióticos y EOs, respectivamente (Kolling et al., 2018; Castañeda-Correa et al., 2019). Por otro lado, los compuestos nitrogenados pueden ser considerados de riesgo por las agencias reguladoras como la FDA, (Food and Drug Administration), debido a su origen sintético, además de representar un alto costo para el sistema de producción (Ochoa-García et al., 2021). No obstante, se ha demostrado que algunas plantas y hongos producen naturalmente ácido 3-nitropropionico (3NPA), un compuesto nitrogenado capaz de inhibir la metanogénesis ruminal. Recientemente, Ochoa-García et al. (2021) demostraron que plantas del género *Astragalus* producen una miserotoxina compuesta, misma que al metabolizarse en el rumen libera 3NPA, impactando la síntesis de metano ruminal. Sin embargo, es necesario profundizar en el impacto de la miserotoxina sobre organismos vivos y su capacidad productiva. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar la ganancia diaria de peso, consumo de alimento, producción de metano y composición ruminal de ácidos grasos volátiles en borregos de engorda suplementados con diferentes dosis de *A. mollissimus*.

MATERIALES Y METODOS

Se usaron 22 ovinos machos de la raza Dorper sin castrar, con una edad promedio de 120 días, los cuales fueron asignados aleatoriamente a uno de los tratamientos (T1, T2, T3, T4 y T5; conteniendo 0, 0.25, 0.5, 0.75 y 1.0 gr MS de *A. mollissimus*/Kg PV, respectivamente) y alojados en jaulas grupales de 4x6 m en los periodos de alimentación. Se asignaron cuatro animales por tratamiento y dos fueron destinados a reemplazo en caso de necesidad de retirar animales de los tratamientos. La fase experimental tuvo una duración de 60 días, iniciando con un periodo de adaptación a la dieta basal de 14 días, seguido de 46 d de suplementación de los tratamientos y colección de muestras. En el día 30 de la prueba, cinco animales (uno

por cada tratamiento) fueron alojados en jaulas metabólicas para la fase de colección de muestras. Después de cinco días de muestreo los animales fueron devueltos a las corraletas grupales. Esta fase se repitió al día 55 y concluyó al día 60, coincidiendo con el fin del experimento. La dieta experimental se formuló para cubrir los requerimientos nutricionales de acuerdo (NRC, 2000). El acceso a la dieta experimental se dio a las 08:00 y a las 16:00 h. Dentro del periodo de muestreo se colectaron muestras de contenido ruminal para determinar producción de metano. Durante este periodo también se registró el peso vivo de los animales realizando pesajes con una báscula ganadera con intervalos de 15 d. El consumo de materia seca (CMS) se midió pesando el alimento ofrecido y restándole a esa cantidad el alimento rechazado. La ganancia diaria de peso (GDP) se obtuvo mediante la sustracción del peso inicial del peso final, dividido entre el número de días de prueba. La producción de metano (CH₄) entérico se midió de manera in vitro, tomando 10 ml de líquido ruminal por duplicado e incubado por 24 h en tubos de 18 x 150 mm con una fase gaseosa de CO₂ al 100 %. La conversión alimenticia (CA) se determinó como el producto de dividir el consumo de alimento durante cada periodo de pesaje dividido entre el número de kilogramos de PV ganados en el mismo periodo. El gas total fue registrado por medio de un transductor de presión en cada uno de los tubos incubados. La composición del gas se determinó por cromatografía de gases usando un cromatógrafo GOW-MAC Serie 580, provisto de una columna empacada Carbosphere[®], 80/100. 5682PC. Se utilizó nitrógeno como gas de arrastre a un flujo de 20 mL min⁻¹. Alícuotas de líquido ruminal fueron almacenadas y mantenidas en congelación para el posterior análisis de AGV's. Los datos se analizaron utilizando el modelo lineal general utilizando el software MINITAB18[®]. Los pesos al nacimiento e inicial fueron incluidos como un efecto aleatorio único (covariable), y el grupo como variable explicatoria de los efectos fijos de uso y no uso de *A. mollissimus* en la dieta de los animales. Las variables dependientes analizadas incluyeron GDP, CMS, CA y CH₄.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El CMS no fue afectado ($P > 0.05$) por la ingesta de la planta *A. mollissimus* (Tabla 1). Resultados diferentes son reportados por Stegelmeier et al. (1999), quienes observaron una reducción en el consumo de alimento en borregos suplementados con 0.4 gr de hierba loca (*A. mollissimus*). Lo anterior puede ser a consecuencia de que los animales fueron alimentados únicamente con alfalfa en una dieta totalmente mezclada, reduciendo la selectividad del alimento. Por otro lado, Wang et al. (2020), reportaron que la adición de *Astragalus* a la dieta incremento el consumo de materia seca. Este comportamiento se debe a que la dieta les fue palatable a lo largo de todo el experimento, aunque con un poco de selección. A diferencia Abdallah et al. (2019), reportaron que los borregos suplementados con *Astragalus* incrementaron el consumo en referencia al control, pero sin mostrar diferencia significativa. Esto puede suceder por la buena integración de *Astragalus* a la mezcla de la dieta reduciendo la selectividad de los borregos.

La suplementación de *A. mollissimus* no tuvo efecto ($P>0.05$) sobre la GDP. (Tabla 1). Estos resultados difieren con lo reportado por Stegelmeier et al., (1999) en donde observaron que ovejas suplementadas con hierba loca a razón de 0.4 gr d y después de 20 días tuvieron una reducción en la GDP. Así mismo, los resultados aquí reportados también discrepan a los observados por Wang et al. (2020), quienes al suplementar *Astragalus* a ovejas reportaron que el tratamiento incrementó la GDP. En el caso de estos últimos autores, ellos atribuyen estos resultados a que la dieta contenía únicamente la raíz de la planta, lo cual pudo favorecer a la microbiota ruminal. De igual manera, Abdallah et al. (2019), encontraron que los animales suplementados con 10 y 15 % de *Astragalus* mostraron una GDP moderada (0.13 kg), en comparación con el grupo control que tuvo una GDP de 0.12 kg. Esto probablemente debido a que la dieta control afectó el pH ruminal, lo que no ayudó para una correcta fermentación.

La CA fue afectada ($P<0.05$) por la suplementación con *A. mollissimus* ya que el grupo control mostró una mejor conversión alimenticia (Tabla 1) que el resto de los tratamientos. Contrario a esto, (Abdallah et al. (2019) señalaron que animales suplementados con *Astragalus* fueron los que mejor CA mostraron. Por su parte, Zhong et al. (2012) reportaron que la suplementación con *Astragalus* no afectó la CA en borregos. Esto se puede deber a la manera de ofrecer la planta, afectando el resultado.

La GDP no fue afectada ($P>0.05$) al suplementar con *A. mollissimus*. Estos resultados coinciden con lo reportado por Hao et al. (2019), quienes no encontraron diferencia entre tratamientos cuando suplementaron *Astragalus* debido a que se utilizaron 36 borregos en finalización de la raza Cola Gorda. Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio son diferentes a lo reportado por Wei et al. (2020) quienes encontraron que la ganancia de peso total se incrementó de forma lineal con la adición de un suplemento de *Astragalus*, con respecto al control. Por otra parte, Wang et al., 2021 reportaron un efecto lineal negativo donde el control fue el que mayor ganancia de peso final tuvo durante el experimento, significando esto que la suplementación con *Astragalus* redujo la ganancia de peso esto puede ser debido a la diferente manera de ofrecer la planta una en extracto de raíz y la otra en membrana de la raíz.

Finalmente, la suplementación de *A. mollissimus* redujo ($P<0.05$) la producción de metano en todos los tratamientos (Grafica 1). Estos resultados coinciden a lo observado por Metjekar et al. (2018; 2016). Ellos evaluaron el efecto de la suplementación de *Astragalus* y tras 24 horas de incubación, la producción de metano se redujo hasta 21.2 ml/100ml gas. Los resultados observados en el presente y otros estudios pueden ser justificados por la existencia de la miserotoxina compuesta que contiene nitropropanol y nitropropionato en la planta de *A. mollissimus*, las cuales son convertidas a 3-nitro-1-propanol y ácido 3-nitro-1-propanoico, respectivamente, por acción de la microbiota ruminal (Stermitz et al., 1972). Así mismo, se sabe que ambos nitrocompuestos poseen un potente efecto antimetanogénico (Gutiérrez-Bañuelos et al., 2008, Ochoa-García et al., 2019).

Tabla 1.- Medias de los tratamientos (\pm error standard).

T	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	GDP (kg)	CMS (kg)	CA (kg)
1	31.1 \pm 2.39	42.4 \pm 2.9	0.333 \pm 0.049	1.58 \pm 0.047	4.82 \pm 0.786a
2	30.6 \pm 2.39	40.2 \pm 1.65	0.280 \pm 0.032	1.62 \pm 0.073	5.87 \pm 0.876ab
3	31.8 \pm 3.65	40.7 \pm 3.75	0.249 \pm 0.029	1.65 \pm 0.059	6.80 \pm 0.852b
4	31.3 \pm 6.04	42.3 \pm 5.27	0.324 \pm 0.049	1.67 \pm 0.045	5.24 \pm 0.771ab
5	35.9 \pm 4.47	44.4 \pm 3.5	0.287 \pm 0.06	1.66 \pm 0.084	5.90 \pm 0.872ab
P-value	NA	NA	0.117	0.156	0.038

LITERATURA CITADA

- Abdalla, A., Zhang, P., Abubakari, A-H., Elemba, E., Zhong, Q and Sun, Z. 2019. Reclamation of Astragalus By-Product through Dietary Inclusion in Ruminant Diets: Effects on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Rumen Fermentation, Blood Biochemical Parameters, and Humoral Immune Response in Sheep. *Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2019.
- Alemu, A.W., Shreck, A.L., Booker, C.W., McGinn, S.M., Pekrul, L.K.D., Kindermann, M., Beauchemin, K.A., 2021. Use of 3-nitrooxypropanol in a commercial feedlot to decrease enteric methane emissions from cattle fed a corn-based finishing diet. *J. Anim. Sci.* 1;99(1). [https:// doi. org/ 10. 1093/ jas/ skaa3 94](https://doi.org/10.1093/jas/skaa394)
- Anderson, R.C., Carstens, G.E., Miller, R.K., Callaway, T.R., Schultz, C.L., Edrington, T.S., Harvey, R.B., Nisbet, D.J., 2006. Effect of oral nitroethane and 2-nitropropanol administration on methane-producing activity and volatile fatty acid production in the ovine rumen. *Bioresour. Technol.* 97, 2421–6. [https:// doi. org/ 10. 1016/ j. biort ech. 2005. 10. 013.](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.013)
- Boadi, D., Benchaar, C., Chiquette, J., Mass, D., 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Can. J. Anim. Sci.* 84, 319–335. [https:// doi. org/ 10. 4141/ A03- 109.](https://doi.org/10.4141/A03-109)
- Castañeda-Correa, A., Corral-Luna, A., Hume, M.E., Anderson, R.C., Ruiz-Barrera, O., Castillo-Castillo, Y., Rodriguez-Almeida, F., Salinas-Chavira, J., Arzola-Alvarez, C., 2019. Effects of thymol and carvacrol, alone or in combination, on fermentation and microbial diversity during in vitro culture of bovine rumen microbes. *J. Environ. Sci. Heal. Part B* 54, 170-175. [https:// doi. org/ 10. 1080/ 03601 234. 2018. 15365 80](https://doi.org/10.1080/03601234.2018.1536580)
- Galyean, M., May, T., 1989. Laboratory procedure in animal nutrition research. Dep. Anim. Life Sci. New Mexico State University, USA, 162 pp
- Gutierrez-Ba.uelos, H., Anderson, R.C., Carstens, G.E., Tedeschi, L.O., Pinchak, W.E., Cabrera-Diaz, E., Krueger, N.A, Callaway, T.R., Nisbet, D.J., 2008. Effects of nitroethane and monensin on ruminal fluid fermentation characteristics and nitrocompoundmetabolizing bacterial populations. *J. Agric. Food Chem.* 56, 4650–8. [https:// doi. org/ 10. 1021/ jf800 756c.](https://doi.org/10.1021/jf800756c)
- Hao, X., Wang, P., Ren, Y., Liu, G., Zhang, J., Leury, B, y Zhang, C. 2019. Effects of Astragalus membranaceus roots supplementation on growth performance, serum antioxidant and immune response in finishing lambs. *Asian-Australas J Anim Sci.* 33(6): 965–972.
- Hristov, A.N., J. Oh, J. Firkins, J. Dijkstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H.P.S. Makkar, A.T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P.J. Gerber, B. Henderson, and J.M. Tricarico (2013a). Mitigation of methane and nitrous

- oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *J. Anim Sci.* 91:5045-5069.
- Metjekal, S y Bousseboua, H. 2016. Effects de la saison de collecte sur la valeur nutritive et la production de methane et de tannis condensés d'Astragalus gombo. *Livestock Research for Rural Development.* Volume 28.
- Metjekal, S., Ghabbane, M., Bodas, R., Bousseboua, H y Lopez, S. 2018. Volatile fatty acids and methane production from browse species of Algerian arid and semi-arid areas. *Journal of Applied Animal Research.*
- Ochoa-García, P.A., Arevalos-Sánchez, M.M., Ruiz-Barrera, O., Anderson, R.C., Maynez-Perez, A.O., Rodríguez-Almeida, F.A., Chávez-Martínez, A., Gutiérrez-Baños, H., Corral-Luna, A., 2019. In vitro reduction of methane production by 3-nitro-1-propionic acid is dose-dependent. *J. Anim. Sci.* 97, 1317–1324. <https://doi.org/10.1093/jas/skz012>.
- Ochoa-García, P. A. Robin C. Anderson, Martha María Arevalos-Sánchez, Felipe Alonso Rodríguez-Almeida, Monserrath Félix-Portillo, Alberto Muro-Reyes, Aleksandar K. Božić, Claudio Arzola-Álvarez, Agustín Corral-Luna. 2021. Astragalus mollissimus plant extract: a strategy to reduce ruminal methanogenesis. *Tropical Animal Health and Production*, (2021) 53:436. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02882-1>.
- Patra, A.K., Yu, Z., 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of rumen microbial populations. *Appl. Environ. Microbiol.* 78, 4271–4280. <https://doi.org/10.1128/AEM.00309-12>.
- Stegelmeier, B. L., James, L. F., Panter, K. E., Gardner, D. R., Pfister, J. A., Ralphs, M. H y Molyneux, R. J. 1999. Dose response of sheep poisoned with locoweed. (*Oxytropis sericea*). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation.* 11: 448-456.
- Stermitz, F. R., Lowry, W. T., Norris, F. A., Buckeridge, F. A y Williams, M. C. 1972. Aliphatic nitro compounds from Astragalus species. *Phytochemistry.* Volume 11. 1117-1124.
- Wang, X., Ding, L., Wei, H., Jiang, C., Yang, Q., Hu, C., Jia, G., Zhou, Y., Henkin, Z y Dejen, A. 2020. Astragalus membranaceus root supplementation improves average daily gain, rumen TVFA production and immunity and antioxidant factors of Tibetan sheep. *Animal science and biotechnology.* Lanzhou University, China.
- Zhong, R. Z., Yub, M., Liua, H. W., Suna, H. X., Caoa, Y y Zhoua, D. W. 2012. Effects of dietary Astragalus polysaccharide and Astragalus membranaceus root supplementation on growth performance, rumen fermentation, immune responses, and antioxidant status of lambs. *Animal Feed Science and Technology* Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academ

ESTIMACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL DEL ZACATE (*Cynodon dactylon*) BERMUDA A PARTIR DE ANÁLISIS CONVENCIONALES UTILIZANDO EL SISTEMA DE WEENDE Y VAN SOEST, Y ALTERNATIVO MEDIANTE LA TÉCNICA DE PRODUCCIÓN DE GAS IN VITRO

ESTIMATION OF THE NUTRITIONAL VALUE OF BERMUDA GRASS (*Cynodon dactylon*) FROM CONVENTIONAL ANALYSIS USING THE WEENDE AND VAN SOEST SYSTEM, AND ALTERNATIVE ANALYSIS USING THE IN VITRO GAS PRODUCTION TECHNIQUE

Tomás Emmanuel Castillo- Lucero^{1,2}, Héctor Gutiérrez-Bañuelos², Daniel Rodríguez-Tenorio², Alberto Muro-Reyes², Juan Ignacio Davila-Felix², Heriberto Rodríguez-Frausto², Luis O. Tedeschi³

¹ Facultad de Agronomía y Veterinaria-Universidad Autónoma de San Luis Potosí; ² Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Autónoma de Zacatecas; ³ Departamento de Ciencia Animal-Universidad de Texas A&M.

RESUMEN

Se evaluó mediante análisis convencionales y la producción de gas *in vitro* del zacate (*Cynodon dactylon*) de tres meses Junio, Julio y Agosto en cual al zacate se estudiaron dos tipos tratamientos que fue la forma entera (whole) y adición de Fibra Acido Detergente (NDF) para determinar el valor nutricional de dicha muestra, así como estudiar los ritmos de fermentación, cinética de degradabilidad e identificar los periodos óptimos de cosecha. Para estimar la evolución de la producción de gas se utilizó el software Gas Fit System en el que se seleccionó dos funciones no lineales las cuales fueron $Y = a \times (1 - \exp(-b \times t))$ y $Y = a / (1 + \exp(2+4 \times b \times (c-t))) + d / (1 + \exp(2+4 \times e \times (c - t)))$. Por lo tanto la primera ecuación representa a la porción insoluble la cual forma no tuvo ningún efecto sobre la producción de gas entre NDF y Whole en la \exp_a , (ml), en el ritmo de fermentación NDF tuvo efecto sobre Whole. En la segunda ecuación que representa las porciones solubles e insolubles, no tuvo efecto ($P < 0.05$) entre NDF y whole la producción de gas \log_a , (ml) porción soluble y \log_d , (ml) porción insoluble; pero el ritmo fraccional de fermentación \log_b (1/h) porción soluble si hubo efecto sobre NDF y whole; por lo tanto la época entre junio y agosto es la mejor época para cosechar el zacateca y además hay mayor digestibilidad para el rumiante.

Palabras Clave: análisis, *Cynodon dactylon*, entera, NDF, gas, *in vitro*

ABSTRACT

It was evaluated by means of conventional analyzes and the in vitro gas production of the grass (*Cynodon dactylon*) of three months June, July and August in which two types of treatments were studied for the grass: the whole form (whole) and the addition of Detergent Acid Fiber (NDF) to determine the nutritional value of said sample, as well as to study the

fermentation rhythms, degradability kinetics and identify the optimal harvest periods. To estimate the evolution of gas production, the Gas Fit System software was used in which two non-linear functions were selected, which were $Y = a \times (1 - \exp(b \times t))$ and $Y = a / (1 + \exp(2 + 4 \times b \times (c-t))) + d / (1 + \exp(2 + 4 \times e \times (c - t)))$. Therefore the first equation represents the insoluble portion which forms had no effect on the gas production between NDF and Whole in the \exp_a , (ml), in the rate of fermentation NDF had an effect on Whole. In the second equation representing the soluble and insoluble portions, there was no effect ($P < 0.05$) between NDF and whole on gas production \log_a , (ml) soluble portion and \log_d , (ml) insoluble portion; but the fractional rate of fermentation \log_b (1/h) soluble portion if there was an effect on NDF and whole; therefore, the time between June and August is the best time to harvest the zacateca and there is also greater digestibility for the ruminant.

Keywords: in vitro gas production, whole, NDF, fermentation rate, degradation kinect

INTRODUCCIÓN

Debido a la demanda actual de mayor producción de alimentos, concomitante con la conservación del medio ambiente, hay una necesidad de elaborar nuevas estrategias para la producción animal. Dado que la alimentación constituye una aportación importante a todos los sistemas de producción animal, la comprensión de la calidad de los alimentos con referencia a su influencia en la producción animal y al medio ambiente es una necesidad. Aunque la evaluación de la calidad de la alimentación se ha visto sobre todo en términos de composición de nutrientes y la digestibilidad, el conocimiento de la fisiología gastrointestinal, y su influencia sobre la utilización de nutrientes, han contribuido a orientar el desarrollo de técnicas de la evaluación de los alimentos. Las técnicas de laboratorio para la evaluación de la alimentación es casi seguro desempeñar un papel más importante en la los sistemas de producción futura de los animales (Krishnamoorthy *et al.* 2005). Sin embargo los avances tecnológicos en materia de nutrición han generado nuevas formas de alimentación para los bovinos tanto de tipo cárnico como lechero con el fin de satisfacer la siempre creciente demanda de carne y leche. Por consiguiente, los sistemas de producción bovina tienen que enfocar sobre este aspecto fundamental del proceso Gasque (2008). Existen diferentes técnicas para determinar los patrones de fermentación de los alimentos a través de la incubación en fluido ruminal. Las técnicas *in vivo* e *in situ* son conocidas por sus métodos laboriosos y costosos, larga variación y difícil de estandarizar (Tedeschi *et al.* 2008a). En la actualidad se utiliza por varios nutriólogos el uso de la técnica de producción de gas para la valoración de los alimentos, principalmente de pajas, granos de cereales, arbustivas y residuos agroindustriales, estudiando la cinética de fermentación se complementaria y se haría de forma más concisa la información de nutricional que la que se obtiene, como de los métodos convencionales (Juárez *et al.* 2009). Por lo tanto la técnica de producción de gas *in vitro* emplea sustratos molidos, medio anaeróbico, temperatura de 39°C y fluido ruminal. La técnica puede medir el volumen de gas a presión atmosférica constante, la presión de gas a un volumen fijo, o hace una combinación de ambos procedimientos: disponiendo para tal efecto de metodologías manuales, semiautomáticas y automáticas. La de producción de gases

permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Posada y Noguera 2005). El objetivo de este trabajo fue determinar el valor nutricional del zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*) en tres periodos de tiempo, en la forma del forraje entero del zacate y con la adición de Fibra Detergente Neutro utilizando la técnica de gas producción de gas *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como diseño experimental se evaluó el zacate (*Cynodon dactylon*) en tres periodos para la evaluación de producción *in vitro* en la cámara de incubación los cuales fueron en los meses de Junio, Julio y Agosto. En la cual se dio dos formas de tratamiento a este zacate para la incubación *in vitro*. Por lo tanto Junio es el periodo 1 (tratamiento entero y fibra detergente neutro), julio es el periodo 2 (tratamiento entero y fibra detergente neutro) y agosto es el periodo 3 (tratamiento entero y fibra detergente neutro). El estudio se realizó durante en la Universidad de Texas A&M situada en College Station, Tx. Los componentes que se utilizaron para la incubación del medio de sustrato y la medición de gas de estos mismos fueron una incubadora con agitador múltiple. Los sensores de presión fueron PX40-15G5V son usados. (Omega Engineering Inc., Stamford, CT), 06906-0669, <http://www.omega.com>). Se uso un circuito electrónico para procesar la señal de los sensores de presión. Pico Log versión 5.16.2 es el software desarrollado y recomendado para grabar las señales de presión del convertidor análogo ADC. (Tedeschi *et. al.* 2008a). En el procedimiento de laboratorio se hizo manejo y recolección de muestras. Se uso para la incubación zacate (*Cynodon dactylon*). Las cuales fueron colectadas en tres periodos (Junio, Julio y agosto), después de la colección la muestra fue secada a 75 °C en la estufa aire forzado se molieron posteriormente a 1mm usando un molino. Las muestras fueron enviadas a Cumberland Valley Analytical Services para obtener la composición química de dicha muestra como lo menciona (Chavira 1999). Se realizó preparación de soluciones macro y micro, así como la preparación del buffer y del Medio. Y posteriormente se procede en el laboratorio para la incubación y preparación de las muestras. Como análisis estadístico, para estimar la evolución de la producción de gas se utilizó el software Gas Fit System versión 3.3.3645 el cual este seleccionara el mejor modelo matemático ajustado para dicho estudio como lo menciona (Tedeschi *et. al.* 2008b).

$$Y = a x (1 - \exp(-b x t))$$

$$Y = a x \exp(-\exp(-bxt))$$

$$Y = a / (1 + (2 + 4 x b x (c - t))) + d / (1 + \exp(2 + 4 x e x (c - t)))$$

$$x = \frac{a}{1 + \exp(2 + 4 x b x (c - t))} + \frac{d}{1 + \exp(2 + 4 x e x (c - t))}$$

Donde Y es el gas producido, ml; a+d es el total de gas producido, ml; b y e es el ritmo fraccional de la fermentación 1/h; c es la tasa constante de producción de gas, h y t es el tiempo de incubación, en horas. La producción de gas se midió en 48 horas (2880 minutos)

de incubación). Los datos se sometieron a análisis de varianza para un diseño completamente al azar el comando PROC GLM de SAS, y las medidas se compararon con la prueba de Tukey, Cody y Smith (1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1.0 Producción de gas in vitro (ml 500⁻¹ MS) de *Cynodon dactylon* (Bermuda), comparando la dinamica de fermentación de los tres periodos recolectados y los tratamientos usados usando dos funciones no lineales

Items ¹	Forms			Periods			P. Value			
	NDF	Whole	SEM	1	2	3	SEM	Form	Period	FxP
Exponential										
exp_a, (ml)	24.24	22.40	1.13	25.64 ^a	24.66 ^{ab}	19.65 ^b	1.39	0.28	0.022	0.49
exp_b, (1/h)	0.06 ^a	0.05 ^b	0.00	0.06	0.06	0.06	0.00	0.001	0.45	0.743
exp_c, (h)	5.15 ^a	1.66 ^b	0.35	3.39	3.15	3.67	0.43	<.0001	0.68	0.87
Logistic two pools										
log_a, (ml)	8.20	6.93	0.49	8.29	7.83	6.56	0.61	0.10	0.16	0.66
log_b, (1/h)	0.02 ^b	0.12 ^a	0.01	0.14	0.14	0.14	0.01	0.01	0.94	0.37
log_c, (h)	7.39 ^a	3.99 ^b	0.39	5.57	5.48	6.03	0.47	<.0001	0.68	0.78
log_d, (ml)	14.42	13.47	0.62	15.41	14.84 ^a	11.60 ^a	0.76 ^b	0.30	0.01	0.35
log_e, (1/h)	0.035 ^a	0.032 ^b	0.00	0.03	0.03	0.03	0.00	0.04	0.44	0.92

^{a,b,c} Within a row, LSM without a common superscript letter differ ($P < 0.05$).

¹ a represents the asymptote, mL; b represents the fractional degradation rate, h⁻¹; c represents lag time, h; d represents the asymptote of the second pool (assumed to be fiber), mL; and e represents the fractional degradation rate of the second pool, h⁻¹.

El cuadro 1.0 muestra que en ambas funciones lineales hubo un efecto de interacción sobre los parametros de Exponencial y Logistic two pools. Mientras en el modelo exponencial en FormaXPeriodo (FXP) no hay ninguna interacción, en este caso se comparan los párametros indicados de Forma con los tratamientos dados en el experimento que fueron Fibra Detergente Neutra por si siglas en ingles (NDF) y zacate entero (whole). Forma no tuvo ningún efecto sobre Fibra Detergente Neutro (NDF) y Entero (whole) sobre la producción de gas. Por lo tanto, en el ritmo fraccional de fermentación h⁻¹ las dos interacciones de forma tiene efecto sobre, la Fibra Detergente Nuetro (NDF) en la cual tiene un ritmo fraccional de degradación más rapido que la forma entera (Whole) (0.6 vs 05 h⁻¹; (P<0.001). En el tiempo de retraso Forma tiene efecto sobre la Fibra Detergente Nuetro la tiene un tipo de degradación más alto que entero (whole), (5.15 vs 1.66; P< 0.0001). Ahora, comparando los tres periodos de la parte insoluble con este mismo modelo. El periodo tiene un efecto sobre la producción de gas total en los tres meses. Lo cual el periodo uno tiene una producción de gas igual con el periodo dos (25.64 vs 24.66 ml). El periodo dos y tres son iguales en la producción de gas, en conclusión en el periodo uno que comprende a junio el forraje se encontro de mejor calidad, ya que el rumiante aprovechara su alto valor nutritivo, con lo cual encontrara mayor cantidad de carbohidratos al tener una mayor cantidad de producción de gas total, mientras tanto en el periodo dos que comprende Julio sera similiar al periodo uno con una diferencia de P<0.02. analizando la ecuación logistic two pools, con doble fracción la que comprende

soluble e insoluble. La fracción soluble en lo que comprende la producción de gas total Log_a, (ml) en la forma del tratamiento no hay efecto sobre Fibra Detergente Neutro (NDF) y entero (whole). Mientras tanto en el ritmo de fermentación Log_b, (1/h), el zacate en su forma entera resulto una fermentación más rápida que con Fibra Detergente Neutro (0.12 vs 0.02 h⁻¹) respectivamente P< 0.01, en la tasa de degradación fermentable el parámetro observado en este estudio fue que Fibra Detergente Neutro (NDF) fue más alta que con la forma Entera (whole), (7.39 vs 3.99 h⁻¹ respectivamente P<0.0001. Por lo tanto, en la porción soluble, la producción de gas total no hay efecto sobre (NDF) y (whole). Hubo una diferencia mayor en el ritmo de fermentación con fibra detergente neutra contra Entero (whole), (0.035 vs (0.032 h⁻¹) respectivamente P<0.04. La técnica de gas de producción *in vitro* tiene algunas limitaciones. El mayor factor que afecta a los patrones de fermentación probablemente es el inóculo porque puede variar intrínsecamente el fluido ruminal en el tiempo de colección. También de la fibra dietética en la ración de los animales donantes puede afectar a la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS), aun cuando la composición química de las dietas es similares (Tedeschi et. al. 2008a; Rymer et. al . 2005). Los alcances de la técnica de gas de producción están dados para el bienestar animal, tamaño de la muestra, costo y descripción de la técnica de fermentación, así como la predicción de la digestibilidad, predicción de la Energía metabolizable (EM), composición de los alimentos, determinación de la calidad de los alimentos y predicción del consumo que son descritos por Posadas y Noruega (2005); (Getachew et. al. 2005).

CONCLUSIÓN

La determinación de la producción de gas *in vitro* es importante para los nutricionistas porque proporciona información sobre la cinética de la fermentación de los alimentos. En el experimento realizado la adición de la solución de Fibra detergente neutro (FDN) si tuvo un incremento en el valor nutritivo del forraje, en la que ayudó con una mejor digestibilidad y producción de gas a diferencia que un alimento entero.

LITERATURA CITADA

- Chavira, J.S., R.Y. Puente y E.C. Lerma. 1999. Nutrición Animal Básica. Departamento de Fomento Editorial. UAT. Cd. Victoria, Tamps. Pp. 17.
- Gasque, G. R. 2008. Enciclopedia Bovina. Capítulo del libro: Alimentación de bovinos: Aspectos básicos. 1^a Edición. UNAM-FMVZ. México, D.F. Págs. 9-11.
- Getachew, G., E.J. DePeters, P.H. Robinson and J.G. Fadel. 2005. Use of an *in vitro* rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:547-559
- Juárez, A. S., M.A. Carrillo, E. Gutiérrez, E. M. Romero, J. Colin y H. Bernal. 2009 Assessment of the nutritional value of tropical grasses obtained from conventional analyses and *in vitro* gas production. *Tec. Pecu. Mex.* 47(1): 55-67.
- Krishnamoorthy U., C. Rymer and P. H. Robinson. 2005. The *in vitro* gas production technique: limitations and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:1-7.
- Posada, S. L. and R.R. Noguera. 2005. Técnica *in vitro* de producción de gases: una herramienta para evaluación de alimentos para rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. 17(4).

- Rymer, C., J. A. Huntington, B. A. Williams, and D.I. Givens. 2005. In vitro cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 123-124:9-30.
- Tedeschi, L.O., P. Schofield and A. N. Pell. 2008a. Determining feed quality for ruminants using in vitro gas production technique. 1. Building anaerobic fermentation chamber. 2008 Beef Cattle Report in Texas. Texas A&M University, College Station, Tx. (Submitted) p.
- Tedeschi, L.O., P. Schofield and A. N. Pell. 2008b. Determining feed quality for ruminants using in vitro gas production technique. 2. Evaluating different models to assess gas production measurements. 2008 Beef Cattle Report in Texas. Texas A&M University, College Station, Tx. (Submitted) p.

APORTE NUTRICIONAL DE LA DIETA DEL GANADO CAPRINO PASTOREANDO EN UN MATORRAL INERME PARVIFOLIO

NUTRITIONAL CONTRIBUTION OF THE DIET OF GOATS GRAZING INERME PARVIFOLIO SHRUB

Daniel Rodríguez Tenorio¹, Ramón Gutiérrez Luna², Héctor Gutiérrez Bañuelos¹, Daniel García Cervantes¹, Luis Humberto Díaz García¹

¹ Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, ²Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas.

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el aporte nutricional de la dieta del ganado caprino, se llevó a cabo un experimento en un matorral inerme parvifolio en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas, durante la época de verde y época seca a través del año, encontrando que, los porcentajes de proteína encontrados fueron mas altos en los meses de la época verde que en los meses de la época de sequía. Para obtener el valor nutricional de las muestras se determinó Proteína Cruda, según la técnica de la A.O.A.C., las fracciones de Fibra Ácido Detergente y Fibra Neutro Detergente por el método de Van Soest y la Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca se determinó por el Método de Tilley y Terry. Los valores promedio de proteína encontrados en la dieta de la cabra son superiores a los requerimientos para todas las etapas fisiológicas en la época verde, contrario a lo que sucede en la época seca, en la cual solo se alcanzó a satisfacer los requerimientos de mantenimiento del animal. La Digestibilidad in Vitro de la Materia Orgánica (DIVMO) y Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca (DIVMS) presentaron valores promedio mayores para la época verde aún y cuando no se encontraron diferencias significativas ($P>.05$) entre épocas. La energía digestible (ED) presentó valores más altos en la época verde en relación con la época seca, se encontró que la vegetación no aporta la ED suficiente para ningún estado fisiológico del animal en ninguna época de muestreo.

ABSTRACT

In order to determine the nutritional contribution of the diet of goats, an experiment was carried out in a inerme parvifolio shrub in the county of Villa de Cos, Zacatecas, during the green season and dry season throughout the year, finding that, the percentages of protein found were higher in the months of the green season than in the months of the dry season. To obtain the nutritional value of the samples, Crude Protein was determined, according to the A.O.A.C., the fractions of Detergent Acid Fiber and Detergent Neutral Fiber by the method of Van Soest and the in Vitro Digestibility of Dry Matter was determined by the Method of Tilley and Terry. The average values of protein found in the diet of the goat are higher than the requirements for all the physiological stages in the green season, contrary to what happens in the dry season, in which it was only possible to satisfy the maintenance requirements of the goat. animal. The In Vitro Digestibility of Organic Matter (DIVMO) and

In Vitro Digestibility of Dry Matter (DIVMS) presented higher average values for the green season even though no significant differences ($P>.05$) were found between seasons. The digestible energy (ED) presented higher values in the green season in relation to the dry season, it was found that the vegetation does not provide enough ED for any physiological state of the animal in any sampling season.

INTRODUCCIÓN

Las zonas árida y semiárida de la parte norte de México albergan gran parte de la producción animal bajo sistemas extensivos de producción, donde la población animal encontrada se desarrolla teniendo como base los pastizales nativos. Un primer renglón en la producción animal para el Estado de Zacatecas inmerso en las zonas antes mencionadas lo ocupa el ganado bovino productor de carne bajo condiciones extensivas, aunque también es común la explotación de ganado caprino bajo las mismas condiciones viviendo de pastoreo y ramoneo principalmente (Echavarría *et al* 2007)

La explotación de estas especies no solo en Zacatecas sino en toda la zona norte manifiesta un grave problema de nutrición debido a la prolongada época de sequía, ya que el contenido nutricional de las plantas que constituyen la dieta de los animales en pastoreo disminuye marcadamente trayendo como consecuencia que los animales no satisfagan sus requerimientos nutricionales para sus diferentes estados fisiológicos del agostadero. La posibilidad de entender mejor la problemática y el papel que puede jugar la nutrición en agostaderos en incrementar su producción se ve limitado por falta de trabajos experimentales en estas condiciones.

La especie caprina responde tanto o mas que otras especies en las zonas árida y semiárida y mucho se puede lograr prestando atención a las demandas alimenticias a través de su vida (Shimada, 2009).

El efecto mas notable que sobre la vegetación produce el pastoreo es la sustitución paulatina de las plantas apetecibles para el ganado por otras que no consume, efecto que se acentúa con el uso intenso, irracional y combinado en algunas áreas (Rzedowski, 1983).

Sin embargo, la dieta de los animales en pastoreo es compleja, debido probablemente a que la selectividad de los animales varía de acuerdo a ciertos factores tales como especie animal, disponibilidad de forraje, estado fenológico de la planta, estación del año y grado de pastoreo entre otros, Quispe y Jiménez, 2014.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho “Las Matreras”, en la comunidad de 1º. de Mayo, perteneciente al municipio de Villa de Cos, Zacatecas, el rancho tiene una superficie de 1725

ha., se realiza un pastoreo continuo todo el año, siendo utilizado principalmente para la producción de carne de caprino y bovino, utilizándose una carga moderada (25 ha /UA). El clima es B.S.K.W. con verano caliente (INEGI, 2000). El tipo vegetativo del área de estudio corresponde a un matorral inerme parvifolio. Las muestras para analizar la dieta fueron obtenidas utilizando cuatro caprinos hembras con un peso promedio de 40 kg consideradas como cabras adultas, a las cuales se les fistuló esofágicamente siguiendo procedimientos similares a los descritos por Van Dyne y Torrell (1964) y Harris et al. (1977), con algunas variantes en su elaboración.

Para obtener el valor nutricional de las muestras se determinó Proteína Cruda, según la técnica de la A.O.A.C. (1995), Energía Digestible a partir de la ecuación de Rittenhouse et al., (1971), las fracciones de Fibra Ácido Detergente y Fibra Neutro Detergente por el método de Van Soest (1967) y la Digestibilidad in Vitro de la Materia Seca se determinó por el Método de Tilley y Terry (1963). El valor nutricional los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de comparación de medias por medio de la distribución de T de Student (SAS, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de Materia Orgánica (MO) de la dieta tuvo fluctuaciones altamente significativas ($P < .01$). Los valores promedio para la época verde y seca fueron de 79.14% y 76.42% respectivamente. La Proteína Cruda (PC) encontrada en la dieta mostró una diferencia altamente significativa entre épocas ($P < .01$) Los valores promedio para la época verde y seca fueron de 13.28% y 7.36% respectivamente. La Fibra Neutro Detergente (FDN) de la dieta tuvo diferencias altamente significativas entre las dos épocas ($P < .01$). Siendo para la época verde de 50.01% y la época seca 44.23%. La aportación promedio de Fibra Detergente Ácido (FDA) entre épocas fue de 39.39% para la época verde y de 35.99% para la época seca, siendo la diferencia altamente significativa ($P < .01$).

La hemicelulosa no mostró diferencias entre las dos épocas ($P > .05$), siendo los valores promedio de 11.72% y 12.41%, para la época seca y época verde respectivamente. De igual manera sucedió con el Sílice, no mostró diferencias significativas entre épocas verde y seca ($P > .05$), siendo los valores promedio de 2.83 y 8%, para las épocas verde y seca respectivamente. Para el caso del Contenido Celular (CC) de la dieta mostró diferencia significativa ($P < .05$) entre épocas. Siendo los valores promedio de 55.76% y 42.26%, para las épocas seca y verde respectivamente.

Para la Digestibilidad in Vitro de la Materia Orgánica (DIVMO) y Digestibilidad in Vitro de LA Materia Seca (DIVMS) no existieron diferencias significativas entre épocas ($P > .05$) siendo, los valores promedio para la DIVMO de 49.76% para la época seca y de 51.26% para la época verde. Encontrando para la DIVMS de 53.95% para la época seca y 56.17% para la época verde. Cuadros 1 y 2.

Cuadro1.- tamaño de muestra, media (\pm error estándar) y Desviación estándar de la estimación de la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (divmo) de la dieta de cabras pastoreando en un matorral inerme parvifolío para las épocas verde y seca en el rancho "las matreras" municipio de villa de cos, zacatecas.

Época	n	Media	E.E.	D.E
Seca	8	49.706 a	0.5953	1.6838
Verde	12	51.260 b	1.3762	4.7663

ab Medias con diferente literal son estadísticamente diferentes(P<.01)

Cuadro2.- tamaño de muestra, media (\pm error estándar) y desviación estándar de la estimación de la digestibilidad in vitro de la materia seca (divms) de la dieta de cabras pastoreando en un matorral inerme parvifolío para las épocas verde y seca en el rancho "las matreras" municipio de villa de cos, zacatecas.

Época	n	Media	E.E.	D.E
Seca	8	53.957	5.4731	1.3381
Verde	12	6.172	1.1725	

La Energía Digestible (ED) no mostró diferencias significativas entre épocas (P>.05) siendo los valores promedio de 2.23 (Mcal/kg) para la época seca y 2.35 (Mcal/kg) para la época verde.

El valor nutricional cambió conforme las épocas del año se presentaron, como es el caso de la Proteína Cruda, que presentó los valores más altos durante la época verde y los más bajos en la época seca coincidiendo con Bryant et al.,1991.

Es notable el incremento de proteína en los meses de verano cuando el tiempo permanece lluvioso y fresco. Esto provoca que el zacate rebrote, etapa en la cual es de alta calidad, este incremento es reportado también por Bryant et al. (1991).

Los porcentajes de Proteína encontrados fueron más altos en los meses de lluvia, que, en los meses de sequía. Los valores promedio de proteína encontrados en la dieta de la cabra son superiores a los requerimientos para todas las etapas fisiológicas en la época verde, contrario a lo que sucede en la época seca, en la cual solo se alcanzó a satisfacer la etapa de mantenimiento del animal. La Proteína Cruda tiende a disminuir conforme la planta madura. Los valores más altos son atribuidos al crecimiento y floración de la vegetación.

Los valores más altos de Materia Orgánica (MO) de la dieta se presentaron en la época verde, siendo altamente significativos los valores entre épocas (P<.01) resultados influenciados por la precipitación pluvial ocurrida en esa época.

Cabe señalar que la aportación de arbustivas y presencia de algunas herbáceas hicieron posibles valores muy similares en algunos meses de la época de seca con la época verde. Para el caso de Lignina, Celulosa y Sílice aún y cuando los cuatro elementos presentaron sus valores promedio ligeramente más altos para la época verde, no se presentaron diferencias ($P > .05$).

En lo que se refiere a la (Digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) y Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), no se encontraron diferencias significativas ($P > .05$) entre épocas, los valores promedio para cada una de las determinaciones fue mayor para la época verde.

La presencia de los porcentajes más altos en la época verde obedece al crecimiento activo de la vegetación, originado por las lluvias para esta época específica. La Energía Digestible, presentó sus valores promedio más altos en la época verde, en relación con la época seca, encontrándose que la vegetación no aporta la energía digestible suficiente para ningún estado fisiológico del ganado caprino, en ninguna época de muestreo.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.
- Bryant, J. P., Provenza, F. D., Pastor, J., Reichardt, P. B., Clausen, T. P., & Du Toit, J. T. (1991). Interactions between woody plants and browsing mammals mediated by secondary metabolites. *Annual review of ecology and systematics*, 431-446.
- Echavarría Ch., F.G, Pérez, S.A. y Bañuelos, V.R. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Técnica Pecuaria México*. 45(2):177-194.
- Harris, R.O., D.A. Price y D.C. Tomlin. 1977. Number of fistula samples needed for determination of sheep diet on sagebrush grass range. *J. Range Management* 28:417.
- INEGI. 2000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anexo Cartográfico.
- Quispe, R., y Jiménez, M. 2014. Relación de las forrajeras nativas más preferidas por el ganado vacuno con el contenido nutricional y su disponibilidad dentro del bosque, comunidad de azero norte-parque nacional y área natural de manejo integrado serranía del Ñaño. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias Handbooks*, 247.
- Rittenhouse, L.R., C.L. Streeter y D.D. Calton. 1971. Estimating digestible energy from digestible dry and organic matter in diets of grazing cattle. *Journal of Range Management*. Vol. 24 No.1 pp 73-75.
- Rzedowski J. 1983. Vegetación de México Editorial Limusa.
- SAS. 2009. User's Guide: Statistical Analysis System. Institute Inc. Cary N.C. USA.
- Shimada Miyasaka A. 2009. Nutrición Animal. Editorial Trillas. México.
- Tilley, T.M.A., y R.A. Terry. 1963. A two stages technique for the in vitro digestion of forage crops. *Brit. Grass. Soc.* 18:104-111.
- Van Dyne, G.M. y T Torrell. 1964. Development and use of the esophageal fistula a review. *J. Range Management*. 17:17.
- Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. *J. Animal Sci.* 26:119-128.

COMPOSICION BOTANICA DE LA DIETA DEL GANADO CAPRINO PASTOREANDO EN UN MATORRAL INERME PARVIFOLIO

BOTANICAL COMPOSITION OF DIET OF GOATS GRAZING IN AN INERME PARVIFOLIO SHRUB

Daniel Rodríguez Tenorio¹, Eduardo de Jesús Ruiz Fernández¹, Fabiola Lydie Rochín Berumen¹, Regina Compeán González², Héctor Durán Muñoz³.

¹Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, ²Unidad Académica de Derecho, Universidad Autónoma de Zacatecas, ³Unidad Académica de Ingeniería, Universidad Autónoma de Zacatecas.

RESUMEN

La composición florística del área de estudio se determinó por el método de la Línea de Canfield. Para la identificación de las especies fue mediante la técnica microhistológica. Se colectaron las especies vegetales presentes en el área de estudio para montar la colección de referencia para tenerlo como patrón de comparación en las dietas obtenidas y así lograr su identificación. Los resultados obtenidos para composición botánica fueron sometidos a un análisis de homogeneidad de proporciones por medio de la técnica de Ji cuadrada (X^2). La composición botánica de la dieta presentó fluctuaciones durante las diferentes épocas del año, así como una gran diversidad de especies, encontrándose diferencias altamente significativas ($P < .01$) entre épocas. Las herbáceas de la época seca constituyeron un 32.15 % del total de la dieta, incrementándose a 72.78% en la época verde, lo cual representa una diferencia de más del 100%, lo que pone de manifiesto la tendencia tan marcada de la cabra a preferir mayormente este estrato en la época verde. El consumo de arbustivas durante la época fue de 20.36% del total de la dieta, incrementándose bruscamente durante la época seca hasta el 67.26%, teniendo una diferencia de más del 200%, indicando la preferencia por este sustrato durante la época seca. La aportación de las gramíneas en el total de la dieta fue de 6.56% durante la época verde y de 0.36% en la época seca, siendo notable el hecho de encontrarlas ausentes en la dieta en los meses más críticos de la época seca.

ABSTRACT

The botanical composition of the study area was determined by the Canfield Line method. For the identification of the species, it was through the microhistological technique. The plant species present in the study area were collected to assemble the reference collection to have it as a comparison pattern in the diets obtained and thus achieve their identification. The results obtained for botanical composition were subjected to an analysis of homogeneity of proportions by means of the chi-square technique (X^2). The botanical composition of the diet showed fluctuations during the different seasons of the year, as well as a great diversity of species, with highly significant differences ($P < .01$) between seasons. The herbaceous of the dry season constituted 32.15% of the total diet, increasing to 72.78% in the green season,

which represents a difference of more than 100%, which shows the marked tendency of the goat to prefer mostly this stratum in the green season. The consumption of shrubs during the season was 20.36% of the total diet, increasing sharply during the dry season to 67.26%, with a difference of more than 200%, indicating the preference for this substrate during the dry season. The contribution of grasses in the total diet was 6.56% during the green season and 0.36% in the dry season, being notable the fact of finding them absent in the diet in the most critical months of the dry season.

INTRODUCCIÓN

Las zonas árida y semiárida de la parte norte de México albergan gran parte de la producción animal bajo sistemas extensivos de producción, donde la población animal encontrada se desarrolla teniendo como base los pastizales nativos. Un primer renglón en la producción animal para el Estado de Zacatecas inmerso en las zonas antes mencionadas lo ocupa el ganado bovino productor de carne bajo condiciones extensivas, aunque también es común la explotación de ganado caprino bajo las mismas condiciones viviendo de pastoreo y ramoneo principalmente (Echavarría *et al.*, 2007)

La explotación de estas especies no solo en Zacatecas sino en toda la zona norte manifiesta un grave problema de nutrición debido a la prolongada época de sequía, ya que el contenido nutricional de las plantas que constituyen la dieta de los animales en pastoreo disminuye marcadamente trayendo como consecuencia que los animales no satisfagan sus requerimientos nutricionales para sus diferentes estados fisiológicos del agostadero. La posibilidad de entender mejor la problemática y el papel que puede jugar la nutrición en agostaderos en incrementar su producción se ve limitado por falta de trabajos experimentales en estas condiciones (Jurado *et al.*, 2021).

La especie caprina responde tanto o mas que otras especies en las zonas árida y semiárida y mucho se puede lograr prestando atención a las demandas alimenticias a través de su vida (Shimada, 2009). El efecto mas notable que sobre la vegetación produce el pastoreo es la sustitución paulatina de las plantas apetecibles para el ganado por otras que no consume, efecto que se acentúa con el uso intenso, irracional y combinado en algunas áreas (Rzedowski, 1983). Sin embargo, la dieta de los animales en pastoreo es compleja, debido probablemente a que la selectividad de los animales varía de acuerdo a ciertos factores tales como especie animal, disponibilidad de forraje, estado fenológico de la planta, estación del año y grado de pastoreo entre otros (Hart *et al.*, 1993). COTECOCA-SARH (1980), menciona que el tipo vegetativo denominado Matorral Inerme Parvifolio está ocupando la zona centro y norte del Estado de Zacatecas con una superficie de 1'500,111 ha., donde se sustenta gran parte de la ganadería de tipo extensivo y donde a su vez se carece de trabajos de investigación sobre nutrición en agostaderos que vayan a subsanar la problemática de esa zona. Con lo mencionado anteriormente, se refleja la importancia que tiene conocer el

consumo de especies forrajeras por los animales domésticos, aunado esto, ya que así se determinará en parte el uso óptimo del recurso vegetal y animal.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho “Las Matreras”, en la comunidad de 1°. de Mayo, perteneciente al municipio de Villa de Cos, Zacatecas. El rancho tiene una superficie de 1725 ha., se realiza un pastoreo continuo todo el año, siendo utilizado principalmente para la producción de carne de caprino y bovino. El clima es seco B.S.K.W. con verano caliente. El tipo vegetativo del área de estudio corresponde a un matorral inerme parvifolio donde los principales donde los principales componentes corresponden a los géneros *Larrea-Flourensia*. La composición florística del área de estudio se determinó por el método de la Línea de Canfield (1942) en el mes de junio antes del muestreo, para lo cual se distribuyeron 30 transectos en el área. Las principales especies del área son: *Euphorbia sp.*, *Dalea tuberculata* y *Zinnia acerosa* para Herbáceas y *Parthenium incanum*, *Flourensia cernua* y *Larrea tridentata* para Arbustivas y *Sporobolus airoides*, *Boutelua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* para Gramíneas.

Las muestras para analizar la dieta fueron obtenidas utilizando cuatro caprinos hembras, a las cuales se les fistuló esofágicamente siguiendo procedimientos similares a los descritos por Van Dyne y Torrell (1964). Las muestras obtenidas individualmente fueron agrupadas por día de muestreo y secadas al aire libre durante 72 horas y posteriormente molidas en un molino de willey con malla de 1 mm quedando 12 muestras para la época verde y 12 muestras para la época seca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición botánica de la dieta de cabras presentó fluctuaciones durante las diferentes épocas del año, así como una gran diversidad de especies, encontrándose diferencias altamente significativas ($P < .01$) entre épocas (Cuadro 1). La hierba de la golondrina (*Euphorbia sp.*) fue de las especies más consumidas para la época verde (40.64%) de la dieta conjuntamente con la chatilla (*Zinnia acerosa*) que representó un 25.73% del total de la dieta. Par la época seca las especies herbáceas mas consumidas fueron la Sangre de grado (*Jatropha dioica*) con un 25.24% del total de la dieta y la Engordacabra (*Dalea tuberculata*) con un 3.25%. Las herbáceas de la época seca constituyeron un 32.15% del total de la dieta, incrementándose a 72.78% en la época verde, lo cual representa una diferencia de más de 100% de una época a otra, lo que pone de manifiesto la tendencia tan marcada de la cabra a preferir mayormente este estrato que en la época verde.

Cuadro 1.- composición botánica de la dieta de cabras pastoreando en un matorral inerme parvifolio en el rancho "las matreras" municipio de villa de cos, zacatecas.

Época	Herbáceas	Arbustivas	Gramíneas	Total
-------	-----------	------------	-----------	-------

Seca	Observados	32.15	52.48	67.26	43.82	0.36	3.46	99.77
	Esperados							
Verde	Observados	72.78	52.44	20.36	43.79	6.56	3.45	99.70
	Esperados							
Totales		104.93		87.62		6.92		199.47

Valor estadístico: $X^2 = 46.391$ (Calculada) $X^2 = 0.1$; 2 gl = 9.21 (Tablas)

En el Cuadro 2 se pueden observar los resultados obtenidos para las arbustivas a través de las diferentes épocas durante las cuales se encontró diferencia altamente significativa ($P < .01$). La gobernadora (*Larrea tridentata*) fue de las especies consumidas durante la época verde (5.64%), al igual que las diferentes variedades de Opuntia, representando éstas un 5.63% del total de la dieta. El hojasén (*Flourenzia cernua*) representó el 4.60% del total de la dieta, siendo estas especies las mayormente consumidas en esta época. Durante la época seca el negrito (*Condalia sp.*) representó el 22.9% del total de la dieta, la palma china (*Yucca filifera*), el 16.3% y las Opuntia fueron consumidas en un 12.64% del total de la dieta y la pata de gallo (*Lysium sp*) ocupó el 6.17%.

El consumo de arbustivas durante la época verde fue del 20.36% del total de la dieta incrementándose bruscamente durante la época seca, hasta el 67.26%, teniendo una diferencia de más del 200% de una época a otra, indicando de esta manera la preferencia de las cabras por este estrato durante la época seca.

Cuadro2.-aportación de las arbustivas en la composición botánica de la dieta de cabras pastoreando en un matorral inerme parvifolio en el rancho "las matreras" municipio de villa de cos, zacatecas.

1 subtotales con diferente literal son estadísticamente diferentes

Nombre común	Nombre Técnico	Abreviatura	Época de Muestreo	
			Verde1	Secal
Mariola	Parthenium			
	Incanum	Pain	2.31	0.99
Mezquite	Prosopis			
	Juüflora	Prju	1.30	1.10
Hojasén	Flourenzia cernua	Fice	4.60	0.45
Negrito	Condalia sp	Cosp	0.03	22.9
Palo blanco	Condalia			
	Lycioides	Coly	-----	3.80
Gobernadora	Larrea tridentata	Latr	5.64	-----
Nopal	Opuntia spp.	Opps	*5.63	*12.64
Pata de gallo	Lysium sp.	Lysp	0.07	6.17
Salvia	Salvia sp.	Sasp	0.06	1.66
Guayule	Parthenium			
	Argentatum	Paar	-----	0.16

Jarritos	Penstemon			
	Gentianooides	Pege	0.04	1.08
Palma china	Yuca filifera	Yufi	0.44	16.31
Escobilla	Buddlejía			
	Scordiooides	Busc	0.24	-----
Palo liso	Lisium sp.	Lisp		
Sub totales			20.36a	67.26b

*En este punto se incluyen todas las Opuntia que se reportan por lo difícil que fue su separación.

Las gramíneas mayormente consumidas durante la época fueron *Sporobolus sp.*, *Erioneuron pulchellum*, *Scleropogon brevifolius* y *Bouteloua barbata* con 2.54%, 1.22% y 0.96% respectivamente. No siendo así durante la época seca en la cual el *Erioneuron pulchellum*, *Sporobolus sp.* y *Bouteloua barbata*. Fueron las únicas especies encontradas en la dieta con 0.21%, 0.08% y 0.07% respectivamente. La aportación de las gramíneas en el total de la dieta fue de 6.56% durante la época verde y de 0.36% en la época seca, siendo notable, el hecho de encontrarse ausente en la dieta, en los meses críticos de la época seca.

Durante la época verde, las especies vegetales que encabezaron la dieta de cabras fue el estrato herbáceo con casi $\frac{3}{4}$ partes del porciento total, seguidas de las arbustivas y las gramíneas, obedeciendo básicamente a la aparición de las lluvias y por consecuencia presencia de herbáceas de tipo anual con alta palatabilidad y gustocidad para la cabra. Estos resultados coinciden con los reportados por, Bohman y Lesperance (1967).

En la época seca, el estrato vegetal que encabezó la preferencia por el ganado caprino fue el arbustivo y por último el de las gramíneas debido principalmente a que las plantas herbáceas maduraron o desaparecieron, coincidiendo con Edlefsen et al (1960).

Los cambios drásticos en la composición de la dieta fueron influenciados directamente por la variedad de las especies vegetales, sobre todo de los estratos herbáceo y arbustivo, lo cual depende grandemente de la precipitación pluvial. El incremento en el consumo del estrato herbáceo en la época de lluvia o verde se debe principalmente a que muchas de las herbáceas son anuales, que con las lluvias aparecen, aumentan y tienen mayor gustocidad que los demás estratos, lo que determina que las cabras los consuman en mayor cantidad.

La diversidad de especies vegetales en la dieta de las cabras se debe a que el ganado cuando pastorea en pastizales desérticos utiliza una gran variedad de plantas cuando están disponibles.

LITERATURA CITADA

Bohman, V. R., & Lesperance, A. L. (1967). Methodology research for range forage evaluation. *Journal of Animal Science*, 26(4), 820-826.

COTECOCA-SARH (1980). Subsecretaría de Ganadería. Tomos I y II. Zacatecas y Aguascalientes.

- Edlefsen, J.L., C.W. Cook y J.T. Blake. 1960. Nutrient content of the diet as determined by hand-plucked and esophageal fistula samples. *J. Animal Sci.* 19:560.
- Echavarría Ch., F.G, Pérez, S.A. y Bañuelos, V.R. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Técnica Pecuaria México.* 45(2):177-194.
- Hart, R. H., Bissio, J., Samuel, M. J., & Waggoner, J. W. (1993). Grazing systems, pasture size, and cattle grazing behavior, distribution and gains. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 46(1), 81-87.
- Jurado-Guerra, Pedro, Velázquez-Martínez, Mauricio, Sánchez-Gutiérrez, Ricardo Alonso, Álvarez-Holguín, Alan, Domínguez-Martínez, Pablo Alfredo, Gutiérrez-Luna, Ramón, Garza-Cedillo, Rubén Darío, Luna-Luna, Miguel, & Chávez-Ruiz, Manuel Gustavo. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 12(Supl. 3), 261-285. Epub 24 de enero de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- Shimada Miyasaka, A. (2009). *Nutrición animal*. Trillas.
- Rzedowski J. 1983. *Vegetación de México* Editorial Limusa.
- Van Dyne, G.M. y T Torrell. 1964. Development and use of the esophageal fistula a review. *J. Range Management*. 17:17.

**DIGESTIBILIDAD IN VITRO EN CINCO CULTIVARES DE
(*Cenchrus purpureus*) ESTABLECIDOS EN TRÓPICO SECO DE
NAYARIT, MÉXICO**

**IN VITRO DIGESTIBILITY IN FIVE (*Cenchrus purpureus*) CULTIVARS
ESTABLISHED IN THE DRY TROPICS OF NAYARIT, MEXICO.**

Abieser Vázquez González^{1*}, Adrián Raymundo Quero Carrillo², Yobani Girón Ruiz¹. José Francisco Villanueva Avalos¹. Rigoberto González Mancillas³.

¹CE. Santiago Ixcuintla – CIRPAC – INIFAP; ²Colegio de Postgraduados – Campus Montecillo. ³Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la digestibilidad *in vitro* de materia seca (MS) en cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, establecidas en condiciones de trópico seco de Nayarit, México. El estudio se realizó en el laboratorio de Microbiología Ruminal y Genética Microbiana del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Las muestras evaluadas fueron colectadas en el Sitio experimental el Verdineño – INIFAP. Siendo los cultivares Taiwán A-144, Taiwán morado, CT-115, OM-22 y Maralfalfa, establecidas completamente al azar en parcelas de 6 x 10 m² a razón de 60 000 plantas ha⁻¹. Las plantas fueron cosechadas en época de lluvias a los 35 días de rebrote con 1 metro (m) de altura, dejando un forraje remanente de 0.3 m. La digestibilidad se realizó mediante el método *in vitro*, 0.5 gramos de materia seca mediante incubación con liquido ruminal y luego con pepsina acida, durante 72 horas. El líquido ruminal se obtuvo de una vaca fistulada de raza jersey en condiciones de establo. Se analizaron 10 muestras de cada cultivar. Para el análisis de los resultados se utilizó modelo completamente al azar con 10 repeticiones, y se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.4, con PROC GLM; la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey ($P < 0.05$). Los cinco cultivares mostraron valores de digestibilidad arriba del 50%, siendo OM-22 con el valor más alto 60%. Se recomienda hacer estudios de digestibilidad en las diferentes épocas del año debido a la influencia directa que tiene el ambiente los periodos de rebrote.

Palabras Clave: *Cenchrus purpureus*, digestibilidad *in vitro*, trópico seco.

ABSTRACT

The objective of the work was to determine the *in vitro* digestibility of dry matter in *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone cultivars, established under dry tropical conditions in Nayarit, México. The study was carried out in the Ruminant Microbiology and Microbial Genetics Laboratory of the Campus Montecillo Postgraduate College. The samples evaluated were collected at Experimental Site the Verdineño – INIFAP. Of the cultivars Taiwan A-144, Taiwan purple, CT-115, OM-22 and Maralfalfa, established completely at random in plots

of 6 x 10 m² at a rate of 60,000 plants per hectare. The plants were harvested in the rainy season at 35 days of regrowth with 1 meter in height, leaving a remaining forage of 0.3 meter. Digestibility was performed using the *in vitro* method, 0.5 grams of dry matter by incubation with ruminal fluid and then with acid pepsin, for 72 hours. Ruminal fluid was obtained from a fistulated jersey cow under stable conditions. 10 samples of each cultivar were analyzed. For the analysis of the results, a completely randomized model with 10 repetitions was used, and they were analyzed with the statistical package SAS 9.4, with PROC GLM; Means were compared using Tukey test ($P < 0.05$). The five cultivars showed digestibility values above 50%, being OM-22 with the highest value 60%. It is recommended to carry out digestibility studies at different times of the year due to the direct influence that the environment has on regrowth periods.

Keywords: *Cenchrus purpureus*, *in vitro* digestibility, dry tropics.

INTRODUCCIÓN

La producción animal en Nayarit, se desarrolla principalmente en condiciones de pastoreo extensivo y semi extensivo en áreas tropicales y subtropicales donde los ecosistemas nativos y praderas cultivadas constituyen el recurso más barato para la alimentación del ganado (Villanueva, 2015). En estas condiciones la producción de forraje se reduce en la época de invierno y primavera por déficit hídrico, debido a este fenómeno los ganaderos recurren al consumo de forraje henificado de diferentes pastos, rastrojo de maíz y arroz. Derivado a los altos costos de estos insumos algunos ganaderos han iniciado con el uso de las especies del género *Cenchrus purpureus* antes *Pennisetum purpureum*, por los altos rendimientos de materia seca que los caracteriza, sin embargo, Los forrajes de las zonas tropicales de México tienen menor porcentaje de proteína cruda y mayor proporción de carbohidratos estructurales celulosa, hemicelulosa y lignina; en comparación con los pastos de las regiones templadas. La calidad nutritiva de los forrajes está en función de la proporción y el nivel de consumo, de la digestibilidad del contenido de nutrientes y la eficiencia con que estos pueden ser metabolizados y utilizados por los animales (Giraldo *et al.*, 2007). Los alimentos que más varían en digestibilidad de la materia seca, son los forrajes, debido principalmente a la madurez de la planta. Cabe mencionar que la digestibilidad es un criterio importante para elegir los materiales promisorios a usar en la alimentación animal. Por lo anterior; El objetivo de este trabajo fue determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (MS) de cinco cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, establecidas en condiciones de trópico seco de Nayarit, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Microbiología Ruminal y Genética Microbiana del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, ubicado en Texcoco, estado de México. Las muestras evaluadas fueron colectadas en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sitio experimental el Verdineño, situado en Santiago

Ixcuintla, Nayarit, México (21° 42' 9.60 latitud N y 105° 07' 5.58 longitud W), 50-70 msnm, clima cálido sub húmedo, con lluvias en verano, temperatura media de 22 °C y precipitación de 1200 mm anuales.

Las muestras fueron de cinco cultivares de *Cenchrus purpureus* (Schum.), Morrone, (Taiwán A-144, Taiwán morado, CT-115, OM-22 y Maralfalfa), estas establecidas completamente al azar en parcelas de 6 x 10 m² a razón de 60 000 plantas ha⁻¹. Las plantas fueron cosechadas en época de lluvias a los 35 días de rebrote con 1 metro (m) de altura, dejando un forraje remanente de 0.3 m. Para obtener las muestras se tomaron cuatro repeticiones por parcela (plantas), posteriormente se cortaron en trozos de 10 cm con una tijera de metal, luego se revolviaron las cuatro repeticiones y se tomaron muestras de 400 g en ambos cultivares, posteriormente se secaron en estufa de flujo de aire a 60 °C, durante 72 horas, y se molieron en un molino wiley con malla de 1 mm.

Para determinar la digestibilidad se realizó mediante el método digestibilidad *in vitro*, 0.5 gramos de materia seca mediante incubación con liquido ruminal y luego con pepsina acida, durante 72 horas, propuesta por Tilley y Terry, (1963). El líquido ruminal se obtuvo de una vaca fistulada de la raza jersey en condiciones de establo. Se analizaron 10 muestras de cada cultivar. Para el análisis de los resultados se utilizó modelo completamente al azar con 10 repeticiones, y se analizaron con el paquete estadístico SAS 9.4, con PROC GLM; la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (P< 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las comparaciones indican que existe diferencias estadísticas significativas (P< 0.05), en la digestibilidad de la MS a las 72 horas de incubación, siendo el cultivar OM-22 que mostró el valor más alto (Figura 1).

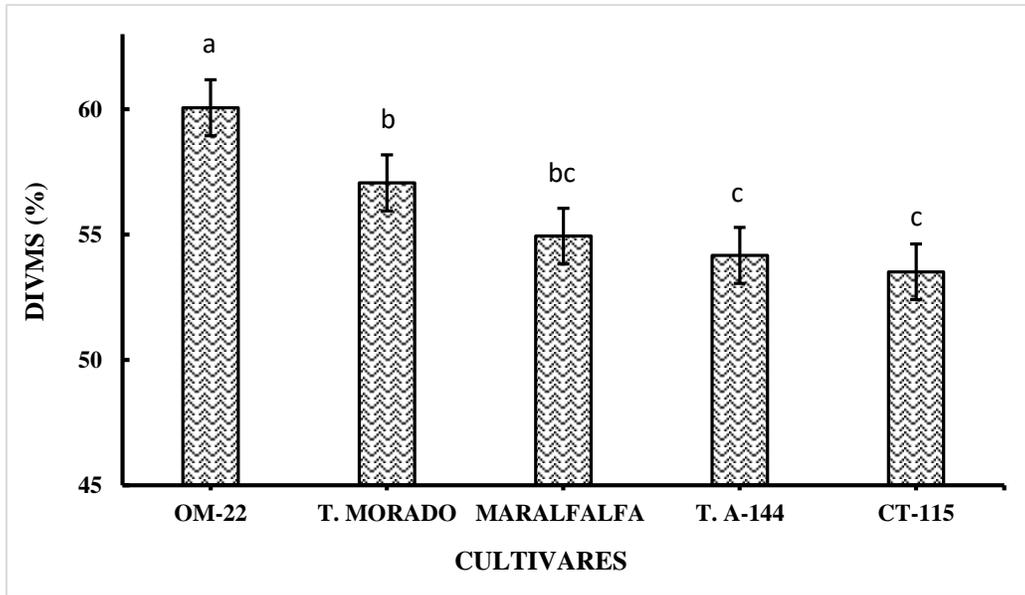


Figura 1. Digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS) en cinco variedades de *Cenchrus purpureus* (Schum.) Morrone, cosechados a 1 m de altura a los 35 días de rebrote en temporada de lluvias, establecidos en trópico sub húmedo de Nayarit. Las barras y letras minúsculas indican mínima diferencia significativa (Tukey, $P < 0.05$).

La digestibilidad puede variar con la edad y altura de la planta. Caballero *et al.*, (2016) reporto valores de 48 % en OM-22, 51% en Taiwán morado y 49% en CT-115 con alturas promedio de 1.3 metros. Ortega *et al.*, 2015. Reporta valores de 69.26% en *Brachiaria* híbrida Mulato y 67% en *Megathyrus maximus*, Mombaza. Ledea (2016) en un estudio con ecotipos de *Cenchrus purpureus*, señaló que, los constantes cambios en la estructura y composición química, estimulados principalmente por la interacción de la edad de rebrote con la estación climática, limitan su utilización por la microflora ruminal.

CONCLUSIÓN

Los cultivares de *Cenchrus purpureus*. Schum. Morrone. Mostraron valores de digestibilidad arriba del 50%, cosechados a 1 metro de altura y 35 días de rebrote en época de lluvias. Sin embargo, se recomienda hacer estudios de digestibilidad en las diferentes épocas del año debido a que el ambiente tiene influencia directa en los periodos de rebrote.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado a través de la Beca de Maestría en ciencias en el colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, otorgada al primer autor.

LITERATURA CITADA

- Caballero, G. A.; Martínez, Z. RO.; Hernández, C. MB.; Navarro, B. M. 2016. Caracterización del rendimiento y la calidad de cinco Accesiones de *Cenchrus purpureus* (Schumach). Morrone. Pastos y Forrajes.39(2): 94-101.
- Giraldo. L.; Gutiérrez. LA.; Rúa. C. 2007. Comparación de dos técnicas in vitro e in situ para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. Rev Colomb Cienc Pec. 20(3):269-279.
- Ledeá, R. JL.; Ray, R. JV.; La O, L. O.; Reyes, P. JJ. 2018. Degradabilidad ruminal de la materia orgánica de variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a sequía. Agronomía Mesoamericana, vol. 29, núm. 2, ISSN: 2215-3608. 375-388 pp.
- Ortega, A. CA.; Lemus, F. C.; Bugarin, P. JO.; Alejo, S. G.; Ramos, Q. A.; Grajeola, N. O.; y Bonilla, C. JA.; 2015. Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los géneros *Brachiaria* y *Panicum*. Tropical and Subtropical Agroecosystems. 18: 291-301.
- Tilley, JMA y Terry, RA (1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops, 18(2): 104–111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x
- 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.

EVALUACIÓN BROMATOLÓGICA Y NUTRICIONAL DE LA MARIOLA (*Parthenium incanum*) EN REGIONES SEMIÁRIDAS DEL ESTADO DE ZACATECAS

BROMATOLOGICAL AND NUTRITIONAL EVALUATION OF MARIOLA (*Parthenium incanum*) IN SEMIARID REGIONS OF THE STATE OF ZACATECAS

García-Cervantes D.*, Muro-Reyes A., Gutiérrez-Piña F. J., Rodríguez-Tenorio D., Espinoza-Canales A., Muñoz-Salas L. C., Gutiérrez-Bañuelos H.
Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. 98500. *Email. daniel.garcia@uaz.edu.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue caracterizar bromatológica y nutricionalmente la Mariola (*Parthenium incanum*) en regiones semiáridas del estado de Zacatecas. La toma de muestras se realizó en tres estaciones del año, otoño, invierno y verano, y comprendió 20 muestreos aleatorios por estación (60 en total) en una superficie de 20 ha, en la región semiárida de Zacatecas. Se realizó la caracterización bromatológica usando técnicas del AOAC y análisis de fibras detergentes de Van Soest usando el equipo Ankom. La determinación de proteína fue mediante el equipo Leco Nitrogen Analyzer. Se realizó una comparación para las variables entre medias mínimas cuadráticas como efecto mayor la estación del año, y se usó la prueba de poder Tukey. La PC presentó diferencias entre las estaciones del año ($P < 0.05$) promediando 15.8 % en otoño, 8.2 en invierno y 11.5 % para el verano. La FND fue estadísticamente diferente, promediando 45.8, 53.3 y 51.0 %, respectivamente para otoño, invierno y verano. Se concluye que la Mariola en otoño y verano representa un excelente forraje para mantener el ganado y para moderadas tasas de ganancia. Además, durante el otoño representa excelente fuente proteica.

Palabras clave: *Parthenium incanum*, proteína, forraje, estación del año.

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas áridos del mundo, las especies arbustivas ofrecen una gran variedad de recursos que es posible explotar (Cook., 1971; Dietz., 1971; Everist., 1971; Houston *et al.*, 1981; Holechek, 1984), siendo el aprovechamiento de las especies forrajeras uno de los más importantes para la producción animal. La alimentación de los animales se basa en el forraje pastoreado en los pastizales naturales. La escasa precipitación pluvial, concentrada en los meses de verano, ocasiona que la productividad de los pastizales sea marcadamente estacional, lo cual origina que la calidad y disponibilidad de forraje sean altas en los meses de verano y otoño, y bajas el resto del año. En estas condiciones el ganado experimenta estados de alimentación deficiente en los períodos de estiaje de invierno y primavera (Echavarría *et al.*, 2006), lo que se refleja en pérdidas de peso, pobre desempeño reproductivo

y baja producción general (Castillo *et al.*, 1989; Morlán *et al.*, 2005; Olhagaray, 2005). Para mantener una producción sostenida se requiere de alimentos de bajo costo y fácil adquisición para suplementar al ganado en la época de estiaje.

La literatura proporciona información sobre diversos recursos forrajeros que pueden ser producidos en condiciones semiáridas, que brinda los nutrientes necesarios para mejorar el estado nutricional de los animales, entre los que destacan las arbustivas forrajeras (Ramírez *et al.*, 2006; Guerrero *et al.*, 2010).

La Mariola es una planta resísete a la sequía, su hábitat es principalmente en los desiertos lo que la hace ser utilizada para el control de la erosión (USDA, 2013). Este arbusto de 0.3 a 1.5 m de altura, ramificado desde su base con abundantes ramas de aspecto blanquecino. Hojas de 1.5 a 6 cm de largo, pinatífidas o profundamente lobulares. La inflorescencia son panículas corimbosas agrupadas en las partes terminales de las ramas. Las flores son pequeñas, de color blanco; las externas son fértiles mientras que las internas o del disco son estériles. El fruto es un pequeño aplanado con dos aristas divergentes. Florece de junio a octubre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un predio ubicado en el municipio de Villa de Cos, Zacatecas a 23° 36' 23.26'' N y 102° 10' 25.49 O, con elevación sobre el nivel del mar de 2013 m. En un potrero de 20 h, se procedió a muestrear aleatoriamente Mariola (*Parthenium incanum*). Los muestreos se realizaron en otoño (18 de octubre del año 2012), invierno (18 de enero) y verano (el 26 de julio del 2013), 20 muestreos por estación del año para un total de 60. Las muestras se deshidrataron a 60°C durante 48h y se molieron en molino con criba de 1mm, después se procedió a determinar 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 Neutro (FND) y Ácido detergentes (FAD) 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.

Mediante análisis de medias repetidas (Analysis of Repeated Measures Data), se obtuvieron comparaciones de medias mínimas cuadráticas, usando como efecto principal la estación del año (otoño, invierno y verano) usando PROC MIXED de SAS (v 9.01).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 4. Análisis de calidad de Mariola *Parthenium incanum* durante tres estaciones del año.

Estación del año	MS %		CENIZAS %MS		PC %MS		FND %MS		FAD %MS	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Otoño	82.0	97.5	9.95	23.9	12.2	21.6	33.0	63.6	26.1	35.4

Invierno	57.8	69.5	4.8	34.8	4.9	10.1	9.7	69.6	5.4	51.0
Verano	43.7	79.9	8.11	45.0	6.93	16.0	43.3	57.1	28.9	44.5
Desviación estándar	15.3		8.73		3.69		9.42		7.43	
Error estándar	5.87		1.9		0.34		2.22		1.38	

En un estudio realizado por la universidad Antonio Narro en el ejido Tanque de Emergencia reportó que la Mariola (*Parthenium incanum*) obtuvo una producción de 355.6 kg de MS/Ha, al aplicar cargas animal moderada y alta; se observó que, la producción de forraje disminuye en un 37% con la carga alta (Jama, 2003). En el presente estudio se observó que el porcentaje de materia seca en otoño y el menor en verano con los siguientes resultados 97.55 y 43.77. Los resultados obtenidos en análisis estadístico marca que tanto para invierno como verano no existen diferencias significativas, pero si en otoño.

En cuanto a cenizas se observó que la época con mayor porcentaje de cenizas y por consiguiente la menor en materia orgánica fue en verano y la menor invierno; en los resultados estadísticos se muestra que tanto otoño como verano no tienen diferencias significativas ($P > 0.05$; 15.8 y 19.5) y verano, con 8.4. La cantidad de cenizas muestra el porcentaje de minerales existente en la muestra.

La Mariola tiene una importancia forrajera muy preferida por bovinos, ovinos y caprinos. En la dieta de bovinos ha contribuido de un 8-22 %, con mayor consumo durante la floración. En caprinos su contribución ha variado de 22-26 %, con mayor participación durante la época seca. En ovinos, ha formado hasta el 38 % de la dieta. El contenido de proteína en hojas ha variado de 11.7 a 20.3 % (Melgocha *et al.*, 2003). En los resultados obtenidos se mostró que el porcentaje de proteína varía desde 4.98 y 21.61, siendo la más alta en otoño y la más baja en invierno; en los resultados estadísticos las tres épocas son diferentes en cuanto al contenido de proteína teniendo 15.8 para el otoño, 8.2 para invierno y 11.5 para verano, en las tres épocas la proteína requerida para mantenimiento para que un bovino se pueda mantener requiere de 7 a 8 % de proteína cruda y en los tres muestreos realizados se puede observar que se cumple lo requerido por el ganado.

Beltrán (2012) señala que el porcentaje de FND es de 55.73 y 53.60 de FAD en los resultados obtenidos en el presente estudio se observó que para FND (9.7 y 69.65) y FAD (5.45 y 51.06), tanto el porcentaje mayor como el menor se registraron en invierno ($P < 0.05$), para los dos tipos de fibras; en lo estadístico la FND en otoño es igual que en verano este último es igual que invierno, pero invierno diferente a otoño, si se tiene un bajo contenido de FND nos indica que el forraje es de mayor calidad. Un bajo contenido en FND y FAD permite buen consumo y alto contenido de energía.

CONCLUSIONES

El valor nutricional de la Mariola se incrementa en otoño y verano disminuyendo paulatinamente en invierno. Durante las tres estaciones del año estudiadas se puede observar que la proteína cubre los requerimientos de mantenimiento y ligeras tasas de ganancia.

LITERATURA CITADA

- Beltrán López. 2012. Coordinación general de ganadería. Enlace regional centro-norte. Estrategias de amortiguamiento de la sequía en la producción caprina. <http://www.cnspr.caprinos.org.mx/biblioteca/foroscaprinos/ponenciasforoslp2012/presentacionbeltran2012.pdf>
- Castillo, C.M., G.E. Aparicio, y M.J. Urrutia. 1989. Caracterización de la caprinocultura en cinco ejidos del municipio de Venado, S.L.P. En: Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C., editor, Memorias de la V Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Zacatecas, Zacatecas, México. p. 28-31.
- Cook CW (1971) Comparative nutritive values of forbs, grasses and shrubs. En McKell CM, Blaidell JP, Goodin JR (Eds.) Wildlands shrubs, their biology and utilization. General Technical Report INT-1. USDA Forest Service. Utah State University, Logan, Utah. EEUU. pp. 303- 310.
- Dietz D (1971) Nutritive value of shrubs. En McKell CM, Blaidell JP, Goodin JR (Eds.) Wildland Shrubs, their biology and utilization. General Technical Report INT-1. USDA Forest Service. Utah State University, Logan, Utah. EEUU. pp. 289- 302.
- Echavarría, C.F.G., L.R. Gutiérrez, R.R.I. Ledesma, V.R. Bañuelos, S.J.I. Aguilera, y P.A. Serna. 2006. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano. I Vegetación nativa. Téc. Pec. Méx. 44:203-217.
- Everist SL 1971 Continental Aspects of Shrubs. Distribution, Utilization and Potentials. Australia. En McKell CM, Blaidell JP, Goodin JR (Eds.) Wildland Shrubs, their biology and utilization. General Technical Report INT-1. USDA Forest Service. Utah State University, Logan, Utah. EEUU. pp. 16-25.
- Guerrero, M., A.S. Juárez, R.G. Ramírez, R. Montoya, M. Murillo, O. La O, y M.A. Cerrillo. 2010. Composición química y degradabilidad de la proteína de forrajes nativos de la región semiárida del norte de México. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 44:147-154.
- Gutiérrez, L. R., Rodríguez, T. D., Martínez, T. G., Aguirre, C. C. E., y Sánchez, G. R. A. 2012. Bancos de Proteína para Rumiantes en el Semiárido Mexicano. Folleto Técnico Número 47. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP, 32 Páginas.
- Holechek J 1984 Comparative Contribution of Grasses, Forbs and Scrubs to the Nutrition of Range Ungulates. Rangelands 6:6.
- Houston JE, Rector BS, Merrill L, Enghdl BS (1981) Nutritional Values of Range Plants in the Edwards Plateau Region of Texas. Texas Agricultural Experiment Station. Texas. EEUU. 16 p.
- Moore JE 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.
- Morlán, C.A.A., T.J. De Lucas, y L.E. Valdez. 2005. Caracterización de sistemas de producción de pequeños rumiantes en Venado y Villa de Arista, San Luis Potosí. En: Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C., editor, Memorias de la XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Culiacán, Sinaloa, México. p. 625-631.
- Olhagaray, C.O.R. 2005. Diagnóstico del segundo año del GGAVATT-INIFAP en el Ejido Juan E. García del municipio de Lerdo, Durango. En: Asociación Mexicana de Producción Caprina A.C., editor, Memorias de la XX Reunión Nacional sobre Caprinocultura. Culiacán, Sinaloa., México. p. 615-624.
- Ramírez, R.G., y M.A. Núñez-González. 2006. Chemical composition, digestion and mineral content of native forbs consumed by range sheep. J. Anim. Vet. Adv. 5:1158-1164.
- USDA. 2010. United States Department of Agriculture. Fourwing Saltbush (*Parthenium incanum*.) USDA-NRC. Plant Guide.

CALIDAD NUTRITIVA DE LA DIETA DE BOVINOS EN PASTOREO COLECTADA CON BECERROS FISTULADOS DEL ESOFAGO Y DEL RUMEN

NUTRITIONAL QUALITY OF DIET FROM GRAZING CATTLE COLECTED WHIT STEERS FISTULATED OF THE ESOPHAGUS AND RUMEN

Manuel Murillo Ortiz¹, Karina A Araiza Ponce², Esperanza Herrera Torres³, Francisco O Carrete Carreón¹, Javier Palacios Torres¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango; ²Estudiante graduada del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales- Universidad Juárez del Estado de Durango; ³Instituto Valle del Guadiana- Instituto Nacional de México; ¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia- Universidad Juárez del Estado de Durango; ¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango

RESUMEN

En este estudio se evaluó la calidad nutritiva de la dieta de bovinos en pastoreo durante las cuatro estaciones del año la cual fue colectada con tres bovinos fistulados del esófago (FE) y tres con fistula en el rumen (FR). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4. No se observaron interacciones entre técnica de muestreo y época del año sobre los contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (L) ($P > 0.05$). Los contenidos de PC FDN y L de la dieta fue más alto con FR en comparación con FE ($P < 0.05$). No se observaron interacciones entre técnica de muestreo y época del año sobre los parámetros de degradabilidad *in situ* de la materia seca ($P > 0.05$). Los valores de los parámetros “fracción soluble **a**, fracción degradable **b** y degradabilidad potencial **a+b** fueron más altos en la dieta colectada con FE y más bajos con FR ($P < 0.05$). Como se esperaba los valores más altos de **a**, **b**, **a+b** y tasa de degradación **c** se registraron en la época de lluvia y los más bajos en la época seca. Las muestras de forraje recolectadas en animales en pastoreo provistos con FE y FR se contaminan con saliva y descamaciones endógenas en el rumen. Sin embargo, hasta la fecha, representan los métodos más confiables para determinar la composición química de la dieta de rumiantes en pastoreo.

Palabras clave: dieta, bovinos pastoreo, fistula esofágica, fistula ruminal.

ABSTRACT

In this study, the nutritional quality diet of the grazing cattle was evaluated during the four seasons of the year, which was collected from three steers with esophageal fistula (EF) and three with rumen fistula (RF). A completely randomized design with a 2x4 factorial arrangement was used. No interactions were observed between the sampling technique and the season of the year on the contents of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and lignin (L) ($P > 0.05$). The

CP, NDF and L contents of the diet were higher with RF compared to EF ($P < 0.05$). Not interactions were observed between the sampling technique and the season of the year on the *in situ* degradability parameters of the dry matter ($P > 0.05$). The parameters values of the “soluble fraction **a**, degradable fraction **b** and potential degradability **a+b** were higher in the diet collected with EF and lower with RF ($P < 0.05$). As expected, the highest values of **a**, **b**, **a+b** and degradation rate **c** were recorded in the rainy season and the lowest in the dry season. Forage samples collected from grazing animals provided with EF and RF are contaminated with saliva and endogenous desquamation in the rumen. However, to date, they represent the most reliable methods for determining the chemical composition of the diet of grazing ruminants.

INTRODUCCIÓN

En los estudios de nutrición de rumiantes en condiciones de libre pastoreo, conocer la calidad nutritiva de la dieta seleccionada voluntariamente por los animales, reviste una importancia fundamental en las decisiones agronómicas y de manejo que se puedan generar para mejorar la utilización del recurso pastizal y la eficiencia productiva del ganado (Murillo *et al.*, 2014). Debido a la selectividad del ganado en pastoreo, animales provistos con fístulas esofágicas y ruminales se han utilizado ampliamente para obtener muestras representativas de la dieta consumida por animales en apacentamiento (Olson, 1991). Ambas técnicas de colección de la dieta consumida por el ganado en pastoreo tienen ventajas y desventajas. Los principales problemas asociados con el muestreo con la fístula esofágica son la contaminación salival, contaminación ruminal, recuperación incompleta y obtención de muestras no muy representativas en pastizales de grandes extensiones. Se ha encontrado que periodos de colección mayores de 30 min con fístulas esofágicas, incrementan la posibilidad de regurgitación de contenido ruminal dentro de las bolsas de colección. La fístula ruminal tiene algunas ventajas sobre la fístula esofágica. Son más fácilmente establecidas y mantenidas que las fístulas esofágicas y los animales fistulados requieren de menos cuidados durante el muestreo que los animales fistulados del esófago. No obstante, el muestreo requiere de la remoción del contenido del rumen, seguido del pastoreo del animal y el reemplazamiento del contenido original. La técnica de la fístula ruminal permite muestrear todo el forraje que el animal consume durante el periodo de colección. Sin embargo, se requiere mucho tiempo y esfuerzo para vaciar y lavar el rumen y reemplazar el contenido después del muestreo. La remoción del contenido del rumen afecta adversamente la fisiología del animal debido al flujo de líquidos corporales y el vaciado del rumen puede estimular al animal a comer más rápidamente y afectar la selectividad normal. El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad nutritiva de la dieta consumida por ganado en libre pastoreo colectada con animales provistos con fístulas esofágicas y ruminales.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se desarrolló, en un agostadero con vegetación clasificada como pastizal mediano arbosufrutescente en lomeríos del malpaís al oriente de la ciudad de Durango. El área de muestreo se ubica a los 104° 32' 21 '' longitud oeste y 24° 32' 00'' latitud norte; con una altitud de 1800 msnm y un clima seco templado con lluvias en verano (BS₁K). La región presenta una temperatura y una precipitación pluvial media anual de 17.5°C y 450 mm, respectivamente (INEGI, 2003).

Procedimiento de muestreo del forraje

En la obtención de muestras de la dieta utilizaron la técnica de la fístula esofágica (FE) y la técnica de la fístula ruminal (FR). Los muestreos de la dieta se realizaron durante los meses de marzo, abril y mayo que son representativos de la época seca (S) y julio, agosto y septiembre representativos de la época de lluvia (LL). Con la técnica FE se utilizaron 3 novillos de 320 kg de PV fistulados del esófago (FE) y con la técnica FR se utilizaron 3 novillos de 350 Kg de PV fistuladas del rumen los cuales pastorearon al mismo tiempo que los novillos fistulados del esófago (Holecheck et al., 1982). En ambos casos, los muestreos se realizaron por la mañana (7:30 a.m.), durante cuatro días consecutivos y con una duración de 45 min (Lesperance *et al.*, 1960). Para la obtención de las muestras de forraje con novillos fistulados del rumen, se evacuó en su totalidad el contenido del rumen de cada novillo y de inmediato se depositó en bolsas de polietileno negro (Olson, 1991). Enseguida, a los novillos se les permitió pastorear y una vez concluido el tiempo de muestreo, se tomó a través de la fístula ruminal el forraje recolectado en el rumen y de inmediato nuevamente se introdujo al rumen el contenido ruminal que previamente se había extraído (Gutiérrez, 1991). Las muestras de forraje obtenidas a través de fístula esofágica y ruminal, se conservaron en hielo hasta su traslado al laboratorio donde se congelaron para los posteriores análisis de laboratorio.

Calidad Nutritiva

A las muestras de forraje obtenidas por ambas técnicas se les determinó materia seca (MS), materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) (AOAC, 1994), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (L) (Van Soest *et al.*, 1991) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) utilizando el incubador Daisy.

Degradabilidad ruminal *in situ*

Para la determinación de la degradabilidad *in situ* de las muestras de la dieta obtenidas con ambas técnicas de muestreo, se utilizaron dos novillos fistulados del rumen. Se incubaron durante el pastoreo de los animales, 10 gr de muestra en bolsas de 10 x 20 cm de poliéster, micro-filamento blanco Las bolsas se incubaron en orden inverso a intervalos de 0, 3, 6, 9, 15, 24, 36, 48, 72 y 96 horas (Orskov y McDonald 1979). La degradabilidad de la materia seca al tiempo "0" se determinó por medio de la inmersión en el rumen de bolsas con 10 gr

de muestra cribada a 2 mm durante 1 minuto. Los parámetros de las curvas de degradabilidad ruminal se obtuvieron con el modelo propuesto por McDonald (1981) el cual es el siguiente: $Y = a + b \cdot (1 - e^{-c \cdot (t-L)})$. Donde: **Y** es la degradación en función del tiempo (t); **a** es la fracción soluble; **b** es la fracción potencialmente degradable; **c** es la tasa constante de degradación y **L** es la fase de retraso o de periodo prefermentativo (h). Por medio de **a+b** se estimó la degradabilidad potencial (**DP**).

Análisis estadísticos.

Los valores individuales de calidad nutritiva, así como de los parámetros **a**, **b**, **c**, **a+b** y **L** se sometieron a un análisis de la varianza para un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x4 según el modelo: $Y_{ijk} = \mu + \text{técnica}_i + \text{época}_j + \text{técnica} \cdot \text{época}_{ij} + E_{ijk}$. En el análisis de los datos se utilizaron los procedimientos NLIN y GLM de SAS (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron interacciones entre técnica de muestreo y época del año sobre los contenidos de MS, MO, PC, FDN, FDA y L ($P > 0.05$) (Cuadro 1). El contenido de PC de la dieta fue más alto con FR en comparación con FE ($P < 0.05$). También, los contenidos de FDN y L de la dieta fueron más altos con FR en comparación con FE ($P < 0.05$). Sin embargo, se encontró interacción técnica*época de muestreo en la DIVMS ($P < 0.05$). En la época seca y con FE, la DIVMS fue más alta en el forraje obtenido que con FR en la misma época de muestreo; mientras que en época de lluvia la DIVMS fue más baja en el forraje obtenido con FE que en el forraje recolectado con FR en la misma época de muestreo. Como se esperaba los valores de PC y DIVMS fueron más altos en la época de lluvia y los más bajos en la época seca. Las diferencias en los contenidos de PC entre FE y FR, pueden atribuirse al nitrógeno de la saliva de las muestras de la dieta que fueron colectadas con FE (Olson, 1991). En relación con los valores más altos de PC y DIVMS registrados en la época de lluvia, pueden explicarse por la mejor calidad nutritiva de los pastizales en esta época del año. Los valores MS, MO, PC, FDN, FDA, L y DIVMS coinciden con los reportados por Murillo *et al.* (2006) al evaluar la dieta de bovinos en pastoreo.

Por otro lado, no se observaron interacciones entre técnica de muestreo y época del año sobre los parámetros de degradabilidad *in situ* de la materia seca ($P > 0.05$). Los valores de los parámetros **a**, **b** y **a+b** fueron más altos en la dieta colectada con FE ($P < 0.05$) y más bajos con FR. No obstante, los valores de **c** y **L** fueron más bajos con FE y más altos en FR ($P < 0.05$). También, como se esperaba los valores más altos de **a**, **b**, **a+b** y **c** se registraron en la época de lluvia y los más bajos en la época seca.

Cuadro 1 Interacciones y efectos principales de técnica y época de muestreo en la calidad nutritiva de la dieta.

Técnica		Efectos Principales
FE	FR	

	Épocas				Técnica		Época		DE
	S	LL	S	LL	FE	FR	S	LL	
MS (%) ^{ab}	89.7	85.7	91.1	90.6	87.7	90.9	90.4	88.2	0.378
MO (%) ^{ab}	87.3	83.3	86.2	84.8	85.3	85.5	86.7	84.0	0.232
PC (%) ^{ab}	6.6 ^o	10.1	7.0	13.2	8.3	10.1	6.8	11.6	0.191
FDN (%) ^{ab}	71.3	63.4	76.9	71.9	67.4	74.4	74.1	67.6	0.874
FDA (%) ^{ab}	49.5	42.3	58.6	50.5	45.9	54.6	54.0	46.4	0.599
L (%) ^{ab}	7.1	4.4	12.4	9.4	5.7	11.2	9.8	7.1	0.497
DIVMS (%) ^{abc}	60.8	68.0	55.4	70.3	64.4	62.8	58.1	69.1	0.751

^{ab}Efecto de técnica (P< 0.05); ^{ab}Efcto de época (P< 0.05) ^cInteracción técnica*época (P< 0.05)

La fase prefermentativa “L” fue menos prolongada en la época de lluvia en comparación con la época seca (P< 0.05). Los valores de **a**, **b**, **a+b**, **c** y **L** registrados en este estudio, son similares a los encontrados por Reyes (2005) en bovinos apacentados en un pastizal mediano arbosufrutescente.

Cuadro 2. Interacciones y efectos principales de técnica y época de muestreo en los parámetros de degradabilidad *in situ* de la materia seca de la dieta.

	Técnica								DE		
	FE				FR						
	Épocas				Efectos Principales		Técnica			Época	
	S	LL	S	LL	FE	FR	S	LL			
	Parámetros										
a (%) ^{ab}	18.0	21.0	1.9	4.3	19.5	3.1	9.9	12.7	0.667		
b (%) ^{ab}	58.2	63.5	51.4	57.5	60.9	54.4	54.8	60.5	0.756		
a+b (%) ^{ab}	76.0	84.6	53.3	61.8	80.3	57.6	64.6	73.2	0.610		
c (%/h) ^{ab}	2.0	4.8	3.6	5.5	3.4	4.5	2.8	5.1	0.407		
L (h) ^b	4.0	2.2	4.2	2.3	3.1	3.3	4.1	2.2	0.432		

^aEfecto de técnica (P< 0.05) ^bEfecto de época (P< 0.05) ^cInteracción método*época (P< 0.05)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este estudio, indican que a pesar de que las muestras de forraje recolectadas en animales en pastoreo provistos con cánulas esofágicas y ruminales se contaminan con saliva y descamaciones endógenas en el rumen, hasta la fecha, representan los métodos más confiables para determinar la composición química de la dieta y las necesidades suplementación alimenticia de rumiantes en apacentamiento.

LITERATURA CITADA

- AOAC, 1999. Official Methods of Analysis (16th Ed.) Ass. Off. Anal. Chem. 13a Ed. Washington, D. C. USA.
 Gutiérrez, J. L. 1991. Nutrición de rumiantes en pastoreo. Colección de Textos Universitarios. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México
 Holechek, J. L., M. Vavra and R. D. Pieper. 1982. Methods for determining the nutritive quality of range ruminants diets: a review. Journal of Animal Science. 54:363-376.

- INEGI, 2003. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Anuario Estadístico del Estado de Durango. México.
- Lesperance, A. L., V. R. Bohman, and D. W. Marble. 1960. Development of techniques for evaluating grazed forage. *Journal of Dairy Science*. 43:682-689.
- McDonald I. M. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in rumen. *Journal of Agricultural Science*. 96: 251-252.
- Murillo, O. M., M. Mellado., E. Herrera., O. Reyes and F. O. Carrete. 2014. Seasonal diet quality and metabolic profiles of steers grazing on Chihuahuan desert rangeland. *Livestock Science*. 165: 61-65
- Murillo, O. M., O. Reyes, E. Herrera, M. Guerrero, G. Nevarez , R. Montoya, A. S. Juárez and M. A. Cerrillo. 2006. Chemical composition, intake and in vitro gas production of forage selected by cattle in a grassland of Northern Mexico. *ADSA-ASAS Journal Animal Science*. 84:23. suppl. 1. *Journal of Dairy Science*. 89:23 suppl. 1
- Olson, K. C. 1991. Diet sample collection by esophageal fistula and rumen evacuation techniques. *Journal of Range Management*. 44:515-519.
- Orskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weigh according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science*. 92:499-503.
- Reyes, E. O. 2005. Cinética de la degradación ruminal *in situ* de la dieta consumida por bovinos en libre pastoreo durante cuatro estaciones del año. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango
- SAS Institute. SAS User's Guide: Statistics. SAS Institute, INC, Cary. North Carolina, 1985. p. 672.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74:3583-3597.

PRODUCCIÓN IN VITRO DE GAS METANO POR GRAMINEAS FORRAJERAS DE CLIMA TEMPLADO

IN VITRO PRODUCTION OF METHANE GAS BY FORAGE GRAMINEAE OF TEMPERATE CLIME

Karina Araiza-Ponce¹, Manuel Murillo Ortiz², Fanny Reveles Saucedo²; Rafael Jiménez Ocampo³, Fernando Reyes Méndez⁴.

¹ Estudiante del Programa Institucional de Doctorado de Ciencia Agropecuarias y Forestales -Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), ² Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia -UJED, ³ Campo experimental Valle del Guadiana-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ⁴ AGROREY- Durango.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de gas y metano (CH₄) por gramíneas forrajeras de origen templado durante la incubación bajo condiciones *in vitro*. Se utilizaron las siguientes gramíneas forrajeras: Bromo (*Bromus inermis*), Orchard (*Dactylis glomerata*), Ryegrass anual (*Lolium multiflorum*); Festuca alta (*Festuca arundinacea*) y Triticale (*xTriticosecale Wittmack*). A cada forraje se le determinaron los contenidos de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina, así como, la producción de CH₄ y producción de gas a las 24 h. La producción de gas *in vitro* mostró diferencias entre forrajes (P< 0.05). La cantidad de CH₄ fue diferente entre forrajes (P<0.05), el Bromo y Festuca fueron los forrajes con menor producción de CH₄. Se construyó un modelo tomando como variables independientes la producción de gas a las 24h y la FDN, y la producción de CH₄ como variable dependiente: CH₄= 5.57 + 0.08 PG24h – 0.05 FDN, Cuadrado medio residual (CMR)= 1.9; r²=0.71. El CMR de 1.9, indica una varianza aceptable al reflejar una reducida distancia entre los valores observados y predichos. Así mismo, en el modelo el 71% de las variaciones en la producción de CH₄ las explica la producción de gas *in vitro* a las 24 h de fermentación (ml/gMS) y el contenido de FDN (%). El modelo propuesto puede utilizarse para estimar las emisiones de CH₄ de praderas de gramíneas.

Palabras claves: metano, producción de gas *in vitro*, fibra detergente neutra, praderas, modelo.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the gas and methane (CH₄) production by forage grasses of temperate origin during incubation under *in vitro* conditions. The following forage grasses were used: Brome (*Bromus inermis*), Orchard (*Dactylis glomerata*), annual Ryegrass (*Lolium multiflorum*); Tall fescue (*Festuca arundinacea*) and Triticale (*xTriticosecale Wittmack*). The contents of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (FDA), hemicellulose, cellulose and lignin as well as gas production at 24 h and methane. *In vitro* gas production

showed differences between forages ($P < 0.05$). The amount of CH_4 was different between forages ($P < 0.05$) and Brome and Fescue were the forages with the lowest CH_4 production. A model was built from gas production at 24h as and NDF content as independent variables and CH_4 production as dependent variable: $\text{CH}_4 = 5.57 + 0.08 \text{ PG}_{24\text{h}} - 0.05 \text{ NDF}$; Residual Mean Square (CMR) = 1.9; $r^2 = 0.71$. The CMR of 1.9 indicates an acceptable variance by reflecting a reduced distance between the observed and predicted values. Likewise, in the model, 71% of the variations in CH_4 production are explained by *in vitro* gas production at 24 hours of fermentation (ml/gDM) and the FDN content of the forage (%). The proposed model can be used to estimate CH_4 emissions of gramineae meadows.

Keywords: methane, *in vitro* gas production, neutral detergent fiber, meadows, regression model.

INTRODUCCIÓN

La ganadería mexicana que se desarrolla en las zonas y semiáridas del país enfrenta dos retos importantes. Por lado, la baja disponibilidad de forraje en los pastizales, la cual se ve agravada durante la época de sequía (Murillo *et al.*, 2012) y por otro, las altas emisiones de gases de efecto invernadero, donde el metano (CH_4) aparte de su impacto ambiental, disminuye el uso de la energía por los microorganismos del rumen y como una consecuencia reduce la productividad del ganado (Cardona *et al.*, 2017). En la alimentación de rumiantes, el uso de pastos forrajeros con mayor contenido celular y menor contenido de pared celular potencialmente fermentable, permite una mayor eficiencia energética que permite reducir la emisión de CH_4 y contribuye al propósito de mitigar el cambio climático. En nuestro país existen escasos estudios sobre las emisiones de CH_4 y CO_2 de las gramíneas forrajeras que consume el ganado. Por lo tanto, se carecen de programas para implementar estrategias de alimentación para reducir la producción de CH_4 y CO_2 (Molina *et al.*, 2013). El uso de praderas y forrajes de alta calidad representan una alternativa viable para reducir el CH_4 , ya que los alimentos de rápida fermentación favorecen las rutas metabólicas que limitan la metanogénesis (Galindo *et al.*, 2005). En nuestro país numerosas investigaciones han generado información sobre la producción de CH_4 de forrajes. Sin embargo, se requieren estudios más detallados a nivel regional, para implementar de forma eficiente estrategias de alimentación para disminuir la producción de metano (Bonilla y Lemus, 2012). Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar la producción de gas y CH_4 emitidos por gramíneas forrajeras de origen templado durante la incubación bajo condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y muestras utilizadas: El presente trabajo se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED) y en el instituto de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias “Valle del Guadiana”.

Gramíneas: Se utilizaron cinco gramíneas forrajeras: Bromo (*Bromus inermis*), Orchard (*Dactylis glomerata*), Ryegrass anual (*Lolium multiflorum*: variedad Oregón), Festuca alta (*Festuca arundinacea*), Triticale (*xTriticosecale Wittmack*). Las cuales se sembraron en cajones de madera 1. 50 m de largo y 40 cm ancho.

Composición química: Se determinó el contenido de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC) y extracto etéreo (EE) (AOAC, 2005), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), hemicelulosa, celulosa y lignina (Goering y Van Soest (1970). A manera referencia en el Cuadro 1 se presenta la composición química de los forrajes utilizados.

Cuadro 1. Composición química de los forrajes analizados.

Tratamientos	Tratamientos				
	(%)	Bromo	Orchard	Ryegrass	Festuca
MS	94.6	94.1	94.5	93.6	87.9
MO	78.2	82.6	81.7	73.9	86.6
PC	23.9	16.6	25.6	24.5	21.4
EE	3.4	3.0	3.8	3.3	3.3
FDN	53.3	57.2	51.5	52.5	46.6
FDA	32.8	31.6	28.2	34.9	28.0
HEM	20.6	25.6	23.3	17.6	18.6
CEL	22.4	24.3	21.0	25.3	22.2
LIG	5.1	2.2	4.7	6.2	4.0

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PC: proteína cruda; EE: extracto etéreo; FDN: fibra detergente neutra; FDA: fibra detergente ácida; HEM: hemicelulosa; CEL: celulosa; LIG: Lignina.

Producción de gas *in vitro*: Para determinar la producción de gas *in vitro*, se utilizaron jeringas de vidrio calibradas (con capacidad de 100 ml) y el procedimiento propuesto por Theodorou *et al.* (1994). En cada jeringa se colocó una muestra de forraje (0.5 g), se añadió una mezcla compuesta por líquido ruminal (10 ml) y solución de saliva artificial (20 ml) y se adicionó CO₂. Las jeringas se colocaron en un Baño María (39°C). El líquido ruminal se obtuvo de una vaquilla fistulada del rumen alimentada con heno de alfalfa y un concentrado comercial (70:30).

Producción de metano: Se utilizó un sistema semiautomatizado Ankom®, se colocaron muestras por triplicado (1 g) de cada forraje a una mezcla de líquido ruminal (40 ml) con una solución de saliva artificial (80 ml) (Theodorou *et al.*, 1994). Los frascos se colocaron en incubación en un Baño María (39°C). La medición fue realizada al completar 24h de fermentación con analizador de gas portátil (GEM5000, LANDTECH, USA).

Análisis estadístico: Los datos obtenidos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones por cada forraje y para detectar diferencias entre medias se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey (P≤ 0.05). Se corrieron diferentes modelos en los cuales se relacionó la producción de CH₄ con diferentes variables para encontrar el modelo más

adecuado al tomar como criterios de ajuste el CMR y el coeficiente de determinación (r^2). En todos los análisis se utilizaron los procedimientos GLM y NLIN de SAS (2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de gas y metano *in vitro*. En el Cuadro 2, se presentan los resultados de producción de gas, CH₄ y CO₂ de las fermentaciones ruminales *in vitro* de los forrajes evaluados. La producción de gas a las 24h de fermentación (PG₂₄) mostró diferencias entre forrajes (P<0.05), siendo el Raygrás y Triticale los forrajes con la mayor producción de gas. Este comportamiento es comparable con lo reportado por Rivero *et al.* (2020) quienes evaluaron la producción de gas *in vitro* de muestras de Raygrass tomadas en distintas épocas del año. Por su parte, Robles *et al.* (2018) reportan producciones de gas de Triticale de 130 a 150 ml/gMS, esto indica que los forrajes utilizados en el presente estudio son altamente fermentables.

Cuadro 2. Producción de gas, metano y dióxido de carbono de las fermentaciones ruminales *in vitro* de forrajes.

	Tratamientos					EEM
	Bromo	Orchard	Ryegrass	Festuca	Triticale	
PG ₂₄	112.0 ± 14.04 ^b	146.0 ± 8.08 ^{ab}	171.3 ± 4.6 ^a	133.3 ± 2.66 ^b	172.6 ± 2.40 ^a	13.35
CH ₄	14.0 ± 1.15 ^b	16.3 ± 1.45 ^{ab}	18.0 ± 1.00 ^{ab}	13.6 ± 0.33 ^b	20.3 ± 0.33 ^a	1.67
CO ₂	99.0 ± 9.81 ^b	113.6 ± 8.98 ^b	147.0 ± 4.16 ^a	109.0 ± 2.88 ^b	145.0 ± 1.73 ^a	11.11
CH ₄ :CO ₂	0.14 ± 0.01 ^a	0.14 ± 0.01 ^a	0.12 ± 0.01 ^b	0.12 ± 0.01 ^b	0.14 ± 0.01 ^a	0.01

^{ab}Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (p<0.05); PG₂₄: producción de gas a las 24h de fermentación (ml/gMS); CH₄: producción de metano (ml/gMS); CO₂: producción de dióxido de carbono (ml/gMS); EEM: Error Estándar de la diferencia entre medias.

La producción de CH₄ fue diferente entre los forrajes (P<0.05). La menor producción de CH₄ se observó en el Bromo y Festuca. Siendo el Triticale el que produjo la mayor cantidad de CH₄. La producción de CH₄ en los rumiantes está influenciada por factores como el consumo y la composición de los forrajes, desde por lo que se pueden inferir que los forrajes de alta calidad reducen las emisiones de metano mediante la modificación de la fermentación ruminal (Bonilla y Lemus, 2012). De hecho, la variación en la cantidad de CH₄ se puede atribuir a que la calidad nutricional difiere entre forrajes (Apráez *et al.*, 2012). Vargas *et al.* (2014) y Xue *et al.* (2020) han evaluado praderas de Raygrass y Orchard y reportan la producción de CH₄ en 46.8 ml CH₄/g MS y 34.0 ml CH₄/g MS, respectivamente los cuales son superiores a los encontrados en este estudio.

Por otro lado, al relacionar diversas variables de composición química y tiempos de producción de gas *in vitro* con la producción metano encontramos el siguiente modelo:

$$CH_4 = 5.57 + 0.08 PG_{24h} - 0.05 FDN$$

CMR= 1.9

$r^2=0.71$

Donde: CH₄: Producción de metano (ml/gMS),
 PG_{24h}: Producción de gas *in vitro* a las 24 horas de fermentación (ml/gMS),
 FDN: Contenido de fibra detergente neutra del forraje (%).

El cuadrado medio residual (CMR) de 1.9, indica una varianza aceptable al reflejar una reducida distancia entre los valores observados y predichos (Torres, 2021). Así mismo, en el modelo el 71 % de las variaciones en la producción de metano las explica la producción de gas *in vitro* a las 24 horas de fermentación (ml/gMS) y el contenido de fibra detergente neutro del forraje (%).

CONCLUSIONES

La dieta que reciben los bovinos tiene una gran influencia en la cantidad de metano producido y en general los forrajes generan altas cantidades de metano. Sin embargo, al ofrecer forrajes de alta calidad nutritiva, la producción de metano se reduce considerablemente. El modelo propuesto puede utilizarse para estimar la emisión de metano praderas de gramíneas. Sin embargo, se requieren más investigaciones para validar *in vivo* las estimaciones del modelo de regresión propuesto.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official method of Analysis. 18th Edition, Association of Officiating Analytical Chemists, Washington DC, USA. 1930.
- Apráez, J., J.M. Delgado, and J.P. Narváez. 2012. Composición nutricional, degradación *in vitro* y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño. *Livestock Research for Rural Development*. 24 3.
- Bonilla, J. A. and C. Lemus. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3 2:215-246.
- Cardona J.L., L. Mahecha and J. Angulo. 2017. Arbustivas forrajeras y ácidos grasos: estrategias para disminuir la producción de metano entérico en bovinos. *Agronomía Mesoamericana*. 28 1:273-88.
- Carro M.D., T.D. Evan, J. González. 2018. Emisiones de metano en los animales rumiantes: influencia de la dieta. *Albéitar*. 220:32-5.
- Galindo, J.L, D.C. Delgado, and B. Chongo. 2005. Papel de los árboles, arbustos y leguminosas en la población microbiana ruminal. *Memorias II Curso Internacional Silvopastoril Cuba- Colombia*. Neiva-Bogotá-Valledupar. CORPOICA, Bogotá, ICA, Cuba. , 130.
- Gaviria, X., J. F. Naranjo and R. Barahona. 2015. Cinética de fermentación *in vitro* de *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maximus* y sus mezclas, con o sin suplementación energética. *Pastos y Forrajes*. 38 1: 55-63.
- Goering, H. K. and Van Soest. 1970. Forage fiber analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). USDA-ARS Agricultural Handbook 379. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 8: 15-31.
- Kebreab, E., K. Clarke, C. Wagner-Riddle, J. France. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture—A review, *Canadian Journal of Animal Science*. 86, 135–158.
- Kulivand, M. and F. Kafilzadeh. 2015. Correlation between chemical composition, kinetics of fermentation and methane production of eight pasture grasses. *Acta Scientiarum*, 37.

- Molina I. C., J. M. Cantet, S. Montoya, G. A. Correa y R. Barahona. 2013. Producción de metano
- Murillo, M., E. Herrera, F. Carrete, B. Ruiz and S. Serrato. 2012. Chemical composition, *in vitro* gas production. Ruminal fermentation and degradation patterns of diets by grazing in native range of north Mexico. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 25: 1395-1403.
- Rivero, M.J., J.P. Keim, O.A. Balocchi and M.R.F. Lee. 2020. *In Vitro* Fermentation Patterns and Methane Output of Perennial Ryegrass Differing in Water-Soluble Carbohydrate and Nitrogen Concentrations. *Animals*. 10 6:1076.
- Robles, L.E., A. Morales, M.D. Gutierrez, J. Osorio, O.A. Castelan and M. Gonzalez. 2018. Forage yield, chemical composition and *in vitro* gas production of triticale varieties (x *Triticosecale* Wittmack) preserved by silage or hay. *Acta Agronómica*. 67 3:431-7.
- Theodorou, M. K., B.A. Williams, M.S. Dhanoa, A.B. McAllan and J. France. 1994. A simple gas production method a pressuposadare transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185-197.
- Vargas, J., M. Pabón and J. Carulla. 2014. Producción de metano *in vitro* en mezcla de gramíneas-leguminosas del trópico alto colombiano. *Revista Archivos de Zootecnia*. 63 243: 397-407.
- Xue, Z., N. Liu, Y. Wang, H. Yang, Y. Wei, P. Moriel, E. Palmer, and Y. Zhang. 2019. Combining orchardgrass and alfalfa: Effects of forage ratios on *in vitro* rumen degradation and fermentation characteristics of silage compared with hay. *Animals*, 10 1: 59.

COMPOSICIÓN QUÍMICA Y DIGESTIBILIDAD RUMINAL IN VITRO DE VAINAS DE *Prosopis Spp* DE LA REGIÓN NORTE DEL ESTADO DE ZACATECAS

CHEMICAL COMPOSITION AND IN VITRO RUMINAL DIGESTIBILITY OF *Prosopis Spp* PODS FROM THE NORTHERN REGION OF THE STATE OF ZACATECAS

Eduardo Valdez Romero¹, Lucía Delgadillo Ruiz¹, Rómulo Bañuelos Valenzuela², Marisa Mercado Reyes¹, Hector Emanuel Valtierra Marin³, Carlos Meza López², Francisco G. Echavarría Chairez^{2, 4}

¹Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, ²Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAZ); ³Unidad Académica de Agronomía (UAZ), ⁴INIFAP, Campo experimental Zacatecas.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar las características bromatológicas de la vaina de *Prosopis spp* en la región norte del estado de Zacatecas, México, como alternativa en la alimentación de ovinos. Se colectaron nueve muestras de *Prosopis spp.*, distribuidas en tres puntos en la región norte del estado, los muestreos se realizaron cuando la vaina se encontraba en su estado inmaduro. Las muestras se deshidrataron y molieron a un tamaño de un mm, se realizó el análisis bromatológico: materia seca (MS), humedad, proteína cruda (PC), carbohidratos, fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina y energía metabolizable (EM) y determinación de calcio, fósforo, magnesio, potasio y sodio. Se realizó la producción de gas *in vitro* utilizando fluido ruminal muestreando a las 3, 6, 9, 12, 24, 48, 60, 72 y 84 horas. Los resultados del análisis bromatológico para proteína cruda presentan un promedio de 18.73%, el contenido de carbohidratos no fibrosos el promedio fue de 28.97%, el contenido de minerales en porcentaje presentando un promedio de calcio de 0.50%, para fósforo 0.23%, magnesio 0.15%, potasio 1.72% y sodio 0.03%. En el proceso de digestibilidad *in vitro* la muestra tres es la que presenta mayor volumen de gas producido 89.46 mL/g MS. Se concluye que las vainas de mezquite (*Prosopis sp*) presenta valores aceptables de proteínas, carbohidratos y fibra, se sugieren que el estado de madurez debe ser considerado para ser utilizados en la alimentación animal.

Palabras clave: *Prosopis*, calidad, digestibilidad.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the bromatological characteristics of the *Prosopis spp* pod in the northern region of the state of Zacatecas, Mexico, as an alternative in sheep feeding. Nine samples of *Prosopis spp.* were collected, distributed in three points in the northern region of the state, the samplings were carried out when the pod was in its immature state. The samples were dehydrated and ground to a size of one mm, the

bromatological analysis was performed: dry matter (DM), moisture, crude protein (CP), carbohydrates, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin and metabolizable energy (ME) and determination of calcium, phosphorus, magnesium, potassium and sodium. In vitro gas production was performed using ruminal fluid, sampling at 3, 6, 9, 12, 24, 48, 60, 72 and 84 hours. The results of the bromatological analysis for crude protein present an average of 18.73%, the content of non-fibrous carbohydrates the average was 28.97%, the content of minerals in percentage presenting an average of calcium of 0.50%, for phosphorus 0.23%, magnesium 0.15 %, potassium 1.72% and sodium 0.03%. In the in vitro digestibility process, sample three is the one with the highest volume of gas produced, 89.46 ml/gr MS. It is concluded that the pods of mesquite (*Prosopis* sp) present acceptable values of proteins, carbohydrates and fiber, it is suggested that the state of maturity should be considered to be used in animal feed.

Key words: *Prosopis*, quality, digestibility.

INTRODUCCIÓN

En México, la especie más abundante es *Prosopis laevigata*, crece en ecosistemas donde las lluvias no rebasan los 250 y 500 mm anuales, que representan el 40% del territorio nacional (Arnero, 2015), en México donde los suelos no son aptos para la agricultura, el mezquite puede crecer en regiones donde es escasa la precipitación y no es posible que se pueda desarrollar con gran facilidad. En el norte de México, los recursos forrajeros que componen la flora normal constituyen una fuente económica de alimentos para el ganado, pero requieren de un manejo adecuado de los diferentes vegetales (leguminosas, gramíneas, entre otras) para aprovechar su máximo potencial en la producción animal (Rodríguez *et al.*, 2014).

Los estudios sobre el aporte de insumos que provienen del árbol de mezquite de la especie *Prosopis laevigata*, principalmente de su fruto (vaina), lo plantean como una posible fuente sustentable de materia prima de alto valor nutrimental (Santos *et al.*, 2011). Armijo-Nájera *et al.* (2019) proponen que se deberá considerar evaluar la composición química y nutricional de las vainas de *Prosopis* de acuerdo con la distribución geográfica, así como a diferentes alturas sobre el nivel de mar, para poder establecer las ventajas y limitaciones en el uso. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar las características bromatológicas de la vaina de *Prosopis* spp en la región norte del estado de Zacatecas, México., como alternativa en la alimentación de ovinos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo en la región norte del Estado de Zacatecas en el mes de mayo 2021. La región norte del Estado está conformada por los municipios de: Jun Aldama, General Francisco R. Murguía, Mazapil, Melchor Ocampo, Concepción del Oro y el Salvador. Siendo el municipio de Mazapil, el más grande y representativo. Se colectaron 9 muestras de *Prosopis* spp., distribuidas en tres puntos. Puntos 1, 2 y 3 localizados en N 24° 38.702' W

101° 45.304'; los puntos 4, 5 y 6 localizados en N 24° 38.728' W 101° 53.764'; los últimos tres puntos 7, 8 y 9 ubicados en N 24° 46.705' W 102° 11.217'. De acuerdo con el trabajo de Harden y Zolfaghari (1988) los muestreos se realizaron cuando la vaina se encontraba en su estado inmaduro. Las vainas de mezquite fueron molidas y conservadas en congelación para alentar el proceso de maduración y preservar cada una de las muestras.

El análisis químico consistió en la determinación de: carbohidratos no fibrosos (CNF) cenizas (Cz), fibra y proteína crudas (FC y PC) utilizando el procedimiento micro-Kjeldahl (AOAC, 2016), mientras que, para determinar la fracción fibrosa, se realizó un análisis de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácido (LDA), aplicando el procedimiento descrito por (Van Soest *et al.*, 1991), aunado a esto, la evaluación de componentes mineral fueron: nitrógeno total, calcio, cobre, hierro, magnesio, manganesium, zinc, azufre y potasio fueron contabilizadas por espectroscopia de absorción atómica; y el fósforo por espectrofotometría visible (Delgadillo *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis bromatológico de las vainas de mezquite del norte de Zacatecas se muestran en el Tabla 1 y dónde se observa que el contenido de materia seca en todos los puntos de muestreo supera el 94%. En relación con el contenido de proteína cruda, se observa que las muestras 4, 5 y 6 correspondientes a una segunda área de muestreos presenta porcentajes más altos de proteína con un promedio de 18.73%. Para el contenido de carbohidratos no fibrosos el promedio es de 28.97% correspondientes a los puntos de muestreo 1, 2 y 3.

Se han realizado diferentes investigaciones informando sobre el perfil nutricional y bioactividades de la harina de mezquite de varias especies de *Prosopis*. Reportando que la harina de vaina de *P. laevigata* mexicana tiene un buen perfil nutricional (10% de proteína, 3.6% de grasa, 26.7% de fibra cruda y 56.8% de carbohidratos) y digestibilidad de la proteína (78%) (Barba De La Rosa *et al.*, 2006), en este estudio el porcentaje de proteína es mayor a lo reportados por Barba De La Rosa *et al.* (2006) mientras que en carbohidratos es menor la concentración determinada con respecto a lo reportado por este autor esto puede deberse al estado de maduración de la vaina ya que en este muestreo se realizó en etapa temprana (60 días). En la tabla 1 también se reportan el contenido de minerales en porcentaje presentando un promedio de calcio de 0.50, para fósforo 0.23 %, magnesio 0.15%, potasio 1.72% y sodio 0.03% siendo este el de menor concentración.

Tabla 1. Análisis bromatológico de vainas de *Prosopis* spp. en las tres regiones del estado de Zacatecas.

Muestra	1	2	3	4	5	6	7	8	9
% Humedad	5.50	6.00	5.50	5.60	5.10	5.40	5.20	6.10	5.10
% Materia seca	94.50	94.00	94.50	94.40	94.90	94.60	94.80	93.90	94.90
% Proteína cruda	16.80	19.00	16.80	20.10	17.20	20.50	20.50	17.50	16.30
% Proteína disponible	16.10	18.10	15.90	19.60	16.60	20.00	19.80	16.70	15.60

% Proteína detergente acida insoluble (ADICP)	0.70	0.90	0.80	0.60	0.60	0.50	0.70	0.80	0.70
% Proteína cruda ajustada	16.80	19.00	16.80	20.10	17.20	20.50	20.50	17.50	16.30
% Proteína soluble (CP)	58.00	66.00	60.00	71.00	60.00	71.00	70.00	67.00	65.00
% Proteína detergente neutral insoluble (NDICP)	2.20	1.70	2.00	1.20	1.40	1.10	1.10	1.50	1.20
% Fibra detergente acida (ADF)	36.20	37.50	33.70	30.80	34.40	34.40	35.30	31.60	38.50
% Fibra detergente neutra (NDF)	40.90	42.80	41.70	42.10	43.00	44.40	44.90	41.80	50.20
% Lignina	8.60	8.20	7.40	6.70	7.00	7.40	8.20	7.60	8.00
% Carbohidratos no fibrosos (NFC)	30.90	26.20	29.80	25.80	27.60	22.50	22.30	27.60	21.40
% Almidón	4.00	1.40	2.40	1.30	1.40	1.10	1.10	0.60	1.50
% ESC (Azucares simples)	3.60	2.30	3.00	3.50	3.60	2.10	1.90	3.00	2.30
% Cenizas	4.24	4.61	4.47	4.87	5.26	5.10	4.94	4.68	4.82
% Calcio	0.47	0.35	0.36	0.51	0.54	0.53	0.59	0.58	0.59
% Fosforo	0.24	0.29	0.23	0.26	0.22	0.26	0.19	0.18	0.21
% Magnesio	0.13	0.15	0.12	0.14	0.17	0.16	0.18	0.17	0.14
% Potasio	1.66	2.12	1.53	1.82	1.84	1.73	1.59	1.57	1.60
% Sodio	0.035	0.032	0.032	0.031	0.032	0.036	0.028	0.026	0.032

En el proceso de digestibilidad *in vitro* se trabajó con líquido ruminal como control mostrando valores en volumen menores a las muestras como se puede observar en la Figura 1. La muestra 3 es la que presenta mayor volumen de gas producido (89.46 ml/gr MS) lo que nos indica que presenta la mayor digestibilidad, la cual esta estrechamente relacionada con la degradabilidad de la muestra. Las muestras con menor producción de gas fueron las muestras 1, 4 y 7; ya que están muy cercanas al volumen de gas producido por el control.

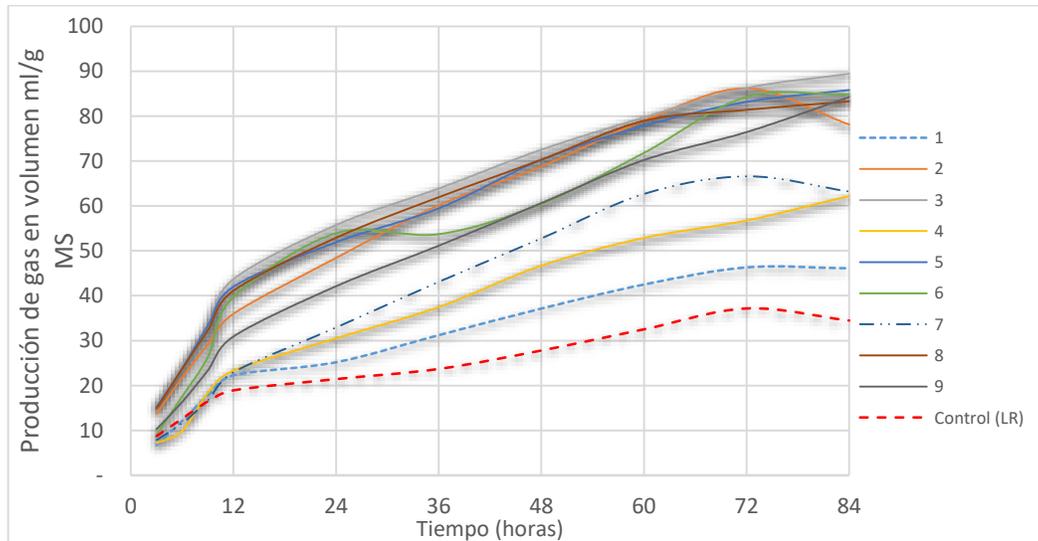


Figura 1. Producción de gas durante la digestibilidad *in vitro*.

La digestibilidad de la MS de las vainas de *Prosopis* spp. reportada por diversos autores es variable; en vainas tiernas de *Prosopis* spp. fue de 66.99% y en vainas secas de 64.81%

(Armijo *et al.*, 2019). Barros y Filho (1986) reportan valores de 82.6% en vainas maduras de *Prosopis juliflora*. El valor nutricional de las vainas de mezquite varía de acuerdo con su estado madurez, por lo que considerarla es muy importante, ya que puede ser un elemento para considerar al utilizarlas como ingrediente o sustitutos de ingredientes en las dietas integrales (Valdez *et al.*, 2021).

CONCLUSIÓN

Las vainas de mezquite (*Prosopis* sp) presenta valores aceptables de proteínas, carbohidratos y fibra, se sugieren que el estado de madurez debe ser considerado para ser utilizados en la alimentación animal para un óptimo aprovechamiento ya que se observó en la producción de gas que no es representativo porque los valores no son tan distintos a los del control (líquido ruminal).

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2016. Official Methods of Analysis of AOAC International. 20th edition. USA. 3172 p.
- Arnero, C.M.A. 2015. La vaina del mezquite (*Prosopis* spp) en la alimentación del ganado. Monografía. Universidad Autónoma Antonio Narro Unidad Laguna. 3-4.
- Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V.J., Reyes-Carrillo, J.L. 2019. Vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) alimento para ganado caprino en el semidesierto. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 10 número 1
- Santos, A. Á., Cerón-Ortiz A.N., Roldán-Cruz C.A. y Montufar-Serrano, E. (2011). Memorias del XVIII Congreso Nacional de Ciencias y Tecnología del Mar. San Carlos, Nuevo Guaymas, Sonora. 7 al 9 de septiembre. ISBN: 978-607-7809-16-6 6.
- Barros NAM, Filho TL (1986) Effect of progressive replacement of molasses by *Prosopis juliflora* (SW) D. C. pods in ruminant rations. The current state of knowledge on *Prosopis juliflora*. II International Conference of *Prosopis*. Recife, Brasil. pp. 349-359.
- Delgadillo Ruíz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., & Muro Reyes, A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 6(SPE11), 2099-2103.
- Harden, ML, Zolfaghari, R. (1988). Composición nutritiva de vainas verdes y maduras de mezquite de miel (*Prosopis glandulosa*, *fabaceae*). Econ Bot. 42, 522-532 <https://doi.org/10.1007/BF02862796>
- Rodríguez Saucedo, E. N., Rojo Martínez, G. E., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong Hermida, M. de la C., Medina Torres, S. M., & Piña Ruiz, H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. Ra Ximhai, 173-194. <https://doi.org/10.35197/rx.10.01.e.2014.13.er>
- Valdez, O. D. M., Gutiérrez, J. A. R., de Coss, A. L., Pérez, R. V., Vázquez, A. G., & Medina, C. E. G. (2021). Composición química y degradación ruminal de la vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) a diferente estado de madurez. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 8(2), 9.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.

VIGOR Y GERMINACIÓN EN SEMILLAS DE AVENA DE DIFERENTE TAMAÑO Y CON TRATAMIENTOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

VIGOR AND GERMINATION OF DIFFERENT SIZE OATS SEEDS WITH ACCELERATED AGING TREATMENTS

Pablo Alfredo Domínguez Martínez^{1,2}, Arturo Pro Martínez¹, Glafiro Torres Hernández¹, Humberto Vaquera Huerta³, José Isidro Alejos de la Fuente⁴, Sergio Iban Mendoza Pedroza¹.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad – Ganadería. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. C.P. 34170. ³Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Socioeconomía, Estadística e Informática – Estadística. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. ⁴Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

RESUMEN

El tiempo de almacenamiento, tipo de semilla y ambiente de almacenamiento (humedad relativa, temperatura y niveles de oxígeno) tienen efecto sobre el vigor y germinación. El objetivo del presente trabajo fue conocer el vigor y porcentaje de germinación en un lote de semilla comercial de avena *cv.* Turquesa. Se determinó pureza física, peso de mil semillas, peso volumétrico y humedad para determinar la calidad física de la semilla. La calidad fisiológica de la semilla se evaluó mediante las pruebas de germinación estándar, envejecimiento acelerado y velocidad de emergencia. Se aplicaron cuatro tratamientos que resultaron de la combinación de dos factores (tamaño de semilla y envejecimiento). La semilla posee calidad física adecuada para el establecimiento de cultivos de avena. El porcentaje de germinación en las semillas sin tratamiento de envejecimiento fue de 96.50; mientras que, en las semillas envejecidas se redujo hasta 89.25 %. La velocidad de emergencia también varió significativamente entre tratamientos de envejecimiento (15.55 plantas d⁻¹ en semilla envejecida y 17.88 plantas d⁻¹ en semilla sin envejecer). El lote de semilla evaluado posee vigor alto, debido a que, mantuvo un porcentaje de germinación y velocidad de emergencia adecuados después del tratamiento de envejecimiento.

Palabras clave: calidad física, calidad fisiológica, emergencia

ABSTRACT

Storage time, type of seed and storage environment (humidity, temperature, and oxygen levels) have effects over seed vigor and germination. The aim of this study was to learn the vigor and germination percentage in a batch of oats *cv.* Turquesa commercial seed. Seed purity, weight of a thousand seeds, volumetric weight and humidity were determined. Seed physiological quality was determined through a standard germination test, accelerated aging

and speed of emergence. Four treatments were applied. Treatments resulted from a combination of two factors (seed size and aging). The batch of seed has adequate physical quality for the establishment of an oats pasture. Germination of seeds without aging was 96.50 %, while in the aged seeds it reduced to 89.25 %. Speed of emergence varied significantly among aging treatments (15.55 plants d⁻¹ in aged seeds and, 17.88 plants d⁻¹ in seed without aging). This batch of seed may be considered as of high vigor because after aging it maintained high percentage of germination and speed of emergence.

INTRODUCCIÓN

El momento en el que la semilla acumula el máximo de materia seca, es conocido como madurez fisiológica (Copeland y McDonald, 2001). En ese momento la semilla tiene el potencial de germinación y vigor más alto (Delouche, 1974). Sin embargo, debido a que las semillas alcanzan su madurez fisiológica con alto contenido de humedad (inadecuado para su almacenamiento), la semilla se cosecha hasta que alcanza la “madurez de cosecha”. En la madurez de cosecha la semilla posee un nivel de humedad adecuado para su almacenamiento y suficiente para evitar daños mecánicos. Entre la madurez fisiológica y madurez de cosecha, la semilla se almacena en la planta, en donde puede estar expuesta a condiciones ambientales adversas que afectan su calidad (Copeland y McDonald, 2001). En pocas ocasiones se cosecha semilla e inmediatamente se siembra, sin haber pasado por un periodo de almacenamiento. En consecuencia, el tiempo de almacenamiento, tipo de semilla y el ambiente de almacenamiento (humedad relativa, temperatura y niveles de oxígeno) tienen efecto sobre el vigor (Copeland y McDonald, 2001). Con base en lo anterior, se considera necesario conocer el vigor y porcentaje de germinación en semillas de avena *cv.* Turquesa antes de sembrarse. El éxito del cultivo de avena forrajera depende en gran medida de la semilla y su capacidad de establecimiento en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Posgrado Recursos Genéticos y Productividad – Producción de Semillas. El laboratorio se ubica en el Campus Montecillo del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. El lugar se encuentra a una altitud de 2,250 msnm y el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 15 °C y la precipitación promedio alcanza 645 mm (García, 1998).

Se adquirió un lote de semilla de avena (*Avena sativa* L.) de la variedad Turquesa. Del lote de semilla se tomaron cuatro muestras primarias que, posteriormente se mezclaron para conformar una muestra compuesta (~1 kg). En paralelo se obtuvo una muestra de 300 g para determinar el contenido de humedad de la semilla.

En el laboratorio se homogenizó la muestra compuesta y se pesaron ~500 g que, se emplearon como muestra de trabajo. La muestra de trabajo se usó para determinar la calidad física y fisiológica de las semillas.

Para conocer la calidad física de las semillas se determinó la cantidad de semilla pura (SP), peso de mil semillas (P1000S), peso volumétrico (PV) y porcentaje de humedad (H) siguiendo las metodologías establecidas por el ISTA (2018) para cada variable.

El porcentaje de germinación (ISTA, 2018), envejecimiento acelerado (Delouche y Baskin, 1973; Huber et al., 1982; Kim et al., 1985) y velocidad de emergencia (Maguire, 1962) se emplearon para conocer la calidad fisiológica de la semilla y vigor.

Durante el análisis de calidad física se detectaron dos tamaños de semilla. La separación de semilla grande (G) y chica (C) se hizo con un tamiz de 2.38 mm. Toda la semilla que pasó a través del tamiz se consideró como C y la que se quedó encima del tamiz se clasificó como G. El acondicionamiento de envejecimiento acelerado (E) se aplicó a 400 semillas de cada tamaño y 400 más permanecieron intactas (S). Como resultado de la combinación de ambos factores (tamaño de semilla y acondicionamiento) se tuvieron cuatro tratamientos. Para cada tratamiento se tuvieron cuatro repeticiones. Se consideraron 100 semillas por cada repetición de los tratamientos.

La siembra se realizó en un almacigo de 2.5 m x 1 m. Como sustrato se usó arena de río previamente esterilizada. Cada repetición se sembró en cuatro hileras con 25 semillas cada una. La distancia entre semillas e hileras fue de 3 cm. La distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se aleatorizó dentro del almacigo.

El análisis de varianza de los datos de germinación y velocidad de emergencia se hizo bajo un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis físico de la semilla se encontró un alto grado de pureza (Cuadro 1). El peso de mil semillas en el lote evaluado fue mayor a los 27.09 g reportados por Rodríguez-Herrera et al. (2020). En el estudio antes mencionado se promedió el peso de mil semillas obtenido en lotes de avena con distintas dosis y fuentes de fertilización. Lo anterior, afecta el desarrollo de la planta y llenado del grano.

Cuadro 1. Calidad física en semilla comercial de avena *cv.* Turquesa.

PF* (%)	P1000S (g)	PV (kg hl ⁻¹)	H (%)
99.52	34.31	54.80	6.50

*PF = pureza física, P1000S = peso de mil semillas, PV = peso volumétrico y H = humedad.

El peso de mil semillas de cuatro variedades de avena sembradas en fecha diferentes varió entre 33.80 – 38.34 g (Bobadilla et al., 2013). El peso de mil semillas obtenido en la presente evaluación se ubica dentro del rango reportado en el estudio de Bobadilla et al. (2013).

Bobadilla et al. (2013) reportan que, para cuatro variedades de avena con distintas fechas de siembra el peso volumétrico osciló entre 42.63 – 46.19 kg hL⁻¹. Mayor peso volumétrico se asocia con semillas de mayor tamaño (largo y ancho) y peso (Bobadilla et al., 2013). También se señala que siembras tardías afectan el desarrollo del grano por bajas temperaturas durante el periodo de floración (Bobadilla et al., 2013). El lote de semilla empleado en el presente trabajo se produjo durante el ciclo primavera – verano 2021; mientras que, en el estudio de Bobadilla et al. (2013) la semilla se produjo durante el invierno.

La humedad en la semilla evaluada está por debajo del 12 % recomendado para evitar la proliferación de microorganismos durante el almacenamiento (ISTA, 2018).

En el análisis de varianza de los datos de germinación no se encontraron diferencias estadísticas entre semillas C y G (P = 0.422). La interacción entre tamaño de semilla y envejecimiento tampoco resultó significativa (P = 0.422). El porcentaje de germinación entre los tratamientos de envejecimiento (Cuadro 2) presentó diferencias estadísticamente significativas (P <0.005).

Cuadro 2. Porcentaje de germinación en semillas de avena cv. Turquesa con distintos tratamientos de envejecimiento.

	E*	S	EE
Germinación (%)	89.25 ^b	96.50 ^a	1.49

*E = semillas con envejecimiento, S = semillas sin envejecimiento, EE = error estándar.

La semilla S presentó un porcentaje de germinación más elevado, en comparación con la semilla E. Estos resultados concuerdan con los de Bobadilla et al. (2013), quienes encontraron que el tratamiento de envejecimiento reduce la germinación desde 50 al 71 % en cuatro variedades de avena sembradas en fechas diferentes. Salinas et al. (2001) mencionan que en el caso de semillas de soya el porcentaje de germinación posterior al envejecimiento puede utilizarse para clasificar su vigor. Semillas con más del 80 % son de alto vigor, entre 60 y 80 % son de vigor medio y menos de 60 % son semillas con bajo vigor (Salinas et al., 2001). En nuestro trabajo la germinación de las semillas envejecidas se mantuvo por arriba del 89 %. Con base en lo anterior se considera que el lote de semilla evaluado posee vigor alto.

La velocidad de emergencia no mostró diferencias significativas para el tamaño de semilla (P = 0.066) y la interacción tamaño x envejecimiento (P = 0.868). Entre tratamientos de envejecimiento se observaron diferencias estadísticas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Velocidad de emergencia en semillas de avena cv. Turquesa con distintos tratamientos de envejecimiento.

	E*	S	EE
VE* (plantas d ⁻¹)	15.55 ^b	17.88 ^a	0.218

*VE = velocidad de emergencia, E = semillas con envejecimiento, S = semillas sin envejecimiento, EE = error estándar.

En la Figura 1 se puede observar como la semilla CS y GS iniciaron su emergencia a partir del día cinco después de la siembra. Las semillas envejecidas de ambos tamaños presentaron su pico de emergencia hasta el sexto día después de la siembra. Lo anterior, confirma que las semillas sin envejecimiento emergieron con mayor velocidad en comparación con las envejecidas.

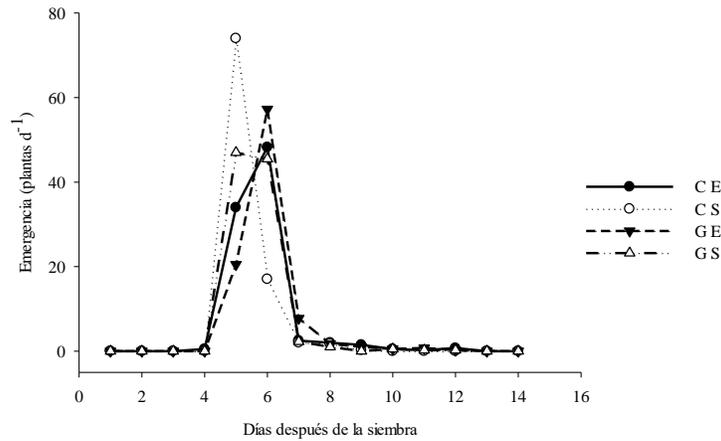


Figura 1. Emergencia de plántulas a partir de semillas de diferente tamaño y tratamiento de envejecimiento.

CONCLUSIONES

El lote de semilla posee calidad física adecuada para su uso en el establecimiento de cultivos de avena. No se observó un efecto de tamaño de semilla sobre porcentaje de germinación y velocidad de emergencia. El tratamiento de envejecimiento redujo significativamente el porcentaje de germinación y velocidad de emergencia. Sin embargo, la semilla mantuvo más de 80 % de germinación después del envejecimiento y por lo tanto se puede considerar de alto vigor. La interacción entre los factores de estudio no resultó significativa para germinación y velocidad de emergencia.

LITERATURA CITADA

Bobadilla Meléndez, M., A.J. Gámez Vázquez, M.A. Ávila Perches, J.J. García Rodríguez, E. Espitia Rangel, N. Moran Vázquez y J. Covarrubias Prieto. 2013. Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7):973-985. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000700001&lng=es&tlng=es.

- Copeland, L. O., and M.B. McDonald. 2001. Seed vigor and seed vigor testing. Principles of seed science and technology. 165 – 191. doi: 10.1007/978-1-4615-1619-4_8
- Delouche, J. C. 1974. Maintaining soybean seed quality. In: Soybean: Production, Marketing, and Use. Muscle Shoals, Ala.: NFDC, TVA, BuH. Y-69:46-62.
- Delouche, J. C., and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology* 1 :427-452.
- García, E. 1998. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 6. México, DF. 90 p.
- Huber, T. A. and MacDonald, M. B. Jr. 1982. Gibberellic acid influence on aged barley seed germination and vigor. *Agronomy Journal* 74, 386-389.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2018. International rules for seed testing. ISTA. Zurich, Switzerland. 448 p.
- Kim, J., Bin, Y., Choe, Z and. Kim, S, 1985. Influence of the accelerated aging of barley seed on the germinability and seedling growth. *J. Inst. Agr. Res. Util.* 19. Pp. 1-5.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2 (2):176–7. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x
- Rodríguez-Herrera, Sergio A., O. Salgado-Ramírez. J.G. García-Rodríguez. F. Cervantes-Ortiz. M.G. Figueroa-Rivera. M. Mendoza-Elos. 2020. Fertilización química y orgánica en avena: rendimiento y calidad de la semilla. *Agronomía Mesoamericana* 31(3):567-579.
- Salinas, A. R., A. M. Yoldjian, R. M. Cravioto, y V. Bisaro. 2001. Pruebas de vigor y calidad fisiológica de semillas de soja. *Pesq. Agropec. Bras.* 36: 371-379.

TAMAÑO DE SEMILLA Y TRATAMIENTO DE ENVEJECIMIENTO MODIFICAN EL VIGOR Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE CEBADA

SEED SIZE AND AGING TREATMENT MODIFIES VIGOR AND GERMINATION IN BARLEY SEEDS

Areli Fabiola Gutiérrez Arenas¹, Pablo Alfredo Domínguez Martínez^{1,2}, Jorge Armando Villarreal González¹, Sergio Iban Mendoza Pedroza¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad – Ganadería. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias – Campo Experimental Valle del Guadiana. Durango, Dgo. México. C.P. 34170.

RESUMEN

Los cereales constituyen la principal fuente de energía en la dieta humana debido a su alto valor energético y su bajo costo a comparación de otros alimentos. Se cultivan y transportan con gran facilidad y se almacenan por periodos de tiempo largos, entre los principales cereales cultivados en México, destacan el maíz, trigo y cebada (SIAP, 2018), este último es empleado en la obtención de malta y granos para la producción animal. La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Semillas ubicado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, donde se hizo una prueba de germinación y vigor (envejecimiento acelerado) con el objetivo de evaluar si el tamaño de semilla y el tratamiento por envejecimiento acelerado modifican el vigor y la germinación de la semilla de cebada. Comparando la germinación por tamaño de semilla, se obtuvo un promedio de la semilla chica de 55.75 % y de la semilla grande de 46.37% donde hubo diferencia estadística ($P < 0.001$). La comparación de germinación entre los dos tipos de acondicionamiento resultó significativa (envejecimiento=12.37, sin envejecimiento=89.75). La velocidad de emergencia no tuvo diferencias ($P=0.053$) entre el tamaño de semilla ($C = 17.02, G = 16.37$). La interacción entre tamaño de semilla x acondicionamiento tampoco fue significativa ($P = 0.980$). Solo hubo diferencias estadísticas entre tipos de acondicionamiento en donde las que se no se trataron tuvieron la mayor velocidad de emergencia= 17.84. Los resultados sugieren que el tamaño de semilla y el acondicionamiento si influye en la germinación, pero no en la velocidad de germinación.

Palabras clave: Velocidad de emergencia, vigor, envejecimiento acelerado, germinación, cebada

ABSTRACT

Cereals are the main source of energy in the human diet due to their high energy value and low cost compared to other foods. They are grown and transported with great ease and are stored for long periods of time, among the main cereals grown in Mexico, corn, wheat and

barley stand out (SIAP, 2018), the latter is used to obtain malt and grains for the Animal production. This research was carried out in the Seed Analysis Laboratory located at the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, where a germination and vigor test (accelerated aging) was carried out with the aim of evaluating whether the size of the seed and the aging treatment accelerated modify the vigor and germination of the barley seed. Comparing germination by seed size, an average of 55.75% for the small seed and 46.37% for the large seed were obtained, where there was a statistical difference ($P < 0.001$). The comparison of germination between the two types of conditioning was significant (aging=12.37, without aging=89.75). The emergence speed had no differences ($P=0.053$) between the seed size ($C = 17.02$, $G = 16.37$). The interaction between seed size x conditioning was not significant either ($P = 0.980$). There were only statistical differences between types of conditioning where those that were not treated had the highest emergence speed = 17.84. The results suggest that seed size and conditioning influence germination, but not germination speed.

Keywords: Emergence speed, vigor, accelerated aging, germination, barley

INTRODUCCIÓN

Existe una gran necesidad de mantener una producción constante de forrajes a un nivel óptimo que permita satisfacer las necesidades y cubrir los requerimientos del ganado. Es debido a esto que se deben de proponer alternativas que mejoren los sistemas de producción y la utilización de semillas con alto vigor para que éstas respondan de manera rápida y adecuada a los nutrientes y humedad disponibles (Raggio, 2003).

La realización de estudios básicos que permitan obtener información sobre la viabilidad y los tratamientos para incrementar la germinación en diferentes especies representa una etapa fundamental para la propagación de plantas, sin embargo, para que ésta pueda ser exitosa en las especies de interés es necesario considerar diversos aspectos como la eficiencia en la germinación (porcentaje y velocidad), el costo asociado a cada tratamiento y el número y calidad de las plantas necesarias para una superficie dada (Godínez y Flores, 2000).

El proceso de germinación de una semilla se considera como el establecimiento de un estado metabólicamente activo, manifestado fisiológicamente por la división celular y la diferenciación, siendo la primera expresión la emergencia de la radícula (ISTA, 2018).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Posgrado Recursos Genéticos y Productividad – Producción de Semillas. El laboratorio se ubica en el Campus Montecillo del Colegio de Posgraduados en Montecillo, Texcoco, Estado de México. El lugar se encuentra a una altitud de 2,250 msnm y el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 15 °C y la precipitación

promedio alcanza 645 mm (García, 1998). Se adquirió un lote de semilla de Cebada (*Hordeum vulgare* L.) de la variedad Brennus. Del lote de semilla se tomaron cuatro muestras primarias que, posteriormente se mezclaron para conformar una muestra compuesta (~1 kg). En paralelo se obtuvo una muestra de 300 g para determinar el contenido de humedad de la semilla.

En el laboratorio se homogenizó la muestra compuesta y se pesaron ~500 g que, se emplearon como muestra de trabajo. La muestra de trabajo se usó para determinar la calidad física y fisiológica de las semillas. Para conocer la calidad física de las semillas se determinó la cantidad de semilla pura (SP), peso de mil semillas (P1000S), peso volumétrico (PV) y porcentaje de humedad (H) siguiendo las metodologías establecidas por el ISTA (2018) para cada variable.

El porcentaje de germinación (ISTA, 2018), envejecimiento acelerado (Delouche y Baskin, 1973; Huber et al., 1982; Kim et al., 1985) y velocidad de emergencia (Maguire, 1962) se emplearon para conocer la calidad fisiológica de la semilla y vigor.

Durante el análisis de calidad física se detectaron dos tamaños de semilla. La separación de semilla grande (G) y chica (C) se hizo con un tamiz de 2.38 mm. Toda la semilla que pasó a través del tamiz se consideró como C y la que se quedó encima del tamiz se clasificó como G. El acondicionamiento de envejecimiento acelerado se aplicó a 400 semillas de cada tamaño y 400 más permanecieron intactas. Como resultado de la combinación de ambos factores (tamaño de semilla y acondicionamiento) se tuvieron cuatro tratamientos. Para cada tratamiento se tuvieron cuatro repeticiones. Se consideraron 100 semillas por cada repetición de los tratamientos.

La siembra se realizó en un almacigo de 2.5 m x 1 m. Como sustrato se usó arena de río previamente esterilizada. Cada repetición se sembró en cuatro hileras con 25 semillas cada una. La distancia entre semillas e hileras fue de 3 cm. La distribución de los tratamientos y sus respectivas repeticiones se aleatorizó dentro del almacigo.

El análisis de varianza de los datos de germinación y velocidad de emergencia se hizo bajo un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Calidad física en semilla comercial de cebada cv. Brennus.

PF* (%)	P1000S (g)	PV (kg hl ⁻¹)	H (%)
98.01	42.00	67.58	7.00

*PF = pureza física, P1000S = peso de mil semillas, PV = peso volumétrico y H = humedad.

El PV se relaciona con la densidad del grano y por lo tanto con la textura del endospermo o el contenido de proteína y estado de salud del mismo. En la comparación de la germinación por tamaño de semilla el promedio de la semilla chica fue de 55.75 % y el de la semilla grande fue de 46.37%. Si hubo diferencia estadística ($P < 0.001$). La comparación de germinación entre los dos tipos de acondicionamiento también resultó significativa (envejecimiento = 12.37, sin envejecimiento = 89.75).

Cuadro 2. Germinación en dos tamaños de semilla de cebada *cv.* Brennus sometida a dos tipos de acondicionamiento.

	Tratamiento				EE
	CE*	CS	GE	GS	
Germinación (%)	23.00 ^b	88.50 ^a	1.75 ^c	91.00 ^a	1.619

*CE = semilla chica con envejecimiento, CS = semilla chica sin envejecimiento, GE = semilla grande con envejecimiento, GS = semilla grande sin envejecimiento, EE = error estándar.

Como lo menciona Bobadilla *et al.* (2013), en referencia al tamaño y peso de las semillas, hay una controversia del efecto de este atributo sobre la capacidad de germinación y vigor, el cual se basa en evidencias que establecen que las semillas grandes y pesadas son más vigorosas. Siendo las semillas grandes las que tienen más ventaja en el proceso de germinación y en la emergencia en comparación con las pequeñas, debido a que las más grandes desarrollan una mayor plúmula y raíz, debido al endospermo y a una mayor cantidad de nutrientes. En el caso de velocidad de emergencia no hubo diferencias ($P = 0.053$) entre el tamaño de semilla (C = 17.02, G = 16.37). La interacción entre tamaño de semilla x acondicionamiento tampoco fue significativa ($P = 0.980$). Solo hubo diferencias estadísticas entre tipos de acondicionamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Velocidad de emergencia en semilla comercial de cebada *cv.* Brennus con y sin envejecimiento acelerado.

	Acondicionamiento		EE
	E	S	
VE (plantas d ⁻¹)	15.54	17.84	0.215

*VE = velocidad de emergencia, E = semillas con envejecimiento, S = semillas sin envejecimiento, EE = error estándar.

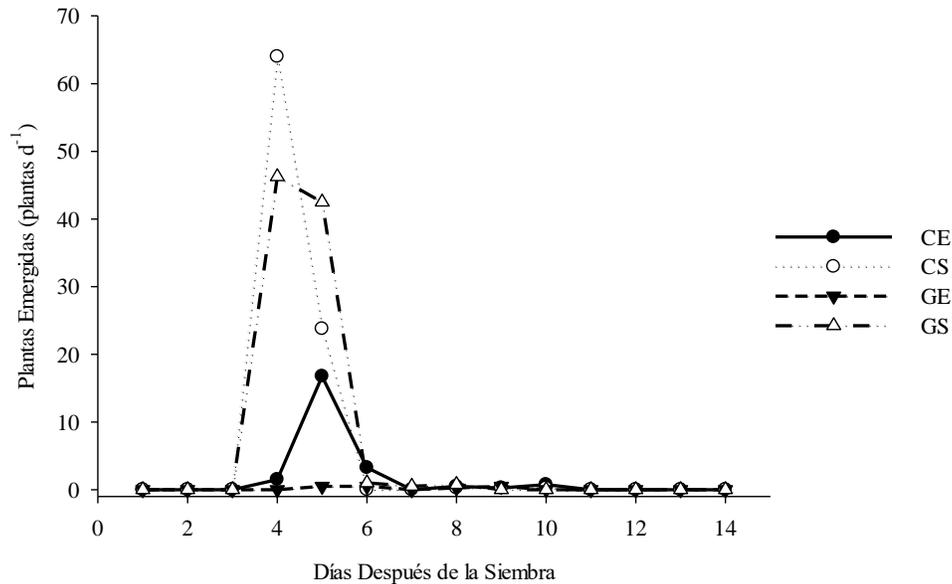


Figura 1. Emergencia de plantas de cebada cv. Brennus establecidas con dos tamaños de semilla y dos tipos de acondicionamiento.

Podemos observar que los tratamientos CS y GS presentan un menor período de latencia y una capacidad de germinación próxima al 100%, siendo éstos los de mejor calidad en comparación con los tratamientos CE y GE.

CONCLUSIONES

La germinación y el vigor son características que están influenciadas por factores bióticos y abióticos, este valor nos ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas.

El tamaño de semilla y el acondicionamiento si influye en la germinación, pero no en la velocidad de germinación.

LITERATURA CITADA

- Bobadilla Meléndez, M., Gámez Vázquez, A. J., Ávila Perches, M. A., García Rodríguez, J. J., Espitia Rangel, E., Moran Vázquez, N., & Covarrubias Prieto, J. (2013). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(7), 973-985.
- Delouche, J. C., and C. C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology* 1 :427-452.
- García, E. 1998. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 6. México, DF. 90 p.
- Godínez, A.H., y A. Flores, 2000. "Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para la restauración ecológica". *Polibotánica*, 11: 1-29

- Huber, T. A. and MacDonald, M. B. Jr. 1982. Gibberellic acid influence on aged barley seed germination and vigor. *Agronomy Journal* 74, 386-389.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2018. International rules for seed testing. ISTA. Zurich, Switzerland. 448 p.
- Kim, J., Bin, Y., Choe, Z and. Kim, S, 1985. Influence of the accelerated aging of barley seed on the germinability and seedling growth. *J. Inst. Agr. Res. Util.* 19. Pp. 1-5.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination: Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2 (2):176-7. doi: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x
- Raggio, F. R. 2003. Evaluacion del vigor de semillas de genotipos de avena (*Avena sativa* L.) y cebada (*Hordeum vulgare* L.) bajo condiciones controladas. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. Pp. 157-166.

**PRODUCCIÓN DE FORRAJE Y SEMILLA DE PASTO BÚFALO
Bouteloua dactyloides (Nutt.) Columbus EN TRES SITIOS
CONTRASTANTES EN MORELOS, ZACATECAS**

**FORAGE AND SEED PRODUCTION OF BUFFALO GRASS *Bouteloua dactyloides*
(Nutt.) Columbus AT THREE CONTRASTING SITES IN MORELOS,
ZACATECAS**

Francisco Antonio Rubio Aguirre^{1*}

¹ Investigador Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas; *Autor por correspondencia:
fara_charro@yahoo.com; rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El estudio consistió en evaluar la producción de forraje y semilla bajo diferentes condiciones ecológicas y de manejo de pasto Búfalo *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, en el municipio de Morelos, Zacatecas. El trabajo fue llevado a cabo el año 2021, escogiendo sitios con vegetación natural con más del 80% de cubierta vegetal y exclusivamente compuestas por plantas hembras. Los resultados obtenidos indican diferencias entre los sitios bajo estudio, siendo el sitio con mayor producción el T₃ (área de orilla de arroyo) con 252.0 g/m² de materia seca y 19.0 g/m² de semilla. Las áreas de cultivo (T₂) contaminadas por jales mineros de pH ácido, están siendo colonizadas de manera natural por pasto Búfalo y otras gramíneas, y las áreas naturales de pasto Búfalo (T₁) dentro del sector social están muy por debajo de su potencial productivo, debido al abuso a que están siendo sometidas por la presencia continua de bovinos y equinos, con bajísimos rendimientos de forraje seco y semilla.

Palabras claves: *Bouteloua dactyloides*, forraje, semilla, altura.

ABSTRACT

The study consisted of evaluating forage and seed production under different ecological and management conditions of Buffalo grass *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, in the municipality of Morelos, Zacatecas. The work was carried out in 2021, choosing sites with natural vegetation with more than 80% vegetation cover and exclusively composed of female plants. The results obtained indicate differences between the sites under study, with the site with the highest production being T₃ (stream bank area) with 252.0 g/m² of dry matter and 19.0 g/m² of seed. The cultivated areas (T₂) contaminated by mining tailings of acidic pH, are being colonized naturally by buffalo grass and other grasses, and the natural areas of buffalo grass (T₁) within the social sector are far below their productive potential, due to the abuse to which they are being subjected by the continuous presence of cattle and horses, with very low yields of dry forage and seed.

Keywords: Buffalo grass, forage yield, burrs yield, height.

INTRODUCCIÓN

En Zacatecas la roturación de más de 1.5 millones de hectáreas de pastizales para ser usados como terrenos de cultivo, sin duda logró destruir gran parte de las poblaciones naturales de pasto Búfalo, sin embargo, no existen estudios que muestren el potencial productivo de las poblaciones que actualmente persisten en el estado de Zacatecas, ni en el resto de la república mexicana. Herrera *et al* (2010) apuntan que su nombre actual es *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, con las sinonímias de *Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm y *Bulbilis dactyloides* (Nutt.) Raf. ex Kuntze, dicha especie es descrita como plantas bajas estoloníferas, dioicas, formadoras de césped; tallos 5–15 cm, estolones con entrenudos 1–4 cm; que habita en el pastizal, matorral xerófilo y mezquital, a 1350–2400 m de altitud, con una amplia distribución desde el SW de Canadá; planicies del W de Estados Unidos y México. En México se distribuye en 16 estados: Aguascalientes, Chihuahua, Coahuila, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala y Zacatecas (Mejía y Dávila, 1992). Díaz (2006) indica que los estados de la república mexicana con mayor abundancia son cuatro: Coahuila, San Luis Potosí, Zacatecas y Nuevo León. Herrera *et al* (2010) en una amplia revisión indica que fue encontrada en 17 municipios dentro del estado de Zacatecas: Concepción del Oro, Cuauhtémoc, Fresnillo, Gral. Francisco R. Murguía, Gral. Pánfilo Natera, Guadalupe, Jerez, Luís Moya, Mazapil, Ojocaliente, Pinos, Sombrerete, Villa de Cos, Villa García, Villa González Ortega, Villanueva y Zacatecas. En relación a los trabajos de investigación de esta gramínea, Rubio *et al*, (2016) en Calera de V.R., Zac., reportan una adecuada relación índice de hoja:no hoja, en los ecotipos T₁₆ y T₃, con valores de 3.29:1 y 2.33:1, respectivamente. Jack (1999) estudiando 18 genotipos de pasto Búfalo, encontró un promedio de 77% NDF, 38% FDA y 40% hemicelulosa, con un porcentaje relativamente bajo de lignina en comparación con otras especies forrajeras. Esta especie de zacate forma parte de la dieta de diferentes tipos de ganado en gran parte de la zona semiárida del estado de Zacatecas, observando que a pesar que ha sido sometida a un fuerte abuso por sobrepastoreo solamente tiende a disminuir su tamaño, pero continua vivo aún en muchas áreas comunales (ejidos y colonias), así lo reporta Chávez (2007) al encontrar del 10 al 20% de cobertura basal en una zona ejidal sobre explotada por actividades ganaderas, en Pinos, Zacatecas. En relación a su uso como mejorador y estabilizador de suelo Brakie (2013) indica que es una buena especie para el control de la erosión. Otra ventaja de esta especie es su larga vida bajo almacenamiento la cual ha sido entre 25 y 35 años (Lowe, 1940). Asimismo, puede ser usado en proyectos de remediación de taludes y partes de bajas de terrenos sometidos a minería a cielo abierto (McFarland 1994; Honeker, 2019). Las tendencias tanto en México (Díaz, 2006) como EEUU (Collin, 2020) de liberar materiales para el establecimiento de céspedes en parques y jardines públicos y privados, con tecnologías de uso de insumos externos como riego y fertilización química es la moda para esta especie, sin embargo, la evaluación de ecotipos bajo condiciones de secano no está siendo atendida por los centros de investigación y universidades nacionales, el conocimiento de esta especie bajo condiciones naturales por su aporte forrajero y estabilizador de suelos, sigue siendo importante para tener más

elementos de juicio sobre su ecología y manejo. El objetivo del estudio consistió en evaluar la producción de forraje y semilla de pasto Búfalo *Bouteloua dactyloides* (Nutt.) Columbus, bajo diferentes condiciones ecológicas y de manejo en el municipio de Morelos, Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue llevado a cabo el año 2021 en el municipio de Morelos, Zac., escogiendo sitios con vegetación natural con más del 80% de cubierta vegetal y exclusivamente compuestas por plantas hembras, resultando los siguientes tratamientos: **T₁**: Población que forma un pastizal Mediano abierto en el área ejidal, el cual es sobrepastoreado por ganado bovino y equino, ubicado a 22° 50' 31.3" N, 102° 46' 05.25" W a 2301 msnm; **T₂**: población en fase de establecimiento en manchones de pasto en área altamente contaminada por jales mineros, es un terreno que fue área agrícola y debido a su baja productividad es usado como terreno pastal con apacentamiento estacional (diciembre a junio) lo cual le ha permitido una revegetación con especies de gramíneas como: *Sporobolus airoides* (Torr.) Torr., *Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov., *Pennisetum villosum* R. Br. Ex Fresen. y *Bouteloua gracilis* (Kunt) Lag. Ex Griffiths, entre otras, ubicado a 22° 49' 49.56" N, 102° 41' 47.56" W a 2199 msnm, suelo de textura franca, y en el estrato de 0-20 cm de profundidad el pH es ácido (4.35), rico en materia orgánica (2.44%), medio en nitrógeno nítrico (20.0 kg ha⁻¹), pobre en fósforo (10.0 kg ha⁻¹), medio en potasio (250.0 kg ha⁻¹), suelo ligeramente salino, no sódico. La SEMARNAP (1996) en un estudio sobre metales pesados de dichos jales, encontró 2140 ppm de Fe, 780 ppm de Pb, 609 ppm de As, 220 ppm de Ni, 200 ppm de Cu, 37 ppm de Ag, 9.9 ppm de Cr, 5.0 ppm de Cd y menos de 1 ppm de Hg, y el **T₃**: población en manchones de pasto en un sitio a orillas de cauce estacional, rodeado de parcelas agrícolas de temporal, localizado en los 22° 52' 27.41" N, 102° 38' 26.13" W a 2248 msnm, usado de forma ocasional por hatos ovinos de trashumancia. En cada tratamiento se tomaron entre cuatro y cinco muestreos (repeticiones) para conocer la cantidad de follaje y semilla, usando un cuadrante metálico de 0.5 x 0.5 m (0.25 m²). Los muestreos fueron realizados a mediados del mes de septiembre del 2021, cuando se había observado que las plantas tenían semilla madura. La cosecha del follaje fue a mano a ras de suelo, las muestras fueron depositadas en bolsas de papel y puestas a secar a temperatura ambiente. La cosecha de semilla con envolturas (burrs) fue en forma manual junto con el follaje, para después ser separada con un cedazo plástico de uso doméstico, retirando en forma manual tallos y hojas. Los datos de altura fueron realizados con cinta métrica en cm, realizado entre 20 y 25 mediciones (repeticiones) por sitio (tratamiento). Las variables consideradas fueron: rendimiento de fitomasa aérea en gramos metro cuadrado⁻¹, rendimiento de semilla en gramos metro cuadrado⁻¹, altura de planta en cm y altura de la posición de semillas en la planta en cm. La precipitación anual del 1 de enero al 15 de septiembre del 2021 fue de 456.0 mm. Los datos fueron analizados mediante un Diseño completamente al azar, y la comparación de medias fue con la prueba DMS al 0.01, con el paquete de Diseños Experimentales de la FAUANL (Olivares, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de fitomasa aérea presentó diferencias ($P \leq 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 1), los resultados obtenidos con los T₂ y T₁, concuerdan con Rubio *et al* (2016) quienes con plantas “macho” de los ecotipos de Buffalo T₁₆ (originario de Morelos, Zac.) y T₂₉ (colectado en Río Grande, Zac.) reportan 1429.4 y 625.2, kg de MS ha⁻¹, respectivamente. Box (1960) para áreas naturales de Mezquite-pasto Búfalo, con 29.2% de cobertura, encontró 1400 lb de MS/acre. En relación al T₂ sitio con jales mineros (Gil-Loaiza *et al* 2016 y Honeker *et al*, 2019) indican, que el pasto Búfalo presenta ciertas ventajas para establecerse en relaves mineros ácidos, debido a que sus raíces tienen la capacidad de alcalinizar su entorno, lo cual le permite prevenir la acidificación y desarrollar bacterias promotoras del crecimiento, así mismo Monroy y Ramírez (2018) en poblaciones naturales de pasto Búfalo en Hidalgo, encontraron gran diversidad de HMA de las morfo especies: *Acaulospora* sp., *Entrophosphora infrequens*, *Funneliformis mosseae*, *Glomus* sp., entre otras, lo cual probablemente explica la presencia de pasto Búfalo y otras especies de gramíneas en las áreas agrícolas altamente contaminadas con metales pesados del sitio de estudio. El peso de semilla (burrs) también presentó diferencias ($P \leq 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 1), donde el T₃ obtuvo el mayor rendimiento con 19.0 g/m², el cual es muy bajo en relación a lo reportado por Ahring (1964) en Oklahoma, quien con riego sin fertilización obtuvo un promedio de 735 libras/acre/año. Green *et al* (1999) reportan rendimientos de 581 y 443 lbs/acre de semilla (burrs) para los cultivares Comanche y Texoca, respectivamente; lo anterior indica que el pasto Búfalo tiene buen potencial para producir semilla bajo prácticas agronómicas de riego y fertilización, no así bajo condiciones naturales. En cuanto a la altura de plantas (Cuadro 1), se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) entre tratamientos, donde el T₃ obtuvo la mayor altura con 15.5 cm. González *et al* (2007) en un estudio sobre variables morfológicas reporta alturas medias de 9.9 a 13.8 cm. La altura en cm de la posición de la semilla fue mayor en el T₃ con 12.02 cm, mientras que el T₁ estuvo a solo 1.38 cm, o sea prácticamente a ras de suelo, dicha situación ha permitido que las comunidades de pasto Búfalo sigan resistiendo el alto impacto de bovinos y equinos, al no poder ser cortadas por el diente del animal debido a su baja altura.

Cuadro 1. Producción de forraje y semilla (g/m²) y altura (cm) de plantas de pasto Búfalo en diferentes sitios agro ecológicos en Morelos, Zacatecas. México. Año 2021

Sitio	Peso forraje gramos MS/m ²	Peso semilla (burrs) gramos/m ²	Altura planta cm	Altura posición semilla cm
T ₃ Vega de arroyo	252.0 a	19.0 a	15.5 a	12.02 a
T ₂ Jales mineros	99.2 b	12.8 ab	7.06 b	3.6 b
T ₁ Área de agostadero ejidal	64.0 b	8.8 b	2.86 c	1.38 c
C.V. (%)	42.1	34.7	25.6	33.3

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p < 0.01$) entre tratamientos. *Estimado para un 80% de cobertura de pasto.

CONCLUSIONES

La mayor humedad a orillas de arroyos y la baja presencia de ganado permite que haya una mayor producción de follaje. Las áreas de cultivo contaminadas por jales mineros de pH ácido están siendo colonizadas de manera natural por el pasto Búfalo y otras gramíneas, lo cual es importante resaltar pues dicha especie debe ser considerada para revegetar y estabilizar taludes y presas de jales, así como terrenos agrícolas improductivos. La menor producción de follaje y semilla fue en el sitio ejidal con ganadería extensiva con alta carga animal de equinos y bovinos.

LITERATURA CITADA

- Ahring M.R. 1964. The Management of Buffalograss *Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm. for Seed Production in Oklahoma. Technical Bulletin T-109. 20 p.
- Box T.W. 1960. Herbage production in four range plant communities in southern Texas. *Journal Range Management* 13(2): 72-76.
- Brakie, M. R. 2013. Plant Guide for buffalograss. [*Bouletoua dactyloides* (Nutt.) J.T. Columbus]. USDA Natural Resources Conservation Service, East Texas Plant Materials Center. Nacogdoches, TX 75964.
- Collin M.J. 2020. Buffalograss Diversity Assessment. A Thesis Degree of Master of Science. Lincoln, Nebraska. 99 p.
- Chávez B.S.L. 2007. Variación Estacional del Banco de Semillas en Manchones de Pastos Estoloníferos de un Agostadero Sobrepastoreado del Altiplano Mexicano. Tesis de Maestría. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C. San Luis Potosí, S.L.P. p. 48.
- Díaz N.P. 2006. Distribución geográfica de zacate Bufalo [*Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm.] en México y su asociación con el nivel de ploidía. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. p. 60.
- Gil-Loaiza, J., White, S. A., Root, R. A., Solis-Dominguez, F. A., Hammond, C. M., Chorover, J. 2016. Phytostabilization of mine tailings using compostassisted direct planting: translating greenhouse results to the field. *Sci. Total Environ.* 565, 451–461. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.04.168.
- González D. J. R., Hernández C. R. E., Reyes V. M. H., Martínez R. J. M., Díaz S., H. 2007. Caracterización morfológica y de calidad de césped de ecotipos de zacate búfalo [*buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.]. *Revista Fitotecnia Mexicana* [en línea]. Vol. 30(4), 381-390 p. [fecha de Consulta 1 de Julio de 2022]. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61030405.pdf>
- Green, C. J., Auld, D. L., McKenney, C. B., Long, T. G., Gaitan G.F. 1999. Effect of Soil Fertility and Cultural Practices on Burr Yield of Buffalograss. *Texas Journal of Agriculture and Natural Resources*, 12, 49-59.
- Herrera A.Y., P. M. Peterson y A. Cortés O. 2010. Gramíneas de Zacatecas, México. Botanical Research Institute of Texas. United States of America. 239 p.
- Honeker L.K., Gullo C.F., Neilson J.W., Chorover J. and Maier R.M. 2019. Effect of Re-acidification on Buffalo Grass Rhizosphere and Bulk Microbial Communities During Phytostabilization of Metalliferous Mine Tailings. *Front. Microbiol.* 10:1209. doi: 10.3389/fmicb.2019.01209.
- Jack K.D. 1999. Development of buffalograss with improved forage quality and yield. Thesis in Crop Science. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University. 71 p.
- Lowe, A.E. 1940. Viability of buffalo-grass seeds found in the walls of a sod house. *Journal of the American Society of Agronomy* 32:891-893.
- McFarland, M.L., Ueckert, D.N., Hons, F.M. and S. Hartmann. 1994. Selective-placement burial of drilling fluids: effects on soil properties, buffalograss and fourwing saltbush after 4 years. *Journal of Range Management* 47: 475-480.
- Mejía, M.T. y Dávila, P. 1992. Gramíneas útiles de México. México. (1ra ed.) D.F.: UNAM. Instituto de Biología.

- Monroy, A.A. y K.Y. Ramírez S. 2018. Relación entre sucesión ecológica vegetal y hongos micorrizógenos arbusculares en un matorral xerófilo en el centro de México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21 (Supl. 2): 13-29 p. DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.157.
- Olivares, S.E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales. Ver. 2.5. Facultad de Agronomía de la UANL. Marín, N.L.
- Rubio A.F.A., J.F. Villanueva A., R.A. Sánchez G. 2016. Comportamiento morfológico y productivo de “colectas Base” de gramíneas nativa e introducidas en el Altiplano de Zacatecas. Publicación especial No. 22. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 91 p.
- SEMARNAP. 1996. Delegación federal en el estado de Zacatecas. Documento interno sobre resultados analíticos de metales pesados. 1 p.

GERMINACIÓN DEL PASTO LOBERO (*Muhlenbergia phleoides*) CON DIFERENTES NIVELES DE HUMEDAD

GERMINATION OF WOLFS TAIL GRASS (*Muhlenbergia phleoides*) WITH DIFFERENT LEVELS OF HUMIDITY

Patricia Daniela Aguilar Urrutia¹, Alicia Melgoza Castillo¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua
p281353@uach.mx

RESUMEN

La intensidad y frecuencia de las sequías, como parte del cambio climático, tienen un impacto en la dinámica de las poblaciones de especies. El pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) es una gramínea nativa del norte de México, ampliamente distribuida. Con base en la hipótesis de que las poblaciones pueden comportarse diferente ante la disponibilidad de humedad, el objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de tres poblaciones de pasto lobero a diferentes niveles de estrés hídrico. Las semillas se recolectaron en tres sitios diferentes en el estado de Chihuahua con precipitación promedio anual distinta. Los potenciales hídricos fueron 0.0, -0.25, -0.5, -0.75 y -1.0 MPa; para ello se utilizó manitol como agente osmótico. Cada combinación de población y estrés hídrico tuvo cuatro repeticiones que consisten en una caja Petri con 50 semillas colocadas en una germinadora a una temperatura constante de 28 ± 2 °C. La calidad de la semilla varió entre las poblaciones y la germinación se redujo por efecto del estrés hídrico ($P < 0.05$). La población de San Buenaventura redujo la germinación hasta los -0.75 MPa. La de Anáhuac redujo a los -0.5 MPa. La población de Bocoyna redujo su germinación a los -0.25 MPa. Con base en los resultados obtenidos, la hipótesis de que las poblaciones son más tolerantes a sequía dependiendo de los hábitats en donde se desarrollan parece ser apoyada. Sin embargo, el incluir un número mayor de poblaciones demostrará esta hipótesis con mayor certeza.

Palabras clave: Sequía, Pastizal, Pasto lobero, Estrés hídrico, Potencial hídrico.

ABSTRACT

Drought intensity and frequency, as a part of climate change, affect all species population dynamics. Wolfs tail grass (*Muhlenbergia phleoides*) is a native species of northern Mexico. Based on hypothesis that populations may behave differently to variations in moisture availability, the objective of this work is to evaluate the germination of three populations of wolfs tail grass seeds at different water stress levels. Seeds were collected at three sites with different levels of average annual precipitation in the state of Chihuahua. Water stress levels were 0, -0.25, -0.5, -0.75 y -1.0 MPa; mannitol was used to get osmotic potentials, with four replications for each combination of population and water stress level. Each replication consisted of a Petri dish with 50 seeds incubated at 28 ± 2 °C. Seed quality varied among

populations and the germination was reduced as water stress increased ($P < 0.05$). Seeds from San Buenaventura reduced germination at -0.75 MPa. The seeds collected at Anáhuac reduced germination at -0.5 MPa. The seeds from Bocoyna reduced germination at -0.25 MPa. Based on these results, the hypothesis that drought tolerance depends on population habitat characteristics (i.e. average annual precipitation) is supported. However, more populations should be included in future studies to confirm this relationship with more certainty.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas brindan una gran variedad de servicios ambientales para mantener una calidad de vida. Sin embargo, presentan deterioro por actividades antrópicas lo que representa una reducción en la calidad y cantidad de los servicios ecosistémicos. Así mismo, se presenta el problema del cambio climático y entre sus predicciones para zonas desérticas están: incrementos en temperatura y reducciones en la precipitación (IPCC, 2014). Por otro lado, la sequía es fenómeno natural cuya característica es la ausencia o disminución de precipitación pluvial durante cierto período, afecta la cantidad de agua disponible para el abastecimiento humano y las actividades agropecuarias (Esparza, 2014). Una percepción apropiada de este fenómeno es el primer paso para lograr una mejor gestión del agua en épocas de escasez que permita afrontarlo con mayor éxito (Velasco *et al.*, 2005). En la restauración de ecosistemas se debe incluir especies y poblaciones resistentes a estos cambios climáticos (Uribe, 2015). Las especies nativas deben ser consideradas por sus múltiples funcionalidades en los ecosistemas (Vargas, 2011). La variabilidad en la capacidad de adaptación y plasticidad de estas especies puede estar presente también entre sus poblaciones, tal es el caso del Pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) el cual es una gramínea nativa de los pastizales del norte de México (Márquez, 2019). Para este trabajo se seleccionaron poblaciones del pasto lobero que crecen en diferentes hábitats que varían en la cantidad de precipitación anual. El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de semilla de las tres poblaciones de pasto lobero a diferentes potenciales hídricos. La hipótesis fue que las poblaciones tendrán diferente capacidad de adaptación a sequía dependiendo de las condiciones de humedad durante su desarrollo y por ende diferente adaptación ante cambio climático.

MATERIALES Y MÉTODOS

La descripción del Pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) es con base en las publicaciones de Lebgue (2013) y Herrera (2015). Esta gramínea es nativa de México, perenne, densamente amacollada, alcanza una altura de hasta 60 cm y se puede encontrar en pastizales mediano abierto, arborescente e inducidos (Vázquez *et al.*, 2010; Powell, 2013). Además de ser abundante en estados como Aguascalientes, Coahuila, Chihuahua, Durango, Jalisco y al sureste de EUA.

Las semillas se recolectaron en el año 2017, durante la etapa de madurez, en tres sitios dentro del estado de Chihuahua y fueron identificadas con las claves P 158 para la población de San Buenaventura, P 85 para la población de Anáhuac y P 248 para la población de Bocoyna. Las descripciones de los sitios son con base en COTECOCA (1978). La muestra de semillas de la población Anáhuac (P 85) de pasto lobero fue recolectada en las coordenadas 28° 29' 38" N 106° 41' 38" W, dentro de un pastizal amacollado arborescente, a 3.20 km de la Laguna de Bustillos con clima seco templado, temperatura media anual de 14 a 17 °C y precipitación pluvial de 300 a 400 mm al año. La muestra de semillas de la población San Buenaventura (P 158) fue recolectada cerca del municipio de Buenaventura en las coordenadas 29° 46' 32" N 107° 36' 41" W en un pastizal mediano abierto con clima seco, semi-cálido, temperatura media anual de 10 a 20 °C y precipitación pluvial de 200 a 350 mm anuales. La muestra de semillas de la población Bocoyna (P 248) se recolectó entre los municipios de Bocoyna y San Juanito, en las coordenadas 27° 52' 17" N 107° 35' 20" W, en un sitio de pastizal amacollado y bosque de pino, con un clima templado sub-húmedo, temperatura media anual varía de 10 a 15 °C, la precipitación pluvial es de 650 a 1000 mm.

Los niveles de estrés hídrico que se utilizaron en las pruebas de germinación fueron 0.0, -0.25, -0.5, -0.75 y -1.0 MPa. Para obtener estos niveles se utilizó Manitol y la fórmula propuesta por Helmerick y Pfeifer (1954) para pruebas de germinación a temperatura constante. Para cada nivel osmótico se elaboró un volumen de 500 ml. Para cada combinación de estrés hídrico y población se colocaron 50 semillas en cajas Petri sobre un sustrato de papel secante. Una vez humedecido el papel con su solución correspondiente se identificó su población, tratamiento y número de repetición para luego colocarlas en una germinadora a temperatura constante de 28 ± 2 °C. Se realizó un conteo diario de las semillas germinadas durante 21 d. La semilla se contó como germinada cuando tenía 2 mm de radícula, para luego ser retirada de la caja Petri y facilitar posteriores conteos. El diseño fue al azar con cuatro repeticiones por cada combinación de población y potencial hídrico. A los datos del porcentaje de germinación se les realizó una transformación arcoseno y fueron sometidos a un análisis de varianza con población y tratamiento como variables independientes, utilizando el programa Minitab 17. Posteriormente, para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los porcentajes de germinación en las tres poblaciones respondieron diferente a los niveles de estrés hídrico ($P < 0.05$; Cuadro 1). Los mayores porcentajes de germinación se obtuvieron en los estreses hídricos bajos y disminuyeron a medida que el estrés se incrementó. Los porcentajes de germinación fueron numéricamente más altos para la población de Bocoyna lo que indica mejor calidad de la semilla probablemente debido a la cantidad y distribución de la precipitación al momento de ser producida la semilla (Ayed *et al.*, 2017). Con baja o alta calidad de la semilla, la respuesta de cada población mostró diferente tolerancia al estrés hídrico ($P < 0.05$). Así, aunque sólo se trabajó con tres poblaciones, los datos parecen

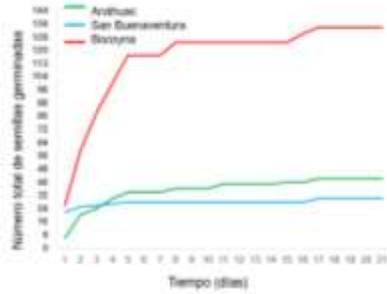
confirmar la hipótesis planteada. La población de San Buenaventura obtuvo la mayor germinación a los 0.0 Mpa ($P < 0.05$). Los niveles de humedad -0.25 y -0.50 MPa se agrupan y son diferentes a 0.0 MPa y a los niveles más altos de -0.75 y -1.0 MPa. La población de Anáhuac redujo la germinación ($P < 0.05$) a partir del estrés hídrico de -0.50 MPa. La población de Bocoyna sólo presenta una mayor germinación a los 0.0 MPa, al estrés hídrico más bajo reduce ($P < 0.05$) su germinación. Un resultado relevante fue que, no se inhibió la germinación en ninguna población, aún con el estrés hídrico más alto de -1.0 MPa.

Cuadro 1. Porcentaje de germinación y error estándar con diferentes niveles de estrés hídrico de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) del estado de Chihuahua.

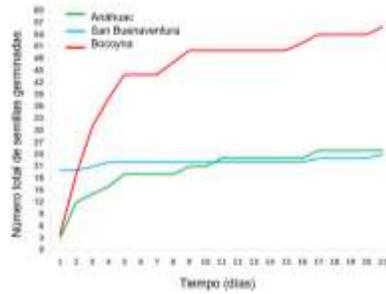
Población	Potencial hídrico (MPa)				
	0	-0.25	-0.5	-0.75	-1.0
San Buenaventura	10.50 ± 3.27 ^a	6.25 ± 1.18 ^{ab}	3.25 ± 1.11 ^{ab}	1.25 ± 0.75 ^b	0.50 ± 0.50 ^b
Anáhuac	7.50 ± 0.95 ^a	6.00 ± 0.40 ^a	2.00 ± 0.40 ^b	0.25 ± 0.25 ^b	1.00 ± 0.70 ^b
Bocoyna	33.50 ± 7.96 ^a	14.00 ± 3.11 ^b	12.50 ± 3.59 ^b	5.25 ± 2.02 ^b	3.5 ± 0.50 ^b

^{ab} Literales diferentes entre hileras son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

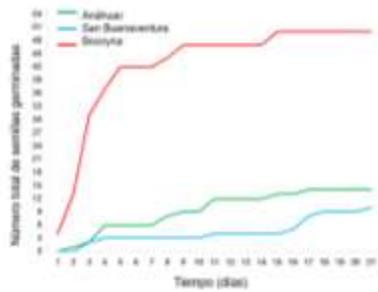
Al extrapolar estos resultados a campo, esto puede presentar una ventaja para la especie. Bajo condiciones de baja humedad, la semilla puede germinar, pero sin agotar su banco de semillas en suelo. Así mismo, la mayoría de las semillas germinaron en los primeros cinco días y posteriormente una o dos semillas germinan por día. Las Gráficas 1, 2, 3, 4 y 5 muestran el comportamiento a los diferentes niveles de estrés hídrico, así como, la distribución de la germinación en los días.



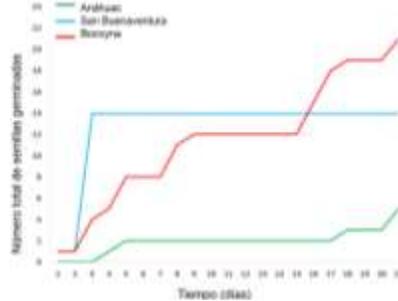
Gráfica 1. Número de semillas germinadas de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) a 0.0 MPa.



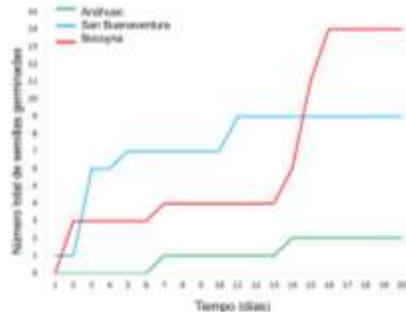
Gráfica 2. Número de semillas germinadas de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) a -0.25 MPa.



Gráfica 3. Número de semillas germinadas de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) a -0.50 MPa.



Gráfica 4. Número de semillas germinadas de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) a -0.75 MPa.



Gráfica 5. Número de semillas germinadas de tres poblaciones del pasto lobero (*Muhlenbergia phleoides*) a -1.0 MPa.

CONCLUSIONES

La respuesta de la germinación de la semilla del pasto lobero es influida por las características de los sitios donde crecen las diferentes poblaciones. Esto tiene implicaciones para el uso de esta especie con fines de propagación. Primeramente, la recolecta de semilla es recomendable realizarla durante años con precipitación normal o por arriba de ésta para asegurar su calidad. Por otra parte, las poblaciones de lugares xéricos son más tolerantes al estrés de humedad. En este sentido sería importante incluir otras poblaciones para confirmar con mayor certeza

la hipótesis planteada en este trabajo y seleccionar material que pueda tener una mejor adaptación a reducciones de humedad, como se plantea por efectos del cambio climático.

LITERATURA CITADA

- Ayed, S., Rezgui M., Othmani A., Rezgui M., Trad H., Teixeira J., Ben M., Ben H., and Kharrat M. 2017. Respuesta al estrés hídrico de trigos duros (*Triticum turgidum ssp. durum*) y harineros (*Triticum aestivum L.*) de Túnez. *Agrociencia* 51:13-26.
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero). 1978. Chihuahua. SARH. México, D.F.
- Esparza, M. 2014. La sequía y la escasez de agua en México: Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*. 89:193-219.
- Helmerick, R. H. and Pfeifer R. P. 1954. Differential varietal response of winter wheat germination and early growth to controlled moisture conditions. *Agr. J.* 46:560-562.
- Herrera, Y. 2015. Gramíneas de Durango. 1a ed. Editorial Isla de Agua. Instituto Politécnico Nacional. Durango. México.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Equipo principal de redacción, Pachauri, R. K. and Meyer L. A., eds. IPCC, Ginebra, Suiza.
- Lebgue, K., T. 2013. Gramíneas de Chihuahua. Manual de identificación. 4a ed. Editorial Universidad Autónoma de Chihuahua. Dirección de Extensión y Difusión Cultural. Chihuahua, Chih. México.
- Márquez, G., J. N. 2019. Caracterización morfológica y nutricional de poblaciones de zacate lobero (*Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus) en el estado de Chihuahua. Tesis de Maestría. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México.
- Powell, A. 2013. Grasses of the Trans-Pecos and adjacent areas. University of Texas Press, Austin, Texas. E.U.A.
- Uribe, E. 2015. El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América Latina. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile. En: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/1/S1501295_es.pdf. Consultado: 15 agosto 2020.
- Vargas, J. 2011. Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta. Biol. Colomb.* 16:221-246.
- Vázquez, C., Cantú H., and López J. 2010. Capacidad productiva de los pastizales en la Reserva de la Biosfera Mapimí, Durango, México. *Rev. Chapingo Serie Zonas Áridas* 9:121-128.
- Velasco, I., Ochoa L., and Gutiérrez C. 2005. Sequía, un problema de perspectiva y gestión. *Región y Sociedad* 17:35-71

**MANEJO DE COSECHA EN SEMILLA DE *Bouteloua curtipendula*
NdeM-303**

SEED HARVESTING MANAGEMENT IN *Bouteloua curtipendula* NdeM-303

Manuel Silva Luna¹, Leonor Miranda Jiménez², Adrián Raymundo Quero Carrillo¹,
Milton Javier Luna Guerrero¹ Nancy Cadena Ramírez¹

¹SE Costa de Jalisco (INIFAP), La Huerta, Jalisco. 2. Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo-Ganadería.

RESUMEN

La producción de semilla de calidad y rentable, es cuello de botella para establecer praderas de temporal árido y existe escasa experiencia sobre de este proceso en México. Para determinar el rendimiento de semilla, se evaluó el manejo de cosecha en 24 parcelas experimentales (3x3m), bajo diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2x4 (métodos de cosecha x momento de cosecha x cuatro cortes de cierre de evocación floral) y fertilización única (40-00-00). Se utilizó Tukey (P<0.05) para separación de medias. Se observó mayor producción con cosecha manual respecto a mecanizada (P<0.05). La cosecha manual no presentó diferencias entre cosecha matutina vs. vespertina (P>0.05); mientras que la cosecha mecanizada, mostró amplias diferencias (P< 0.05), perdiéndose el 43% de semilla por cosecha mecanizada vespertina respecto a mecanizada matutina y 77.5 de producción respecto a cosecha manual matutina, con dos cortes. El corte de homogenización más dos cortes con intervalo de 10 días resultó en mayor cantidad de tallos reproductivos. El costo de la cosecha manual es más elevado (P<0.05) respecto a la cosecha mecanizada. La cosecha manual matutina tiene marcadas ventajas sobre la mecánica vespertina. El rendimiento de semilla por cosecha manual influye el rendimiento. La rentabilidad de la cosecha manual es muy superior a la mecánica. Debe considerarse la oferta de mano de obra oportuna y suficiente para cosechar en el menor tiempo posible ante ambiente cambiante. Se deben investigar implementos de cosecha de bajo costo y alta eficiencia para pequeños productores.

Palabras clave: Manejo productivo, *Bouteloua curtipendula*, Cortes y evocación floral para producción de semilla.

ABSTRACT

Profitable seed quality production is a bottleneck to rain-fed prairies establishment within arid lands and also, scarce experience for this process do exist in México. In order to evaluate seed production seed harvesting management was evaluated using 24 experimental plots (3x3m) under a completely randomized design with factorial arrangement 2x2x4 (harvest methods x harvesting momento x number of forage cuttings to promote homogeneous flowering), with fertilisation once with 40-0-00. Means separation with Tukey (P<0.05). Higher seed production was observed using manual harvesting (P<0.05). Manual harvesting

did not show differences between harvesting during the morning or vespertine ($P > 0.05$). Vespertine mechanical harvesting showed differences regarding morning ($P < 0.05$) showing seed losses of 43% regarding each other and up to 77.5 % of losses regarding manual morning harvesting. The highest seed production, caryopsis and reproductive stems was shown by three cuttings of forage (homogenizing + two cuttings). Manual harvesting is the most expensive ($P < 0.05$) regarding mechanical. Morning manual harvesting was the best option for harvesting, positively influencing seed production. Profitability applying manual harvesting is highest ($P < 0.05$); however, as a slow process, should take into account aspects such as hand labor availability for this specific period and environmental condition putting in risk seed production. Research efforts should be focused on evaluating harvesting implements sheaper with high efficiency for small farmers.

Key words: Productive management, *Bouteloua curtipendula*, cutting effects on floral evocation for seed production.

INTRODUCCIÓN

Semilla: término que comprende diversos propágulos en pastos y todos ellos lo cumplen: embrión envuelto en cubierta protectora con alimento almacenado y que puede desarrollarse en una planta (Quero *et al.*, 2017; Wikipedia, 2022). La semilla de gramíneas (Poaceae) mantiene atributos de dispersión en el espacio (baja densidad de propágulo) y el tiempo (inhibidores de germinación; Silva *et al.*, 2008). En el espacio, con propágulos fácilmente transportables (Singh *et al.*, 2020) y, en el tiempo, por latencia de semilla. Junto con: 1) duración de floración, hasta 45 días en *Tripsacum dactyloides* con más de 12 cohortes de flores (Miranda-Jiménez *et al.*, 2022, *in press*; en estas memorias), 2) caída natural de espiguilla madura (dehiscencia; Maity *et al.*, 2021) se constituyen como reto tecnológico para máxima cosecha de semilla en gramíneas. Se ha estimado una demanda de semilla de nativas de 600 000 kg para recuperar suelos contaminados por actividades petroleras (Smith *et al.*, 2020). Por varias semanas se encuentran en la pradera, inflorescencias de toda la gama: embuche-exerción hasta aquellas tirando semilla por dehiscencia. La duración de floración (periodo y número de cohortes) y la dehiscencia de espiguilla define el potencial máximo de cosecha. La concentración máxima de tallos florales en una ventana de corta duración de floración (pasar de 45 a mucho menos días -*Tripsacum*) concentrará la mayor cantidad de semilla madura en pocos días, reduciendo pérdidas por dehiscencia, al promover dicha concentración por cosecha única y la rentabilidad de cosecha. Entre los atributos de mayor importancia para el proceso de domesticación se encuentra el control de la caída natural de semilla madura. Tanto el momento y amplitud de este fenómeno varía por control genético con amplia interacción ambiental (Maity *et al.*, 2021). Disponer de semilla de Banderita para establecer praderas es importante como fuente de alimento para hibernación de aves migratorias (Titulaer *et al.*, 2018). Por tanto, los objetivos fueron definir el potencial de producción de semilla, el efecto del estímulo de cortes en la floración homogénea, mediante el rendimiento de semilla y definir el rendimiento de semilla por manejos y momentos de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de mayo a octubre del 2021, en el área de forrajes, del área agrícola experimental del Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Edo. de México (19° 21´ N, 98° 55´ W, 2240 msnm), clima templado subhúmedo y temperatura media anual de 15 °C (García, 1987). Se utilizaron 24 parcelas (3x3m) de dos años de establecidas como pradera (no en surcos) de Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., variedad NdeM-303. Al inicio de la investigación, se realizó corte de uniformización en todos los tratamientos el día 6 de agosto, posterior al inicio de la lluvia, a 5 cm sobre el nivel del suelo y se consideró como tratamiento testigo. Se aplicó una fertilización única de 40-00-00. Los tratamientos se establecieron bajo diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 2 x 2 x 4 con tres repeticiones (Cuadro 1). Se consideró como momento de cosecha de semilla madura en las parcelas del tratamiento testigo y cuando 50 % de cada parcela presentó coloración beige-dorada de tallos de la inflorescencia (Ramírez *et al.*, 2022, in press, memorias de este congreso), momento en que las brácteas accesorias iniciaban a manifestar, similarmente un color dorado. Con este indicador se procedió a la cosecha de propágulo (ramillas y espiguillas individuales *i.e.* semilla) de cada parcela (22 de octubre de 2021) para cada tratamiento. Se realizaron cosechas: manual, mecánica, ambas matutina o vespertina (Cuadro 1). En la manual, se cortaron con hoz, tallos reproductivos presentes en la mitad de cada parcela (4.5 m²) a 10 cm sobre el nivel del suelo. Se midió duración del corte y se contabilizaron tallos reproductivos (TR). La cosecha mecánica se realizó con desbrozadora de machete a gasolina y manejadora adaptada y se repitió el procedimiento realizado con la otra mitad de parcela. El material cosechado se secó al sol por 10 días y se separaron espiguillas.

Cuadro 1. Organización de tratamientos para la evaluación de métodos de cosecha de semilla en pasto Banderita *Bouteloua curtipendula* NdeM-303.

Cosecha	Momento	Cortes totales	Cosecha	Momento	Floración
1) Manual	a) Matutino	a ₁) 1 corte (T)	2) Mecánica	a) Matutino	a ₁) 1 corte (T)
		a ₂) 2 cortes			a ₂) 2 cortes
		a ₃) 3 cortes			a ₃) 3 cortes
		a ₄) 4 cortes			a ₄) 4 cortes
	b) Vespertino	b ₁) 1 corte (T)	b) Vespertino	b ₁) 1 corte (T)	
		b ₂) 2 cortes		b ₂) 2 cortes	
		b ₃) 3 cortes		b ₃) 3 cortes	
		b ₄) 4 cortes		b ₄) 4 cortes	

Las espiguillas se pesaron en balanza analítica Sartorius Talent Series Analyticals (210g ± 0.1) para obtener el rendimiento (RE). Las espiguillas se escarificaron manualmente con tamiz y se obtuvo producción de grano (RG). Los resultados se extrapolaron a ha⁻¹. Tanto para cosecha manual, mecánica, matutina y vespertina se midió: rendimiento de espiguillas (RE, kg ha⁻¹), de grano (RG, kg ha⁻¹), número de tallos reproductivos (TR, tallos ha⁻¹), duración de cosecha (DC, horas). Para medir eficiencia de cosecha, se propuso integrar

número de jornales utilizados (NJ) y se determinó el costo por número de jornales (GJ) para tipo de cosecha (manual o mecánica), número de jornales (NJ) como relación de duración de cosecha entre un jornal por jornada (6h día⁻¹). Costo de jornales (GJ), se determinó al multiplicar el NJ por 300 pesos mexicanos, que es el pago por una jornada de trabajo de 8 h día⁻¹ y seis horas efectivas de trabajo (dos de descanso).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad de estadios de madurez del propágulo de *B. curtipendula*, dificultan la cosecha, manejo, transportación, almacenamiento y siembra potencial de praderas. La cosecha manual superó a la cosecha mecánica (P<0.05) en variables evaluadas excepto para componentes del rendimiento en número de tallos reproductivos (TR; Cuadro 1). En trabajos en esta especie por dos años, no se encontraron diferencias en TR y se reportan diferencias en componentes: rendimiento de espiguilla, ramillas por tallo floral, espiguillas por ramilla y tamaño de espiguilla (Boe y Gellner, 1990), similar al presente estudio. La cosecha manual superó en rendimiento a la cosecha mecanizada para RE en 2.7 magnitudes, jornales para cosecha y costo (P< 0.05). Para llenado de espiguilla, se registró en 21.6%; esto es, se requieren 4.6 kg de espiguillas por kg de carióspsides. La cosecha manual requiere 2.2 veces mayor inversión respecto a la cosecha mecanizada; sin embargo, la eficiencia es mucho mayor (2.7 veces); por tanto, es más rentable cosechar manualmente; sin embargo, la toma de decisión se debe considerar la exposición de semilla altamente dehiscente al clima (viento y lluvia), por cosecha manual, al no disponer de mano de obra escasa; lo cual, expone a la semilla a caer al suelo, haciendo imposible su recuperación. Se ha indicado que los componentes del rendimiento en Banderita están seriamente afectados por el ambiente de desarrollo de la semilla en Banderita (Quero-Carrillo *et al.*, 2016). El rendimiento de espiguillas fue similar para cosecha manual matutina o vespertina. La cosecha matutina fue marcadamente superior (P<0.05) para la cosecha mecanizada; lo anterior implica que se retiene mayor cantidad de espiguillas cuando estas tienen humedad del rocío matutino. Este aspecto es de gran importancia cuando se pretende acopiar de pequeños productores semilla, como en el caso de Tailandia (Hare, 2014) con equipo de cosecha de bajo costo. Los rendimientos de semilla en siembras en surcos de Banderita y equipo mecanizado (trilladoras) ya habían sido reportados entre 448 y 897 kg ha⁻¹ de semilla cruda y rendimiento de espiguillas de 30% i.e. en una sola cosecha en California con espiguillas puras, i.e. desde 449 a 898 kg ha⁻¹ (Sumner y Goss, 1962).

Cuadro 1. Parámetros productivos por tipo de cosecha (manual o mecanizada) en semilla de pasto banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

TC	RE (ha ⁻¹)	RG (ha ⁻¹)	TR (m ⁻²)	DC (h ha ⁻¹)	NJ (ha ⁻¹)	GJ (Pesos)
Manual	273 ^a	59 ^a	27.24	198 ^a	33 ^a	9 900 ^a
Mecánica	101 ^b	22 ^b	27.61	90 ^b	15 ^b	4 500 ^b
Media	186	40	27.43	143	18	

Literales diferentes dentro de columna indican diferencias ($P < 0.05$). TC, tipo de cosecha; RE, rendimiento de espiguillas; RG, rendimiento de carióspside; TR, número de tallos reproductivos (miles); DC, duración de la cosecha; NJ, número de jornales; GJ, gasto en jornales.

Los rendimientos en semilla comercial utilizando diversos herbicidas (McCarty *et al.*, 1967) para control de maleza, resultaron entre 34 (testigo sin herbicida) a 472 kg ha⁻¹ con coeficiente de variación de 40% y una mediana de 247 kg ha⁻¹. Los máximos resultados obtenidos en el presente experimento fueron de 319 kg ha⁻¹, con cosecha manual y dos cosechas de inducción, similar al testigo y tres cortes más ($P > 0.05$), parecidos a la producción en cosecha mecanizada (Summer y Goss, 1962) y superior a los obtenidos por McCarty *et al.* (1967); los cuales, en este estudio, fueron muy superiores a la cosecha mecanizada con desbrozadora adaptada. El costo de mano de obra potencializan la rentabilidad de la cosecha de semilla e incrementan los rendimientos de espiguillas. El rendimiento de grano fue superior para el tratamiento de cosecha manual, matutina y con dos cortes de inducción de la floración ($P > 0.05$), con 75 kg de carióspsides ha⁻¹. La cantidad de tallos reproductivos es altamente variable, siendo mayor numéricamente al aplicar dos cortes de inducción más el de homogenización.

Cuadro 2. Producción de semilla por tipo de cosecha (matutina y vespertina) tipo de inducción a la floración (cortes) en Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

TC	M	FC	RE	RG	TR	DC	NJ	GJ	TC	M	FC	RE	RG	TR	DC	NJ	GJ
Man.	Mat.	T	316 ^a	64 ^{ab}	25.5 ^{ab}	192 ^b	32 ^c	9.6 ^b	Mec.	Mat.	T	125 ^a	27 ^a	29.0 ^{NS}	93 ^{ab}	15.5 ^{ab}	4.7 ^{ab}
		1	234 ^{ab}	56 ^{ab}	26.8 ^{ab}	195 ^{ab}	32.5 ^{bc}	9.8 ^{ab}			1	128 ^a	26 ^{ab}	30.0 ^{NS}	94 ^{ab}	15.7 ^{ab}	4.7 ^{ab}
		2	319 ^a	75 ^a	31.8 ^a	197 ^{ab}	33.0 ^{abc}	9.9 ^{ab}			2	135 ^a	25 ^{abc}	19.3 ^{NS}	83 ^c	13.8 ^c	4.1 ^c
		3	311 ^a	64 ^{ab}	33.0 ^a	200 ^{ab}	33.3 ^{ab}	9.9 ^{ab}			3	123 ^{ab}	30 ^a	22.1 ^{NS}	93 ^{ab}	15.5 ^a	4.7 ^{ab}
Man.		μ	295	65	29.3	196	32.7	9.8	Mec.		μ	128	27	25.2 ^{NS}	91	15.1	4.6
	Ves.	T	311 ^a	68 ^{ab}	24.7 ^{ab}	201 ^{ab}	33.5 ^{ab}	10.5 ^{ab}		Ves.	T	61 ^c	16 ^{bcd}	24.7 ^{NS}	87 ^{abc}	14.5 ^{abc}	4.5 ^{abc}
		1	278 ^{ab}	70 ^a	25.4 ^{ab}	195 ^{ab}	32.5 ^{bc}	9.8 ^{ab}			1	73 ^{bc}	12 ^d	29.1 ^{NS}	86 ^{bc}	14.3 ^{bc}	4.3 ^{bc}
		2	307 ^a	51 ^{ab}	34.7 ^a	198 ^{ab}	33.0 ^{abc}	9.9 ^{ab}			2	89 ^{abc}	20 ^{abcd}	32.9 ^{NS}	91 ^{abc}	15.2 ^{abc}	4.6 ^{abc}
		3	106 ^b	26 ^b	16.0 ^b	203 ^a	33.8 ^a	10.4 ^a			3	69 ^c	15 ^{cd}	33.0 ^{NS}	96 ^a	16 ^a	4.8 ^a
		μ	251	54	25.2	199	33.2	10.2			μ	73	16	30.0 ^{NS}	90	15.0	4.6

Literales diferentes dentro de columna y por método de cosecha indican diferencias ($P < 0.05$). TC, tipo de cosecha: Man. Manual, Mec. Mecanizada; M, momento de corte: Mat. Matutino, Ves. Vespertino; FC, frecuencia de cortes.; RE, rendimiento de espiguillas; RG, rendimiento de carióspside; TR, número de tallos reproductivos (miles); DC, duración de la cosecha; NJ, número de jornales; GJ, gasto en jornales ha⁻¹.

CONCLUSIONES

La cosecha manual, matutina y con corte de homogenización más dos cortes de inducción produjo la mayor cantidad de espiguillas y la mayor cantidad de carióspsides; a pesar del

costo, la cosecha manual es más productiva y rentable. Se deben desarrollar estrategias para mejorar el rendimiento de tallos florales y la eficiencia de cosecha con equipos de bajo costo.

AGRADECIMIENTOS

A la línea de investigación en Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Boe A and JL Gellner. 1990. Components of seed yield in “Pierre” sideoats grama. *J of Range Management*. 43(5): 411-412.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 68 p.
- Hare, MD. 2014. Village-based tropical pasture seed production in Thailand and Laos. A succes story. *Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales* 2(2): 165-174.
- Maity, A, A Lamichaney, DC Joshi, A Bajwa, N Subramanian, M Walsh, and M Bagavathiannan. 2021. Seed shattering: a trait of evolutionary importance in plants. *Front. Plant Sci. Sec. Crop and Product Physiology*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.657773>.
- McCarthy, MK, LC Newell, CJ Scifres, and JE Congrove. Weed control in seed fields of side-oats grama. *Weeds* 15(2): 171-174.
- Miranda-Jiménez, L, AR Quero-Carrillo, M Zárate-Ramos, JF Villanueva Á, A Vázquez-González. 2022. Madurez, ventana y potencial de producción de semilla en *Tripsacum dactyloides* NdeM-Td2020 selecto. In press. Memorias del XI Congreso Internacional de Pastizales. SOMMAP. Zacatecas, Zac.
- Quero-Carrillo, AR, FJ Hernández-Guzmán, M Velázquez-Martínez, HG Gámez-Vázquez, P Landa-Salgado y P Aguilar-López. 2016. Métodos de establecimiento de pasturas en zonas áridas de México utilizando semillas crudas o carióspsides. *Tropical Grasslands- Forrajés Tropicales* 4: 29-37.
- Quero, CAR, FJ Hernández G, P Pérez R, A Hernández L, G García de los S, P Landa S y SE Ramírez S. 2017. Germinación de carióspsides clasificadas por tamaño y diásporas de cuatro pastos para temporal semiárido. *Rev. Mex. Cien. Agrícolas* 8(3): 489-502.
- Silva, RV, AA Gimenes J, M Fagan, EB Ruíz, ST Labonia V. 2008. Weed seed dormancy as a survival mechanism –brief review. *Planta Daninha* 26(3): 695-706.
- Singh, SK, S Kauthkar, B Gurjar, PK Pathak, S Swami. 2020. Engineering properties of spikelets and true sedes of deenanath (*Pennisetum pedicellatum* Trin.) grass. *Range Mgmt. & Agroforestry*. 41(2): 328-335.
- Sumner, DC and JR Goss. 1962. Sideoats grama and seed production. *California Agriculture*. May. pp: 10-11.
- Smith, FS, JP Pierre, MH Young, DA Devitt. 2020. Estimation of future native grass seed demand for restoring oil and gas energy sprawl in west Texas, USA. *Ecological Rest*. 38(4): 237-245.
- Titulaer, M, A Melgoza-Castillo, A Macías-Duarte, A O Panjabi. 2018. Seed size, bill morphology, and handling time influence preferences for native vs. nonnative grass seeds in three declining sparrows. *The Wilson J of Ornithology*. 130(2): 445-456.
- Wikipedia 2022. Semilla. <https://es.wikipedia.org/wiki/Semilla>. Octubre 15, 2022.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA EN ECOTIPO SELECTO DE *Tripsacum dactyloides*

***Tripsacum Dactyloides* SEED PRODUCTION FOR A SELLECTED ECOTYPE**
 Leonor Miranda-Jiménez¹, AR Quero Carrillo¹, M Zárate-Ramos¹, JF Villanueva-Ávalos²,
 A Vázquez-González²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo-Ganadería. ²SE El Verdineño, INIFAP- Nayarit

RESUMEN

Coronas maduras de *Tripsacum dactyloides*, ecotipo selecto, de tres años de establecidas, se regaron y se determinó rendimiento, ventana de producción de semilla (cúpula; Cú) clasificada, porcentaje de llenado de cariósida (Cs), periodo de antesis a dehiscencia de Cú. Se cosechó manualmente en 14 ocasiones. Se cosecharon dos tipos de inflorescencia: 1) espiga estaminada presente (CM) y 2) espiga estaminada ausente (SM). Dentro tipo de inflorescencia, las Cú cosechadas se clasificaron por color (marcador de madurez): Cú claras (CúCla), Cú intermedias (CúIt) y Cú verde oscuro (CúObs). Los datos se transformaron al arcoseno, se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3, 14 repeticiones, Tukey (P< 0.05) para separar medias: 1). CM; 2). SM y tres niveles de madurez: 1). CúCla, 2). CúIt y 3).CúObs. Se liberó la cariósida (Cs), determinando número y peso para Cú e inflorescencia. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico R^(MR). La producción de Cú tuvo duró 49 días. El periodo desde estigmas frescos a dehiscencia de espiga estaminada fue 30.5 días. El rendimiento por presentación fue 5.88% para número de Cs potenciales y 7.14% para Cú potenciales. Las CúCla-CM mostraron menor producción de Cs (P< 0.01). La CúObs resultó en mayor llenado de Cs para ambos tipos de inflorescencia (P<0.01). Se debe reducir la ventana de floración para obtener el máximo rendimiento de semilla con Cs. Se pueden mejorar los niveles de producción mediante manejo agronómico y evaluando, a detalle, los componentes del rendimiento de semilla.

Palabras clave: *Tripsacum dactyloides*, semilla, marcadores morfológicos de madurez de semilla.

ABSTRACT

Mature *Tripsacum dactyloides* crowns, selected genotype, three years of established, irrigated for seed production determination, productive period of classified seed (cúpule; Cú), percentage of caryopsis (Cs) filling, period from anthesis to Cú shattering. Seed harvesting has sampled 14 times. Two kinds of inflorescence wer harvested: 1) staminated (CM) 2) non-staminated (SM). Harvested Cú were classified by color (as maturity marker): light colored Cú (CúCla), intermediate color (CúIt), and dark Cú (CúObs). Data was transformed through arcsen under a completely randomised design with factorial arrangement and 14 repetitions, Tukey (P< 0.05) for means separation: 1) CM; 2) SM and three Cú' maturity levels: 1) CúCla, 2) CúIt, and CúObs. Caryopesis was liberated and Cs number and Cs weight was

determined for Cú and inflorescence type. Data was analysed through R^(MR) statistical package. Cú production duration was 49 days. The Cú maturation period was 30.5 days. Seed production for a unique harvesting comprised 5.88% of the potential Cs production and 7.14% for potential Cú. CúCla-CM showed the lowest Cs filling ($P < 0.01$). CúObs for both CM/SM showed the highest Cs filling ($P < 0.01$). Reduce the seed harvesting period is important to achieve maximal seed production containing Cs. Seed production levels may be improved through crop management and reviewing in detail seed production components.

Key Words: *Tripsacum dactyloides*, seed production, morphological seed maturity markers.

INTRODUCCIÓN

Entre las gramíneas nativas de México el forraje de *Tripsacum dactyloides* (L.; maicillo, tripsacum, “eastern gamagrass”, milpilla) posee buena apetencia y calidad y representa una especie de alto valor para el ganado en pastoreo, se distribuye de regiones intertropicales mesoamericanas hasta regiones templadas del este de Estados Unidos (de Wet *et al.*, 1982), se utiliza como pradera en el estado de Nueva York, con producción veraniega. Es una especie altamente adaptada a amplia diversidad de texturas de suelo, prefiriendo suelos arcillosos que conservan la humedad, es tolerante a periodos cortos de inundación (USDA-NRCS, 2002). Se recomienda que la semilla se estratifique para la siembra. Se ha reportado que tanto embriones disectados como carióspsides (Cs) escarificadas alcanzan 100% de germinación (Huang *et al.*, 2017), dado que los tegumentos de la cúpula (rama modificada conteniendo a la Cs; Cú) como el pericarpio de la Cs presentan factores de latencia (Huang, y Taylor, 2019). Debido a su calidad requiere pastoreo bien planeado para promover la salud de la pradera, permitiendo su recuperación, post-corte o pastoreo. Similarmente, Coblenz *et al.* (2014), indican que conserva atributos asociados a pastos tropicales. El centro de origen genético de *Tripsacum* spp. ha sido establecido en Mesoamérica y especies de este género pueden ser altamente valiosas para pastoreo en México (Savidan, 1991). Villanueva *et al.* (2015) indicaban que se debe: 1) conservar recursos genéticos ampliamente adaptados a México, 2) definir el potencial de producción de forraje dentro de la variabilidad genética y 3) ofrecer alternativas para la ganadería mexicana. Pérez (2020) evaluó la variabilidad intragenérica dentro de *Tripsacum*, clasificando. Entre el material experimental evaluado, el ecotipo NdeM-Td2020 fue el de mayor producción y capacidad de rebrote en un estudio de dos años (Pérez, 2020). Lemke *et al.* (2003) indicaron que autores previos habían documentado tres factores limitantes para la proliferación de *T. dactyloides* como pradera: 1) no tolera cortes/pastoreos rasos 2) dificultad de establecimiento y 3) pobre producción de semilla. Respecto a baja producción de semilla, los factores a controlar experimentalmente incluyen: a) elevada dehiscencia de la especie, b) múltiples cohortes de floración y maduración de semilla (floración indeterminada; Lemke *et al.*, 2003), c) amplia ventana de floración (duración en semanas), d) elevada producción de Cú sin Cs y e) lenta consolidación del establecimiento de praderas (tres años). La Compañía Gamagrass Seed Co. (Falls city, Nebraska) ofrece tratamiento de Cú denominado Germtec IIMR^(MR); el cual, elimina la

necesidad de escarificación hasta la siembra y Coblenz *et al.* (2014) lo reportan como altamente efectivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Macollos individuales maduros de tres años de establecidos y 32 cm de diámetro, se podaron (corte único), eliminando hasta 30 cm, sobre el suelo, el forraje invernal, el 20 de marzo, se mantuvieron con riego de febrero a julio de 2022, momento de inicio de las lluvias. Una vez que las plantas iniciaron floración, se mantuvieron en observación para definir atributos de producción de semilla. Se determinó la ventana de producción de Cú: desde la primera a última cosecha de Cú (cosechas manuales) y, mediante marcaje de 14 inflorescencias apicales por corona desde la aparición de estigmas hasta caída de espiga estaminada por dehiscencia natural (madurez), en días gregorianos, transcurridos entre estos dos eventos. Las Cú se cosecharon con frecuencia irregular, en ocasiones diariamente y, en ocasiones cada cinco días; lo anterior, evitando su dehiscencia. Se cosecharon dos tipos de inflorescencia: 1) espiga estaminada marchita presente (CM) y 2) espiga estaminada ausente (SM) por madurez (dehiscencia natural). Dentro de cada tipo de inflorescencia, las Cú cosechadas se clasificaron por color, como marcador de madurez; lo anterior, por un solo técnico clasificador, en tres grupos: Cú claras (CúCla), Cú intermedias (CúIt) y Cú verde oscuro (CúObs). Los datos se calcularon en porcentaje por número (Cú y Cs) y peso (Cú y Cs). Se analizaron bajo diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 3 en catorce cosechas (repeticiones): 1). CM; 2). SM y tres niveles de madurez de Cú (marcadores de madurez): 1). CúCla, 2). CúIt y 3).CúObs. El número y peso de Cú, se consideró semilla cruda. Las Cú y categorías de color se disectaron manualmente con pinzas mecánicas para liberar a la Cs, obteniendo rendimiento de Cs (número y peso) por tipo de Cú e inflorescencia. Las variables de respuesta incluyeron, dentro de fecha: Cú totales y sus componentes: CúCla, CúIt, CúObs; porcentaje de llenado de Cs por tipo de Cú en número y peso utilizando báscula Sartorius Talent Series Analyticals (21g \pm 0.01). Con estos datos se determinó la producción de Cú y Cs por tipo de inflorescencia. Los datos se transformaron por el método de Briss para normalidad y comparación de medias (Tukey; $P < 0.05$). Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Cú posee la desventaja de ser factor de fuerte latencia física y hormonal. Por tanto, el método Germtec IIMR^(MR) representa la mejor opción. La cosecha de semilla inició el 28 de junio y finalizó el 16 de agosto (con menos de cinco flores por corona individual). La ventana de producción de Cú tuvo una duración de 49 días. En *T. dactyloides*, por costos y labor, se dificulta alcanzar el potencial productivo. El periodo que comprende la aparición de estigmas a la dehiscencia natural de la sección estaminada de la inflorescencia mostró un promedio de 30.5 días, informativo sobre el mejor momento de cosecha. Se ha reportado la cosecha de 10% y 15% del rendimiento potencial y 33 y 35% del rendimiento por presentación en pastos

tropicales por cosecha única (Loch y Ferguson, 1999). En el presente estudio el rendimiento por presentación (una sola cosecha) sería de 5.88% en cuanto a número de Cs potenciales totales vs. alcanzables en una sola cosecha y de 7.14% respecto al número de Cú potenciales totales vs. alcanzables (Cuadro 1). Dewald y Kindiger (2000) indican rendimiento de 100 kg ha⁻¹ año⁻¹, para *T. dactyloides* e indican la importancia del manejo agronómico: sanidad de cultivo (menos maleza y plagas), mejor fertilidad; distancia entre surcos (91cm a 122cm) y momento de cosecha. Para producción de Cs no se observó diferencia entre CM y SM (P> 0.05). Se observó interacción entre tipo de inflorescencia y color de Cú. Mayor número de Cs en CúObs SM (P< 0.05). Menor cantidad de Cs en CúCla y CúIt, sin importar el tipo de inflorescencia. Se incrementa la cantidad de Cs con SM respecto a la presencia de CM (P< 0.001). Para peso de Cs, se observaron diferencias por tipo de Cú (P< 0.001), sin diferencias para tipo de inflorescencia (P> 0.05) y con diferencias en la interacción inflorescencia x color de Cú (P< 0.05). No hubo diferencias en peso de Cs por tipo de inflorescencia participando en igual peso los diferentes tipos de Cú. Se incrementó el peso de CúObs de SM respecto a % del peso y se incrementa la participación de CúObs en MA, sin efecto en el resto de color de Cú. Para número de Cs por fecha de cosecha, no se observaron diferencias entre tipo de inflorescencia (P> 0.05) ni interacción tipo de inflorescencia por color de Cú (P> 0.05); sin embargo, se observaron diferencias para número de Cs por color de Cú por cosecha (P> 0.001). Mayor participación de Cs obtenidos de CúObs respecto al número total de Cs obtenidos por cosecha. Para número de Cs no se observaron diferencias entre tipo de inflorescencia (pistilada o no; P> 0.05). Se observó interacción entre presencia/ausencia de espiga y color de Cú; las CúObs-SM incrementan en rendimiento de Cs (P< 0.01). Las CúCla llenaron Cú con Cs en menor cantidad respecto a CúIt y estas respecto a CúObs (P< 0.001). Se obtuvo mayor número de Cs para CúObs con o sin espiga (P> 0.01) y diferencias entre todos los tipos de Cú sin importar el tipo de inflorescencia (P< 0.01). La cantidad de Cs se incrementa con espiga ausente respecto a la presencia de espiga (P< 0.001; Cuadro 1). Para porcentaje al tipo de Cú no se observaron diferencias en producción (número) de Cú por tipo de inflorescencia (P> 0.05) dentro de cosecha. Se observaron diferencias entre colores de Cú (P> 0.001) y se observaron diferencias en interacción tipo de inflorescencia x color de Cú para número de Cú (dentro de cosecha). Se observó incremento en la presencia de CúObs en inflorescencias SM (P< 0.05). Los resultados se extrapolaron a cuatro coronas (plantas) m⁻². El llenado de Cú a Cs fue 25.6% (Cuadro 1). La producción calculada total de Cú ha⁻¹ fue de 110.28 millones; al respecto, similar a resultados de Lemke *et al.* (2003), dado que en el presente estudio se mantuvo al mínimo la caída de Cú (prácticamente inexistente). No se observaron diferencias entre presencia/ausencia de inflorescencia estaminada para peso de cúpula (P>0.05; Cuadro 1). Se observó interacción inflorescencia x tipo de cúpula (p< 0001); las cúpulas oscuras con o sin inflorescencia estaminada mostraron mayor participación en peso de cúpulas, respecto al resto. Se observó mayor cantidad de cúpulas oscuras con el macho ausente y reducción de cúpulas claras e intermedias (P< 0.001). La ausencia de macho indica mayor abundancia de cúpulas oscuras. Para 14 cosechas realizadas las CúCla con espiga estaminada (CM), se registraron nueve cosechas sin Cs dentro de cosecha; mientras que, sin espiga estaminada (SM), más madura, cuatro cosechas sin Cs. Para CúIt, se registró

una cosecha sin Cs tanto para inflorescencias CM y SM. Para CúObs, no se observaron cosechas vanas para CM y SM. El peso de la Cs de tetraploides es más grande respecto a diploides y peso medio de Cs de 2, 21 y 49 mg ha sido reportado en Verl, Iuka y Highlander, respectivamente (Springer *et al.*, 2001) y de 23 a 46 mg en Pete (Spring *et al.*, 2001; Douglas, 1999).

Cuadro 1. Rendimiento de semilla cruda y cariósides de *Tripsacum dactyloides* NdeM-t2022, cosechada manualmente, clasificada por morfología de cúpula y tipo de inflorescencia.

Tipo de semilla	Cú ha ⁻¹	Cs ha ⁻¹	Cs (%)	Llenado	Peso de	Peso Cs	Cs a Cú	Llenado
	(millones)	(millones)	por Cú	a Cs	Cú (Kg)	(kg)	totales	en Cs
	Individuos ha ⁻¹			Peso kg ha ⁻¹				
CMCúCla	4.67 ^d	0.06 ^c	0.05	1.22	35.6 ^d	0.63 ^c	0.03	1.75
SMCúCla	19.53 ^b	0.68 ^{bc}	0.61	3.46	244.2 ^{bc}	8.21 ^{bc}	0.43	3.36
CMCúIt	11.10 ^d	2.23 ^b	2.02	20.05	134.3 ^{cd}	7.21 ^b	0.38	5.29
SMCúIt	23.33 ^b	3.55 ^b	3.22	15.20	390.7 ^b	50.62 ^{ab}	2.68	12.96
CMCúObs	23.41 ^{ab}	8.69 ^{ab}	7.88	37.12	534.8 ^{ab}	90.42 ^a	4.78	16.91
SMCúObs	28.24 ^a	13.10 ^a	11.87	43.36	551.1 ^a	94.91 ^a	5.02	17.22
Total	110.28	28.23	25.60		1 891	252.0	13.33	
CM	38.87 ^b	10.97 ^a	9.95		704.8 ^a	97.66 ^b	5.19	
SM	71.41 ^a	17.26 ^a	15.65		1 186.2 ^a	154.34 ^a	8.14	
Total	110.28	28.23	25.60		1 891	252.0	13.33	
CúCla	24.02 ^c	0.73 ^c	0.66		279.8 ^c		0.47	
						8.834 ^c		
CúIt	34.4 ^b	5.51 ^b	5.24		525.0 ^b		3.06	
						57.829 ^b		
CúObs	51.65 ^a	21.78 ^a	19.75		1 085.9 ^a	185.33 ^a	9.8	
Total	110.28	28.23	25.60		1 891	252.0	13.33	

Extrapolación a 40 000 coronas ha⁻¹. CTot, semilla cruda. CM, androceo marchito presente; SM, sin androceo. Cú, cúpula, en tres tipos: CúCla, clara; CúIt, cúpula intermedia; CúObs, cúpula verde oscuro; Cs (%) por cú totales, número de Cs entre gran total de Cú (%); Llenado a Cs (%), respecto de color de cúpula; Cs a total de Cú (%); Cs a Cú totales (%). Porcentaje de Cs por color respecto al peso total de Cú; Llenado en Cs dentro de color de Cú (%).

El rango del peso de Cs fue ligeramente inferior y superior a lo reportado por la literatura y las CúCla mostraron la mayor cantidad de cosechas vanas (P< 0.05), especialmente para CM. Para obtener un kg de Cs se requiere de 7.52 kg de semilla cruda. El rendimiento potencial máximo de semilla cruda se ubica en 1 891 kg ha⁻¹, con 252 kg ha⁻¹ de Cs. El peso medio de un Cs sin clasificar fue de 0.0089 g; esto es, 112 Cs pesan un gramo; mientras que, un kg de Cú sin clasificar contiene 58 324 Cú. Como en *M. maximus* y *C. gayana*, una buena cosecha por presentación (única) de 10 a 15% *i.e.* 203 a 305 kg ha⁻¹ de Cú por presentación, con 12% de Cs, en peso, o mayor, será exitosa. Lo anterior, indica la línea base a superar mediante manejo agronómico a través de prácticas agronómicas. En este estudio se obtuvieron 58 324 –Cú crudas- 25.6% de llenado); por tanto, el número de Cú con Cs fue de 14 931 kg⁻¹, similar a Finneseth (2010), para esta especie.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

CONCLUSIONES

Las cúpulas claras, con espiga estaminada presente mostraron la producción más pobre de carióspside. El color de cúpula (oscuro) resultó en el mayor contenido de carióspsides. Se debe reducir la ventana de floración para obtener el máximo rendimiento de semilla con carióspside. Se establecen los parámetros base para incrementar el rendimiento de semilla por presentación.

LITERATURA CITADA

- Coblentz, WK, MG Bertram, PC Hoffman, and NM Esser. 2014. Management and production potential for Eastern gamagrass in Wisconsin. Focus on Forage. 16(1): 1-6.
- De Wet, MJM, JR Harlan y D Brink. 1982. Systematics of *Tripsacum dactyloides* (Gramineae). Am. J Bot. 69: 1251- 1257.
- Dewald, CL, and B Kindiger. 2000. Genetic advances in eastern gamagrass seed production. Native warm season grasses: Research trends and issues. Proc. Native Warm Season Grass Conf. and Expo. Des Moines, IA. CSSA, Madison, WI. pp: 123-132.
- Douglas, JL. 1999. Eastern gamagrass establishment. I. Greenhouse planting depth study: USDA-NRCS. Jamie L Whitten Plant Materials Center. Coffeeville, MS. Technical Report. 14(3): 13-16.
- Finneseth, CH. 2010. Evaluation and enhancement of seed lot quality in Eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides* (L.)L.). PhD Dissertation. University of Kentucky. Lexington, KY.
- Huang, W, D Wang, and AG Taylor. 2016. Seed pressing to remove cupules and obtain caryopses in eastern gamagrass. Seed Sci. and Tech. 44(1): 114-124.
- Huang, W., HS Mayton, M Amirkhani, D Wang, and AG Taylor. 2017. Seed dormancy, germination and fungal infestation of Eastern gamagrass seed. Industrial Crops and Products. 99: 109-116.
- Lemke, BM, LR Gibson, AD Knapp, PM Dixon, KJ Moore, and R Hintz. 2003. Maximizing seed production in eastern gamagrass. Agronomy J. 95: 863-869.
- Loch, DS y JE Ferguson. 1999. Forage Seed Production. Vol. 2. Tropical and Sub-Tropical Species. CAB International. Wallingford UK.
- Mason, KM, MK Mullenix, JJ Tucker, RB Muntifering, JS Angle, J Yeager. 2019. Overseeding Eastern gamagrass with cool-season annual grasses or grass-legume mixtures. Crop Sci. DOI: 10.2135/cropsci2019.02.0099
- Pérez-Hernández A. 2020. Tesis de doctorado en ciencias. Rendimiento de Forraje, Calidad Física y Fisiológica en Semilla de Recursos Genéticos de *Tripsacum* spp. Colegio de Postgraduados. 99p.
- Savidan, YH. Germoplasma de plantas forrajeras tropicales. Técnicas modernas de evaluación. In: J Pérez P y JG Herrera (eds.). Memorias del Seminario Internacional Evaluación de Praderas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México pp: 1-20.
- Springer, TL, CL Dewald, and GE Aiken. 2001. Seed germination and dormancy in eastern gamagrass. Crop Sci. 41: 1906-1910.
- United States Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. 2002. Eastern gamagrass *Tripsacum dactyloides* L. Plant Fact Sheet series. 2p.

Villanueva-Ávalos, DE Costich, JF Enríquez-Quiroz y AR Quero-Carrillo. 2015. *Tripsacum* spp.: Diversidad genética en México y Latinoamérica. INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Libro Técnico Núm. 6. Santiago Ixcuintla, Nayarit. 104p.

DENSIDAD DE PLANTAS Y CORTES EN RENDIMIENTO DE SEMILLA DE PASTO OVILLO, AL AÑO DE SIEMBRA

PLANT DENSITIES AND CUTTING MANAGEMENT ON ORCHARD GRASS SEED PRODUCTION, AT SOWING YEAR

Leonor Miranda-Jiménez¹, Nancy Cadena-Ramírez, Javier M Luna-Guerrero¹, Adrián R Quero Carrillo¹

¹Colegio de Postgraduados. *Campus* Montecillo-Ganadería.

RESUMEN

Dactylis glomerata (L.), Ovillo, destaca entre gramíneas C₃ por su potencial forrajero. En México se carece de variedades destacadas y tecnología de producción de semilla. Se evaluó un genotipo experimental destacado de Ovillo bajo riego y a un año de establecido. Los tratamientos se distribuyeron bajo diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3 (Intervalos de corte: 1, homogenización (CH); 2, dos cortes: CH + otro, 10 días después; 3, CH y otro, 20 días después) X densidades (60, 80 y 100 mil plantas⁻¹ ha⁻¹), con tres repeticiones y fertilización única de 80-00-00; Tukey (P<0.05) para separar medias. Se evaluó: número y materia seca (MS) de tallos reproductivos (T_R) y vegetativos (T_V); razón T_R:T_V; tallos totales (T_T); rendimiento de MS total; componentes del rendimiento del rastrojo; rendimiento de semilla cruda (RSc) y rendimiento de carióspside (RCs). El RSc y RCs fue superior para 80 mil plantas ha⁻¹; similarmente, para densidad de T_R (P<0.01). Esta densidad mostró mayor razón T_R:T_V, con 1 a 5. A mayor rendimiento de T_R mayor de RSc y RCs. Se requiere de 13 a 13.7 kg de RSc kg de carióspsides⁻¹, sin importar densidad (P>0.05). El segundo corte, 20 días post-CH, resultó en más T_R (P<0.05) y mayor RCs. El mayor RSc se observó en 80 mil plantas ha⁻¹, 20 días post-CH (318 kg carióspside ha⁻¹; P<0.01). Los resultados son conservadores respecto a aquellos reportados y pueden mejorar la madurez de pradera. Se debe seleccionar para componentes relacionados positivamente con RSc y RCs.

Palabras clave: Producción de semilla, *Dactylis glomerata*, manejo agronómico.

ABSTRACT

Due to its productive potential *Dactylis glomerata* (L.) is outstanding among C₃ grasses. In Mexico there is a lack of both varieties and technology for seed production. An outstanding experimental ecotype was evaluated under irrigation and prairie of one year of established. Treatments wer organized under a completly randomized experimental design with factorial arrangement 3 x 3 and Tukey (P<0.05) for means sparation. Factors included three cutting intervals (homogenization cut (CH); CH + cut 10 days after; CH + cut 20 days after) x three plant densities (60, 80, and 100 thousand plants ha⁻¹) with three replicates and unique fertilisation 80-00-00. Evaluated traits included: reproductive tillers' (T_R) number and dry matter (MS) as well as vegetative (T_V); T_R:T_V rate; total tillers (T_T); stuble components; crude seed production (RSc) and caryopsis production (RCs). Production of RSc and RCs was

higher for 80 000 plants ha⁻¹ as well as for T_R (P< 0.01); also, this plant density showed the highest T_R:T_V ratio (1 to 5). A direct relation among T_R with R_{Sc} and R_{Cs} was found. It requires 13 to 13.7 R_{Sc} per kg⁻¹ of caryopsis⁻¹, disregard plant density (P> 0.05). Second cutting 20 days post-CH resulted in higher T_R (P< 0.05) and higher R_{Cs}. The highest R_{Sc} was observed with 80 000 plants ha⁻¹, 20 days post-CH (318 kg⁻¹ caryopsis⁻¹; P< 0.01). Observes seed production is conservative regarding to such reported and may improve with prairie maturity. Selection for plant components positively related to R_{Sc} and R_{Cs} is a must.

Key words: Seed production, *Dactylis glomerata*, agronomy management.

INTRODUCCIÓN

Ovillo *Dactylis glomerata* (L.; Poaceae) es una especie introducida a México, nativa de Europa Central y Occidental que presenta diferentes niveles de ploidía (2n= 2x= 14; 2n= 4x= 28; 2n= 6x= 42) como base para separarla en sub-especies (Bush *et al.*, 2012). Razones de promoción para su uso incluyen: a) plagas en alfalfa b) variedades novedosas de alto rendimiento en otras partes del mundo c) manejo de fertilización con asociación con leguminosas d) alta eficiencia de pastos fertilizados en producción animal e) técnicas de cosecha y almacenamiento; además, es una de rebrote temprano en primavera y de excelente crecimiento invernal con vigoroso sistema radical (Bush *et al.*, 2012). En ensayos en Kentucky con diez variedades comerciales con resultados de producción multiregionales variaron desde 2.47 a 17.3 ton de MS ha⁻¹ año⁻¹ con diferencias similares para resistencia a enfermedades, madurez y tolerancia al pastoreo (Casler *et al.*, 2003). México es, tradicionalmente, un pobre productor de variedades vegetales y semilla de especies forrajeras (CEDRSSA, 2015). Entre las razones importantes para esta situación en forrajeras, la inestabilidad del mercado es muy importante; lo anterior, dada la intervención del Estado con programas irregulares de avío y apoyo para la siembra de praderas, especialmente aquellas para áreas de temporal (Quero-Carrillo *et al.*, 2014). Inestabilidad que afecta el desarrollo de variedades nacionales y la consolidación de empresas productoras y/o comercializadoras de semilla nacional. Lo anterior, con todas las consecuencias que tenemos hasta la fecha: dependencia tecnológica, ausencia de investigación, ausencia de desarrollo de especialistas, pérdida de divisas, importación potencial de plagas/enfermedades, habilitación de semilla de baja calidad (traspatio), entre otros. En el caso de especies de gramíneas para riego, el mercado es más estable y tradicionalmente de importación. La semilla certificada es un instrumento importante de transmisión de tecnología, innovación y desarrollo (CEDRSSA, 2015). El mercado de semilla de especies templadas de riego y para condiciones de trópico húmedo son los de mayor estabilidad; lo anterior, dada la fortaleza financiera de productores de forraje invernal (de riego) y por el potencial productivo que se alcanza en este tipo de explotaciones (templado y tropical), entre otros de importancia; lo anterior, resulta en certidumbre productiva e independencia de programas federales y, por tanto, el comercio con semilla de estas especies, es más, consolidando empresas comercializadoras y productoras de semilla. Aún con la estabilidad del mercado de semilla para regiones templadas de riego con inviernos definidos, el comercio de semillas para estas condiciones de producción en

México está dominado por la importación, lo que genera que utilicemos materiales con criterios de selección diferentes a los requeridos en México: resistencia a frío en Europa y Estados Unidos vs. resistencia al calor como necesidad para las zonas de altiplano y noroñas de siembra invernal en México. Junto con ryegrass anual, perenne, festuca y otras especies de clima templado Orchard es una de las especies de mayor impacto para la producción de forraje (heno, pastoreo), en condiciones invernales. El objetivo fue evaluar el efecto de la frecuencia, intervalo de corte y densidad de plantas, sobre la densidad de floración, producción de semilla y componentes del rendimiento de semilla en un ecotipo experimental sobresaliente de pasto Ovillo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado México (19° 21' N, 98° 55' O y 2250 msnm), clima templado subhúmedo (Cb (wo)(w)(i)g) con lluvias en verano, precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15 °C (García, 1987). Semilla de Orchard, de un ecotipo experimental sobresaliente, originado de plantas sobresalientes seleccionadas por siete generaciones de selección masal. La siembra en almácigos se realizó en septiembre de 2020; posteriormente, las plántulas se trasplantaron en bolsas plásticas con capacidad de 1kg de suelo bajo condiciones de invernadero y el 23 de marzo de 2021 se establecieron en campo; 70 días después del trasplante y se realizó un corte de uniformización a 5cm sobre la corona. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3 x 3. Tres intervalos de corte. 1, corte de homogenización (CH), 5 cm de forraje remanente sobre la corona; 2, dos cortes: CH + otro, 10 días después; 3, CH y otro, 20 días después X tres densidades: 60 mil; 80 mil y 100 mil plantas⁻¹ ha⁻¹, con tres repeticiones (parcela de 4 X 3m) por tratamiento. Al detectar 80 % de inflorescencias maduras respecto al total presente (06 de octubre de 2021), se realizó el muestreo, la repetición fue la parcela de 12 m² por tratamiento y la unidad experimental de muestreo fue un cuadro de metal de 0.25 m². Las parcelas se mantuvieron bajo condiciones de riego acorde a su necesidad. Se aplicó fertilización única de 80-00-00. Se evaluó en suelo arcilloso con pH de 8.6. El material vegetal se colocó en estufa de aire forzado por 72 h a 55 °C y se pesó en balanza analítica Sartorius Talent Series Analyticals (210g ± 0.1). Las variables evaluadas incluyeron: número y materia seca (MS) de tallos reproductivos (T_R) y vegetativos (T_V); razón T_R: T_V; tallos totales (T_t); rendimiento de materia seca (MS) total (kg ha⁻¹); una submuestra se separó en hoja, tallo, pseudo tallo, flor y material muerto (MM) y su MS; rendimiento de semilla cruda (RSc; kg ha⁻¹); rendimiento de cariósido (RCs; kg ha⁻¹). Al finalizar la evaluación de producción de semilla se podaron las parcelas experimentales a 5cm de forraje remanente y se tomaron fotografías a 1.50 m de altura. El área fotografiada contenía un cuadro nivelado de área conocida (10 x 10 cm); lo anterior, con el fin de determinar cobertura basal vegetal basal y suelo desnudo en la parcela experimental; después, las imágenes se analizaron con ImageJ^(MR). Esta información se utilizó como covariable; los datos cobertura, se agruparon en rangos de porcentaje (30-40; 40-50, más de 50% de área cubierta por planta); lo anterior,

para estimar componentes del rendimiento, producción de semilla y explicar el efecto del momento del segundo corte sobre estas variables: producción por dm^2 de corona y porcentaje de suelo desnudo. Las variables se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 9.12) bajo el siguiente modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + e_{ijk}$. Donde Y_{ijk} : valor de la variable de respuesta en la frecuencia e intervalo de corte (A) del nivel i y de la densidad de trasplante (B) del nivel j ; μ : media general; A_i : efecto de la frecuencia e intervalo de corte al nivel $i = T_1, T_2$ y T_3 ; B_j : efecto de la densidad de trasplante en el nivel $j = 60, 80$ y 100 mil plantas ha^{-1} ; AB_{ij} : la interacción entre el factor A y B al nivel ij ; y e_{ijk} : error experimental al nivel i, j y k . Por tanto, el objetivo del presente trabajo es definir el rendimiento de semilla de un ecotipo experimental destacado de pasto Ovillo *D. glomerata*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El RSc y RCs fue superior para 80 mil plantas ha^{-1} ; similarmente, la densidad de T_R ($P < 0.01$). Esta densidad mostró mayor razón $T_R:T_V$, con valores de 1:5. la MS remanente fue superior para esta densidad y similar a cien mil; pero ambas, superiores a 60 mil plantas ha^{-1} ($P < 0.05$). El contenido de hoja para 80 mil es similar a aquella de 60 mil y superior a 100 mil plantas ha^{-1} ($P < 0.05$; Cuadro 1). Los kg de RSc por kg de cariósides fue igual para todas las densidades de siembra ($P > 0.05$); lo anterior, indicativo de que el manejo agronómico que incrementa T_R resultará en mayor RSc y RCs. Se requieren de 13 a 13.7 kg de RSc por kg de cariósides sin diferencia entre densidades ($P > 0.05$). Se ha indicado, en esta especie el manejo con fines de mayor RSc al primer corte y de forraje en cortes posteriores, seleccionado peso de grano, con relación positiva entre MS del forraje y RSc (Saeidnia *et al.*, 2017) y, similarmente, en genotipos evaluados bajo sequía. En la presente investigación, la densidad que produjo mayor MS remanente fue la de mayor RSc. Existe efecto del manejo productivo (ambiente) sobre el rendimiento de semilla (Castaño *et al.*, 2001). Respecto a número de cortes (solo CH o dos) y tiempo de aplicación del segundo corte, el mayor RMS no resultó en el mayor número de T_R ($P < 0.05$); sin embargo, la aplicación del segundo corte 20 días post-CH, resultó en mayor producción de T_R , respecto a su aplicación diez días post-CH y/o un solo corte CH ($P < 0.05$), con mayor RCs. El manejo de corte de forraje influyó la producción de tallos reproductivos y el RSc y RCs, lo que se ha encontrado en otras especies como Banderita (Ramírez *et al.*, 2022; en este mismo congreso; Cuadro 2). El RSc más elevado se obtuvo a 80 mil plantas ha^{-1} , con 318 kg de cariósides ha^{-1} y con segundo corte 20 días post-CH y ampliamente diferente al resto de combinaciones de manejo productivo ($P < 0.01$; Cuadro 3). El menor RCs se observó a 100 mil plantas ha^{-1} y en el testigo de un solo corte (CH). La asociación del RSc se ha indicado positivamente con componentes tales como MS del forraje, peso de mil semillas, número de ovillos por inflorescencia, semillas por panícula y peso de semilla (Majidi *et al.*, 2015). Los rendimientos de semilla se han reportado entre 150 y 250 kg ha^{-1} en Argentina y con un potencial que puede llegar a 620 kg ha^{-1} (Bertuch *et al.*, 2019). Los resultados de producción pueden incrementarse al madurar la

pradera y manejo agronómico (Bertuch *et al.*, 2019). Los rendimientos del presente trabajo son conservadores y aún lejanos al rendimiento potencial del cultivo.

Cuadro 1. Rendimiento de factores de producción de forraje y semilla en diferentes densidades de *Dactylis glomerata*.

Coronas (Miles ha ⁻¹)	RMS (Kg ha ⁻¹)	H (%)	T (%)	T _V (m ⁻²)	T _R (m ⁻²)	Razón T _R :T _V	T _t (m ⁻²)	RSc (Kg ha ⁻¹)	Rc (Kg ha ⁻¹)	Kg S _C / Kg Cs
60	4 365 ^b	29 ^a	24 ^a	205 ^a	20 ^b	0.098	225	730 ^b	100 ^b	7.3 (13.7)
80	5 670 ^a	26 ^{ab}	17 ^b	195 ^a	45 ^a	0.231	240	1730 ^a	236 ^a	7.3 (13)
100	5 243 ^a	23 ^b	19 ^b	145 ^b	15 ^c	0.103	160	575 ^b	79 ^b	7.27 (13.7)

Diferente literal en columna indica diferencias (P<0.05). RMS, rendimiento de MS; H, hoja; T, tallos; T_V, tallos vegetativos; T_R, T reproductivos; T_t, tallos totales; RSc, Rendimiento de semilla cruda; RCs, rendimiento de carióspside.

Cuadro 2. Efecto del número de cortes sobre diversos componentes de producción de semilla de *Dactylis glomerata*.

Trato.	RMS (Kg ha ⁻¹)	H (%)	T (%)	T _V (m ⁻²)	T _R (m ⁻²)	Razón T _R :T _V	T _t (m ⁻²)	RSc (Kg ha ⁻¹)	RCs (Kg ha ⁻¹)
T	4 505 ^b	28	20	184 ^a	15 ^c	0.082	199	578 ^c	79 ^c
I	6 223 ^a	26	21	200 ^a	24 ^b	0.12	224	924 ^b	126 ^b
II	4 550 ^b	24	19	160 ^b	41 ^a	0.26	201	1534 ^a	209 ^a

Diferente literal dentro de columna indica diferencia estadística (P<0.05). Trato., tratamiento; T, testigo solo corte de homogeneización (CH); I, CH+ corte a 10 días; II, CH+ corte a 20 días; RMS, rendimiento de MS; H, hoja; T, tallos; T_V, tallos vegetativos; T_R, tallos reproductivos; T_t, tallos totales; RSc, Rendimiento de semilla cruda; Rc, rendimiento de carióspside.

Cuadro 3. Rendimiento de componentes del rendimiento, semilla y carióspsides a diferente densidad y aplicación de cortes de evocación floral en *Dactylis glomerata*.

Trato.	RMS (Kg ha ⁻¹)	H (%)	T (%)	T _V (m ⁻²)	T _R (m ⁻²)	R _{sc} (Kg ha ⁻¹)	Rc (Kg ha ⁻¹)	ÍC
60 (T)	5 110 ^{bcd}	30	23	244 ^b	9 ^f	371 ^{ef}	51 ^{ef}	0.01
60 (I)	4 787 ^{cde}	29	24	192 ^{bc}	20 ^d	701 ^{de}	96 ^{de}	0.02
60 (II)	3 199 ^{ef}	27	24	179 ^{cd}	30 ^c	1 119 ^{cd}	153 ^{cd}	0.048
80 (T)	5 980 ^{abcd}	29	16	153 ^{cd}	32 ^c	1 216 ^c	166 ^c	0.028
80 (I)	6 694 ^{ab}	25	18	260 ^a	41 ^b	1 647 ^b	225 ^b	0.034
80 (II)	4 335 ^{de}	23	16	172 ^{cd}	62 ^a	2 328 ^a	318 ^a	0.073
100 (T)	2 424 ^f	24	21	155 ^{cd}	4 ^f	146 ^f	20 ^f	0.008
100 (I)	7 188 ^a	23	20	149 ^{cd}	11 ^e	425 ^{ef}	58 ^{ef}	0.008
100 (II)	6 117 ^{abc}	22	16	130 ^d	30 ^c	1 155 ^c	158 ^c	0.026

Diferente literal dentro de columna indica diferencia estadística (P<0.05). Trato., tratamiento; T, testigo solo corte de homogeneización (CH); I, CH+ corte a 10 días; II, CH+ corte a 20 días; 60, 80, 100, miles de plantas

ha⁻¹; RMS, rendimiento de MS; H, hoja; T, tallos; T_v, tallos vegetativos; T_R, tallos reproductivos; T_{tot}, tallos totales; R_{sc}, Rendimiento de semilla cruda; R_c, rendimiento de cariósido.

CONCLUSIONES

Aplicar dos cortes (homogeneización y diez días posteriores), resultó en mayor producción de semilla y cariósidos. La mejor densidad para producción de semilla fue 80 mil plantas ha⁻¹. Se deben analizar dosis de fertilización y utilizar el manejo agronómico analizando los componentes de rendimiento evaluados e incluir los reportados positivamente correlacionados.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Bertuch, F, SN Tourn, MB Mermoz, and P Grehan. 2019. Harvest efficiency and seed quality in orchardgrass seed production. *In*: NP Anderson (ed.) Proc. of the 10th International Herbage Seed Conference. Corvallis, Oregon, USA. pp: 55-58.
- Bush, T, D Ogle, L St. John, M Stannard, K Jensen, K. Ed. 2012. Plant Guide for Orchardgrass (*Dactylis glomerata*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Aberdeen Plant Materials Center. Aberdeen, Idaho 83210.
- Casler, MD, RE Barker, EC Brummer, YA Papadopolous, LD Hoffman. 2003. Selection for orchardgrass seed yield in target vs. nontarget environments. *Crop Sci.* 43: 532-538.
- Castaño, J, A Andrés, and O Bertín. 2001. Efecto ambiental en la producción de semilla de pasto ovido (*Dactylis glomerata*). *In*: Memorias de la Primera Reunión Binacional de Ecología. Argentina. Sn Carlos de Bariloche. 676p.
- CDRRSA, 2015. Reporte del CEDRSSA. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Las semillas en México. Cámara de Diputados. Disponible en: www.cedrssa.gob.mx. Octubre, 2022.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4^a ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 68 p.
- Majidi, MM, B Hoseini, M Abtahi, A Mirlohi, and B Araghi. 2015. Genetic analysis of seed related traits in orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under normal and drought stress conditions. *Euhytica.* 203: 409-420.
- Quero-Carrillo, AR, L Miranda-Jiménez, FJ Hernández-Guzmán, FA Rubio-Aguirre. 2014. Mejora del establecimiento de praderas. Folleto Técnico. Colegio de Postgraduados. 31p.
- Saeidnia, F, MM Majidi, and A Mirlohi. 2017. Analysis of seed production and its association with forage production and agronomic traits in orchardgrass (*Dactylis glomerata*) under different moisture conditions. *Crop & Pasture Sci.* 68: 657-669.

CALIDAD DE SEMILLA DE GRAMÍNEAS DE MÉXICO Y UNA NATURALIZADA

SEED QUALITY OF MEXICAN GRASS SPECIES AND ONE NATURALIZED

Edith Ramírez-Segura¹, Adrián R Quero-Carrillo¹, Adrián Hernández Livera¹, Martha Hernández Rodríguez¹, Amalio Santacruz Varela¹, Leonor Miranda Jiménez

¹COLPOS, *Campus* Montecillo, Texcoco, Edo. de México. C.P. 56230.

RESUMEN

Se determinan lineamientos para realizar la prueba de viabilidad en cuatro especies de gramíneas (Poaceae) forrajeras nativas del semidesierto mexicano: Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard y Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth; similarmente, de una especie africana naturalizada: pasto Buffel *Cenchrus ciliaris* L. Se utilizó la prueba con tetrazolio (TZ) adecuando protocolos publicados para Poaceae. El trabajo se realizó en el *Campus* Montecillo del Colegio de Postgraduados bajo condiciones de laboratorio. Se utilizaron carióspsides (Cs). Se determinaron los procesos adecuados para: tiempo de imbibición, momento adecuado de corte del Cs (exposición del embrión), tipo de corte al Cs; similarmente, concentración de tetrazolio requerida. Se desarrollaron y postulan patrones de coloración (jerarquías de reacción colorimétrica a Tetrazolio) para asignar viabilidad y vigor a cada especie evaluada. La información fue evaluada para normalidad y homogeneidad de varianza, transformada al arcoseno y analizada mediante diseño completamente al azar. Las condiciones adecuadas requeridas para realizar la determinación de viabilidad son diferentes para cada especie y no en todas es necesario realizar corte del Cs; lo anterior, debido a que algunas especies poseen testas permeables a la solución de TZ, lo que facilita el trabajo y evaluación en laboratorio, y puede ser un indicador de vigor en caso de inconsistencias. Se definieron procedimientos de determinación de viabilidad y vigor de forma asertiva.

Palabras clave: fisiología de semilla, pastos nativos de México, *Bouteloua*, *Leptochloa*, *Setaria*, pruebas UPOV

ABSTRACT

Experiments were performed order to define procedures for physiological seed quality determination for four native to arid México grass species: Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard and Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth Keywords. The experiments included an introduced species *Cenchrus ciliaris* L. as reported species. Modified published protocols were evaluated such as Tetrazolio test (TZ). Experiments were performed at Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo under laboratory conditions. To define viability the evaluation included caryopses (Cs) imbibition time required, type and moment for Cs

escision, as well as TZ concentration required. Data was evaluated for normality and homogeneity and transformed through arcsen, and analyzed through a completely randomized design. Coloring patterns were established (reaction to TZ concentration) in order to assign both viability and vigor to each evaluated species. Required conditions to determine viability were different for each species and not all require Cs splitting due to the permeability of the pericarp to TZ solution, making laboratory procedures simpler and may be implicated with Cs vigor. Processes to assertively define viability and vigor were established.

Key words: seed physiology, native to Mexico grasses, *Bouteloua*, *Leptochloa*, *Setaria*, UPOV tests.

INTRODUCCIÓN

México es centro de origen de gramíneas de importancia para zonas semiáridas de Norteamérica (Quero *et al.*, 2017). Pocos trabajos han estudiado la calidad de estos tipos de propágulo, pudiendo tratarse, dependiendo de especie y nivel de beneficio físico a la semilla, de: flósculo –con una o varias espiguillas-, rama o ramilla –con una o varias espiguillas-, espiguilla–con diversas brácteas accesorias, glumas, lema (sola o acompañada o no de otras lemas vanas) y palea; todas las anteriores, con o sin aristas y, finalmente la cariósida (Cs) – con escasa o nula utilización en siembras en México. Todos estos propágulos deben contener Cs, por lo que es importante conocer atributos físicos, genéticos, sanitarios y fisiológicos del propágulo a utilizar. Entre las pruebas fisiológicas de calidad se incluye viabilidad, germinación y vigor. Estos parámetros se determinaron en Cs de Banderita *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., Gigante *Leptochloa dubia* Kunth, Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth, Buffel *Cenchrus ciliaris* L., Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard y con problemas para la obtención de Cs para pruebas fisiológicas. Muchas especies nativas no están incluidas en el catálogo de procedimientos ISTA (2012) como regulador internacional; excepto Buffel, incluido en Hojas de Trabajo de Tetrazolio (TZ; ISTA, 2003). El objetivo fue especificar procedimientos para pruebas de viabilidad por TZ, considerando tiempo de imbibición, y patrones de tinción; similarmente, de vigor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material incluyó Cs de Banderita, Gigante, Punta blanca, Tempranero y Buffel. La semilla se almacenó a 25 °C, se desinfectó con Captan (3g / L; 5 minutos); posteriormente, se conservó a temperatura de laboratorio hasta su evaluación. Las Cs se extrajeron del propágulo por escarificación manual sobre tapete corrugado. Se eliminaron Cs dañadas. Viabilidad. Se utilizó un diseño Completamente al Azar con cuatro repeticiones de 25 Cs. Las variables fueron: tiempo de imbibición, horas para realizar corte de Cs (1 a 4, 6, 8, 10 y 12); concentración requerida de TZ (1, 0.5 y 0.1%) y tipo de corte a Cs (nulo, longitudinal y/o transversal). Se colocaron Cs en vasos de 50 ml a la concentración de TZ, hasta cubrir las Cs

y estas se colocaron en oscuridad a $25^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$; posteriormente, los embriones (EE) se retiraron del TZ (ISTA, 2016), se enjuagaron y colocaron en papel tipo “sanitas” humedecido, para evitar deshidratación. Para determinar el tiempo de imbibición, antes de tinción, a cada concentración, se le evaluó el patrón e intensidad de coloración del EE: a) ausencia (sin color), b) rosa débil, c) rosa fuerte, d) rosa en todo el EE e) rojo intenso. Se tomaron fotografías del Cs con cámara de teléfono celular sobre la lente del microscopio estereoscópico (Zeiss; 464002 – 9901). Las Cs se evaluaron y clasificaron como viables/no viables, discriminando según tinción del EE y basados en protocolos (ISTA, 2016) para Poaceae (*Avena* spp., *Hordeum* spp., *Secale* spp. y *Triticum* spp.) y Buffel (ISTA, 2003). Las Cs se agruparon en clases (ISTA, 2016). Porcentajes de viabilidad y vigor se transformaron al arcoseno, se evaluó normalidad (Shapiro-Wilk), homogeneidad de varianza (Bartlett) y comparación de medias mediante Tukey ($p < 0.05$; SAS, 2013), bajo diseño completamente al azar. Envejecimiento acelerado. Se sometió a las Cs a 41°C y 100% de humedad relativa constante, por 48 h. En cajas tipo “sandwicheras” de 10 x 10 x 5 cm se agregaron 150 ml de agua destilada y por arriba del nivel, se colocó malla de alambre para evitar contacto directo entre semilla y agua. En cada caja se depositaron 100 semillas por tratamiento en estrato único. La evaluación de germinación se efectuó en charolas “sandwicheras” sobre papel con 100 semillas por repetición, se aplicó riego al momento de siembra, el conteo para evaluación de germinación (%) se realizó siete días post-siembra. Vigor. Se evaluó por conductividad eléctrica (CE); se contaron y pesaron 50 Cs por repetición, cuatro repeticiones y especie; posteriormente, se colocaron en vaso de precipitado con 150 ml de agua desionizada, se cubrieron con papel aluminio, a 20°C , durante 24 h y se midió CE agitando suavemente el agua por 10 segundos y previo a la lectura, con el fin de remover solutos y mayor precisión. Se utilizó conductímetro OAKTON Modelo WE35607. Se restó el valor del testigo y se evaluaron cuatro repeticiones; posteriormente, se procedió a sembrar las Cs en cajas “sandwicheras” sobre papel, 100 semillas por repetición, se “regaron” al momento de siembra y cada dos días para mantener húmedo el sustrato. Las variables incluyeron: a). Germinación total (GT; %). b). Germinación normal (PG; %), consideró a aquellas plántulas con raíz, mesocotilo, coleoptilo y hojas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Se realizó conteo único siete días post-siembra. c). Plántulas anormales (PPA; %), malformadas y/o aquellas sin germinar. d). Viabilidad (PV; %). Porcentaje de semillas con germinación (plántulas normales + anormales) e). Longitud de plúmula (LP) y radícula (LR). Se obtuvieron coeficientes de correlación entre pruebas de envejecimiento y porcentaje de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron patrones de tinción para clasificar Cs viables o no viables. Los patrones de coloración observados son similares a aquellos de ISTA (2003). Se describen patrones para las especies evaluadas: Clase 1. Embriones (EE) viables y vigorosos. Cariópsides con tejidos firmes, sin lesiones visibles al EE y coloración uniforme del rosa a rojo brillante. Cariópsides con daños superficiales ligeros localizados en parte externa del endospermo. Clase 2.

Embriones viables con vigor medio. Color rosa de menor intensidad, tejidos firmes; EE con daños ligeros y superficiales; radícula y plúmula descoloridas y menos de 50% de tejido muerto. Clase 3. Embriones no viables. Radícula y plúmula no teñidas. Embrión con lesiones o áreas muertas en el EE; en esta clase se incluyen EE con áreas mayores a 50% de tejido muerto. **Tempranero**. Tanto viabilidad y vigor mostraron diferencias ($P \leq 0.02$), a concentración de TZ de 0.5%, con 6.7 y 8.3% más Cs viables y vigorosas, en comparación con 1% y 0.01%, respectivamente (Cuadro 1). El mismo comportamiento se observó para Cs de viabilidad y vigor medio, con rosa débil y tejido teñido en su totalidad sobre el EE. Los tipos de corte en Cs mostraron diferencias ($p \leq 0.0001$), la Cs es permeable a TZ. La imbibición del Cs mostró diferencias ($P \leq 0.0001$), los mejores resultados se observaron con una hora de imbibición, con 58% de viabilidad a mayor tiempo de imbibición las Cs muestran aborto del EE. Las Cs son muy susceptible a la escarificación manual (Cuadro 1).

Cuadro 1. Viabilidad y vigor (%) a diferente concentración de tetrazolio, corte (o no) del eje embrionario y tiempo de imbibición, en cariósides de Tempranero *Setaria macrostachya* Kunth.

Variable	Concentración de TZ (%)			Media	DMS _h
	1 %	0.5 %	0.1 %		
Viables vigorosas (VV; %)	28.3 ^b	35.0 ^a	26.8 ^b	30.0	1.6
Viables vigor medio (VVM; %)	15.8 ^b	21.3 ^a	14.9 ^b	17.4	1.8
No viables (NV; %)	55.9 ^b	43.7 ^c	58.3 ^a	52.6	2.3
Corte en cariósido					
	Sin corte	Longitudinal	Transversal	Media	DMS _h
VV (%)	31.1 ^a	29.2 ^b	29.8 ^{ab}	30.0	1.7
VVM (%)	21.6 ^a	16.1 ^b	14.3 ^c	17.4	1.8
NV (%)	47.3 ^b	54.7 ^a	55.9 ^a	52.6	2.3

± Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). VV= Viables vigorosos; VVM= Viables vigor medio; NV= No viable

Punta blanca. Para viabilidad y vigor se observaron diferencias ($p \leq 0.0001$) y la mejor concentración de TZ fue de 1%, con 83.2% de Cs viables (Cuadro 2). Distintos cortes en Cs mostró diferencias ($P \leq 0.0001$), la Cs de esta especie es permeable a TZ, ya que en Cs enteras se observaron 76.6% de semilla viable y vigorosa, similar a aquellas Cs con corte transversal. Respecto a tiempo de imbibición de Cs, se observaron diferencias ($P \leq 0.0001$), se presentó menor viabilidad a mayor número de horas en imbibición. La viabilidad y el vigor del Cs de Banderita, al utilizar concentraciones de TZ de 0.5%, resultó en 56.0 % de Cs viables y vigorosas; mientras que, con 1 y 0.1%, se obtuvieron 51.8 y 44.3 %, respectivamente (Cuadro 3). La Cs es semipermeable a TZ, ya que en Cs entero mostró 40 % de semilla viable y vigorosa (<0.05). Para esta especie es necesario realizar corte para la correcta evaluación. Banderita incrementa el número de semilla viable y vigorosa con mayor tiempo ($p < 0.05$). Se recomienda embeber por 4 horas y post-corte. **Gigante**. La viabilidad y vigor de la Cs que utilizar concentraciones de TZ de 1%, se obtuvo un 66% de Cs viables y vigorosas; ligeramente diferente a 0.5 y 0.1%, (Cuadro 4). Al analizar distintos cortes en Cs, se observaron diferencias ($p < 0.05$) moderada permeabilidad de la Cs a TZ. En Cs entero, se obtuvo 52% de semillas viables y vigorosas, aun en color alcanzado es rosa tenue. Se sugiere

realizar corte longitudinal para correcta evaluación en esta especie. El tiempo de imbibición fue diferente ($p < 0.05$) en esta especie, a una hora de imbibición se observó el 40%. Buffel. La prueba de vigor mostró diferencias altamente significativas ($p\text{-value} = 0.0001$).

Cuadro 2. Embriones viables vigorosos, viables con vigor medio y no viables (porcentaje), a diferente concentración de tetrazolio, corte y tiempo de imbibición (horas) en Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henrard.

Variable	Concentración de TZ (%)				
	1	0.5	0.1	Media	DMSH
VV (%)	83.2 ^a	80.4 ^b	72.4 ^c	78.7	1.8
VVM (%)	11.0 ^b	8.8 ^c	14.4 ^a	11.4	1.7
NV (%)	5.88 ^c	10.9 ^b	13.2 ^a	10.0	1.9
Corte en cariósido					
Variable	Corte en cariósido				
	Entero	Longitudinal	Transversal	Media	DMSH
VV (%)	76.6 ^c	81.0 ^a	78.4 ^b	78.7	1.8
VVM (%)	11.5 ^a	11.4 ^a	11.2 ^a	11.4	1.7
NV (%)	12.0 ^a	7.8 ^b	10.2 ^a	10.0	1.9

± Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). VV= Viables vigorosos; VVM= Viables vigor medio; NV= No viable

Cuadro 3. Embriones viables y vigorosos, viables con vigor medio y no viables (%), en respuesta a diferentes concentraciones de tetrazolio, corte y tiempo de imbibición (horas) en cariósidos de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

Variable	Concentración de TZ (%)				
	1	0.5	0.1	Media	DMSH
VV (%)	51.8 ^b	56.0 ^a	44.3 ^c	50.7	1.8
VVM (%)	18.3 ^b	20.8 ^a	9.9 ^c	16.3	1.6
NV (%)	29.9 ^b	23.2 ^b	45.8 ^a	33.0	2.2
Corte en cariósido					
Variable	Corte en cariósido				
	Entero	Longitudinal	Transversal	Media	DMSH
VV (%)	39.8 ^c	57.9 ^a	54.5 ^b	50.7	1.8
VVM (%)	13.3 ^c	15.5 ^b	20.2 ^a	16.3	1.6
NV (%)	47.0 ^a	26.6 ^b	25.3 ^b	33.0	2.2

± Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). VV= Viables vigorosos; VVM= Viables vigor medio; NV= No viable

Buffel La viabilidad y vigor de Cs de Buffel no mostró diferencias en concentraciones de TZ (Cuadro 5) y Cs viables y vigorosas. La Cs no es permeable a TZ y no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre corte longitudinal y transversal a la Cs; por tanto, se sugiere realizar corte de Cs. El tiempo de imbibición del Cs también mostró diferencias ($p < 0.05$) con 12 horas mostrando la mejor respuesta.

Cuadro 4. Embriones viables-vigorosos, viables con vigor medio y no viables (%), a diferente concentración de tetrazolio, corte y tiempo de imbibición en cariósides de *Leptochloa dubia* Kunth.

Variable	Concentración de TZ (%)				
	1	0.5	0.1	Media	DMSH
VV (%)	65.9 ^a	63.2 ^b	54.3 ^c	61.1	1.8
VVM (%)	12.2 ^c	16.7 ^a	17.0 ^a	15.3	1.8
NV (%)	21.9 ^b	20.1 ^b	28.7 ^a	23.6	2.1
Variable	Corte en cariósido				
	Entero	Longitudinal	Transversal	Media	DMSH
VV (%)	51.7 ^c	73.6 ^a	58.0 ^b	61.1	1.8
VVM (%)	19.9 ^a	10.1 ^c	16.0 ^b	15.3	1.8
No viables (%)	28.4 ^a	16.3 ^c	26.0 ^b	23.6	2.1

± Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). VV= Viables vigorosos; VVM= Viables vigor medio; NV= No viable

Cuadro 5. Embriones viables-vigorosos, viables de vigor medio y no viables (%), a diferente concentración de tetrazolio, corte y tiempo de imbibición en cariósides de Buffel *Pennisetum ciliare* (L.) Link (= *Cenchrus ciliaris* L.).

Variable	Concentración de TZ (%)				
	1	0.5	0.1	Media	DMSH
VV (%)	27.7 ^b	30.5 ^a	30.1 ^a	29.5	1.7
VVM (%)	8.2 ^c	15.0 ^a	10.3 ^b	11.2	1.5
NV (%)	64.1 ^a	54.5 ^c	59.5 ^b	59.4	2.0
Variable	Corte en cariósido				
	Entero	Longitudinal	Transversal	Media	DMSH
VV (%)	0.0 ^b	44.8 ^a	43.6 ^a	29.5	1.7
VVM (%)	1.2 ^c	17.6 ^a	14.7 ^b	11.2	1.5
NV (%)	98.8 ^a	37.6 ^c	41.7 ^b	59.4	2.0

± Medias con la misma letra en cada hilera son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.05$). VV= Viables vigorosos; VVM= Viables vigor medio; NV= No viable

CONCLUSIONES

Se determinan procesos y se establecen sus efectos para evaluar de forma asertiva viabilidad, vigor y velocidad de germinación para cada especie evaluada. Estos procedimientos pueden proponerse como métodos standard ante la UPOV para estas especies.

AGRADECIMIENTOS

A CONACyT por la beca otorgada a la autora y a la (LGAC) Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- ISTA. 2003. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Working Sheets on Tetrazolium Testing. Volume 1. Zürich
- ISTA. 2012. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Seed science and Technology 31, Supplement. Zürich

Quero, CAR., L Miranda J y JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. Avances Invest. Agropecuaria 21(3): 63-85.

SAS, Statistical Analysis System. 2013. SAS version 9.4. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

INDICADORES DE MADUREZ Y CALIDAD DE ESPIGUILLA EN PASTO PUNTA BLANCA *Digitaria californica* (BENTH.) HENR.

QUALITY AND MATURITY MORPHOLOGICAL MARKERS IN SPIKELETS OF COTTON TOP *Digitaria californica* (BENTH.) HENR.

Leonor Miranda Jiménez¹, Adrián R Quero Carrillo*¹, Milton J Luna Guerrero¹, Nancy Cadena Ramírez¹

¹Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo IREGEP-Ganadería, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. CP 56264.

*queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

Innovar para establecer praderas debe ser una constante de investigación bajo condiciones desafiantes del semidesierto: sequía, tipos de suelo, factores modificadores, etc. La calidad de semilla debe mejorarse. En invernadero, Colegio de Postgraduados, se evaluó producción y calidad de semilla: viabilidad y germinación de *Digitaria californica*, resultante del manejo de cortes para cierre de ventana de floración, densidad de tallos reproductivos y tipo de espiguilla. Semilla de genotipo destacado se sembró en almácigo y se evaluó en macetas (100cm x 10cm; diámetro) conteniendo suelo composteado. El manejo fue similar (riego, fertilización). Se aplicaron tratamientos: T₁, no-corte; T₂, 1corte; T₃, 2cortes; T₄, 3cortes; todos, 10 días post-corte previo, en su caso. Seis macetas con tres repeticiones por tratamiento se asignaron bajo diseño completamente al azar. Se cosecharon manualmente inflorescencias completas y se separaron sus espiguillas y se clasificaron en cuatro categorías (madurez): Tiernas, Tiernas-Intermedias, Intermedias-Maduras y Maduras. Se encontraron diferencias entre cortes. Dos cortes cerraron la ventana de floración (P<0.05) y resultaron en mayor rendimiento (P<0.05), similarmente, mayor cantidad de espiguillas Intermedia-Madura y Madura; las cuales, mostraron mayor viabilidad y germinación (P<0.05). La espiguilla Madura mostró lema negra, el mejor indicador de madurez. La separación de ramillas primarias y secundarias es otro indicador de madurez. El manejo de cierre de floración mejoró la ventana de producción. El desarrollo de la mancha negra en espiguilla fue el mejor indicador del momento de cosecha. Se debe probar en campo la eficiencia de manejo en esta especie de fácil dehiscencia y difícil cosecha oportuna.

Palabras clave: Producción de semilla, tipo de espiguillas, ventana de floración, manejo de cortes.

ABSTRACT

Innovation for prairies establishment should be a constant under challenging rain-fed conditions in semiarid areas variable factors: drought, soil types, modifier factors, etc. Seed quality must be improved. Under greenhouse conditions, at the Colegio de Postgraduados, seed production and quality was evaluated for production, viability and germination for *Digitaria californica*, resulting from cutting management to reduce flowering window,

increase reproductive tillers and spikelet type. Seed from an outstanding genotype was sown for plantlet production and individual plantlets were established within 100 x 10cm (diameter) pots filled with composted soil. Pots management was similar for irrigation and fertilization. Applied treatments included: T₁, no-cutting; T₂, 1cutting; T₃, 2cuttings; T₄, 3cuttings; all of them 10 days after previous cutting, in such a case. Six pots per repetition were assigned under a completely randomized design. Whole inflorescences were harvested manually and individual spikelets were detached and classified within four categories of maturity: immature, immature-intermediate, intermediate-mature, and mature. Differences ($P < 0.05$) were found among cuttings. Two cuttings reduced flowering window ($P < 0.05$) and resulted in higher seed production ($P < 0.05$); similarly, higher production of intermediate-mature and mature spikelets which also showed the highest viability and germination ($P < 0.05$). Mature spikelet showed a black layer on the lemma, the best maturity indicator. Also ramets separation was other maturity indicator. Closing flowering window management showed good results. Brown to black layer on the lemma was the best indicator to harvest. Field research should be developed to demonstrate management efficiency for this species with very soft shattering and difficult opportune harvesting.

Key words: Spikelets types, seed production, flowering window, cutting management.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de cobertura vegetal y biodiversidad (Quero *et al.*, 2017) es un serio problema en tierras de pastoreo en México árido y semiárido. Para rehabilitar pastizales es deseable utilizar especies nativas forrajeras bien adaptadas (Morales-Nieto *et al.*, 2008). Punta blanca (Poaceae) *Digitaria californica* (Benth.) Henr., se encuentra entre las nativas con atributos deseables hacia una segura condición climática futura: alta resistencia a la sequía y elevada radiación solar. Se distribuye en pastizales amacollados medianos y matorrales, es bien apetecida por ganado y responde rápidamente a las lluvias (Ramírez *et al.*, 2001). Para la recuperación sin ecológica de pastizales es importante asegurar el establecimiento de áreas modulares de fuentes de semilla. Es imposible realizar siembras masivas sin elevar el porcentaje de éxito de establecimiento de praderas en temporal árido y semiárido, a nivel experimental y su validación (Quero y Miranda, este congreso). El propágulo de siembra es de gran importancia (Ramírez--Segura *et al.*, in press; Quero y Miranda, este congreso). Punta blanca posee inflorescencia tipo panícula con ramas primarias y secundarias no verticiladas, con espiguillas de aristas sedosas no rígidas, altamente dehiscentes y muy baja densidad física, fácilmente desplazada por el viento y piel de animales, al madurar. Para resiembras conviene realizar pruebas de germinación y vigor en semilla a utilizar. Una vez establecida, esta especie puede soportar pastoreo educado y condiciones climáticas adversas, dado que presenta brotes profundos que contribuyen a la protección de puntos de crecimiento basales (Estelrich *et al.*, 2016); la germinación muestra diferencias entre ecotipos, sitios y años de cosecha (Tian *et al.*, 2002). México no produce semilla de forrajeras nativas, los apoyos de avío son intermitentes y, junto con el bajo éxito al establecer praderas ha desalentado el mercado de semillas y rezagado la resiembra en pastizales (Quero *et al.*, 2017).

El objetivo fue definir calidad biológica de semilla de Punta blanca a diferente estadio de madurez, el momento de óptimo de cosecha y relacionarlo con marcadores morfológicos en esta especie. Similarmente, reconocer la respuesta al manejo de cortes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en invernadero en el Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, con un genotipo selecto de *Digitaria californica* (Benth.) Henr. (Punta blanca), de entre materiales nativos del Desierto Chihuahuense, recolectado en 2016. En 2019 se establecieron almácigos a partir de cariósides (Cs) de la planta madre. Plántulas individuales se trasplantaron a macetas-tubo (10.2 cm de diámetro x 110 cm de altura) y todas tuvieron la misma edad y manejo durante el experimento. El sustrato fue suelo composteado. Se fertilizó semanalmente con 3grL de triple 17. La fase experimental inició con dos cortes de homogeneización, ambos a 5 cm de la superficie de corona, con 20 días de intervalo entre uno y otro. Para determinar momento de cosecha, se aplicaron tratamientos de corte de forraje, para cerrar ventana de floración (Quero *et al.*, este congreso) e incrementar tallos florales: T₁) testigo, sin corte T₂) con un corte T₃) dos cortes y T₄) tres cortes. Todos los cortes se realizaron a 10 cm de altura de forraje remanente y diez días posteriores al corte precedente. Se asignaron cuatro macetas y tres repeticiones por tratamiento. La cosecha de semilla se realizó por corte de inflorescencias maduras completas al momento en que 50% de inflorescencias estaba a punto de tirar espiguillas (Es; ramillas claramente separadas) o había perdido las Es del ápice por dehiscencia natural; siete días después, se regresó y cosechó el resto de inflorescencias sin importar estadio. La cosecha se realizó manualmente. La semilla (Es individuales) cosechada por inflorescencia por tratamiento (cortes) se clasificó visualmente en cuatro tipos: Tierna: con apariencia lanceolada, lema y palea brillantes, procedente de ramillas no separadas, aristas de aspecto sedoso-blancas (Fig. 1A). Tierna intermedia: aspecto algodonoso, coloración de aristas sedosas amarillo claro, inicia separación de ramillas primarias. Al centro de la palea se distingue el inicio de formación de mancha color café claro (Fig. 1B). Intermedia madura: Aspecto algodonoso, ramillas separadas, color dorado claro en parte central de lema y aristas blanquecinas. Al centro del dorso de la espiguilla (lema) presenta una abertura de coloración café oscuro (Fig.1C). Madura: Aspecto algodonoso aristas blancas y sedosas. Las ramillas separadas y Es con reducida densidad específica, de fácil dehiscencia. La abertura (mancha) al centro de la parte dorsal de la Es con color café-oscuro o negra (marca la presencia de Es madura; Fig. 1D). Rendimiento de Es (gr). Espiguillas individuales por tratamiento, se clasificaron en cuatro tipos acorde a madurez y se pesaron. Para determinar presencia de Cs por Es, se evaluó de forma táctil por tipo de Es. Se formaron tres paquetes de 100 espiguillas en greña por tipo de madurez, con cuatro repeticiones, por tratamiento. Las Es por paquete se palparon individual y manualmente para determinar presencia de Cs. La manipulación se realizó por dos personas y se obtuvo el porcentaje de llenado. La segunda prueba consistió en pelar y limpiar la Es de cada uno de los paquetes con 100 Es. Una vez limpias las Cs, se contaron para determinar llenado (%). *Viabilidad* (%). Se determinó en 500 Cs obtenidas de Es clasificadas por

madurez, en grupos de 100 Cs, en sal cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio (1%). Las Cs se hidrataron 30 minutos y posteriormente, se sumergieron enteras en tetrazolio, donde permanecieron por siete horas. La evaluación se efectuó en base a intensidad de tinción en el embrión. *Germinación (%)*. Se llevó a cabo en cajas Petri de Es de Punta blanca. Las Es evaluaron por madurez como: tierna, tierna intermedia, intermedia madura y madura, de cada clasificación se estructuraron cinco repeticiones de cien espiguillas por clasificación, cada grupo de colocó en caja Petri sobre papel absorbente y esta se mantuvo húmeda a temperatura ambiente, por ocho días. La cantidad de semillas germinadas se monitorearon diariamente. Los datos de llenado de Cs, viabilidad y germinación se transformaron al arcoseno y se analizaron mediante diseño completamente al azar y separación de medias (Tukey; $p < 0.05$).

RESULTADOS

Se obtuvo mayor cantidad de semilla producida con el $T_3=0.63g$ ($P \leq 01$), respecto al testigo $T_1=0.54g$ y los restantes; $T_2=0.28g$, el de menor rendimiento de semilla ($P \leq 05$); $T_4=0.21g$. El T_3 también mostró la mayor cantidad de semilla intermedia madura y madura ($P \leq 005$; Fig. 2). La producción de semilla es responsiva al manejo de corte de homogenización y rendimiento de semilla intermedia madura y madura (Silva *et al.*, este congreso). Se detectó menor número comparado con el pelado y conteo directo de Cs (Cuadro 1; $P \leq 01$). Sin embargo, ambos métodos no mostraron diferencias ($P > 05$), relación que resultó más estrecha en Es maduras. El porcentaje de Es germinadas durante ocho días consecutivos en base a madurez fue diferente ($P < 0.05$; Fig. 2), las Es maduras presentaron 91% de germinación y la Es intermedias-maduras de 67.6%; el porcentaje de germinación es menor a 10% en Es tierna intermedia y tierna. Se observó, en todas las clasificaciones de Es los días cinco y seis presentaron el mayor germinación y que esta se inició el día tres post-siembra. Para viabilidad, se observaron diferentes patrones de tinción de embrión en cariósipide entera e intensidad de la misma (Fig. 3). Se observaron Cs con poca o nula tinción (Fig. 3.A), semillas con coloración notoria y difusa; incluso más allá del área perteneciente al embrión (Fig. 3B), coloración irregular en área de embrión (Fig. 3C) y coloración fuerte y delimitada al embrión.

Cuadro 1. Relación entre evaluación táctil del porcentaje de llenado de semilla y porcentaje real del contenido de cariósipide de pasto punta blanca; los tratamientos consistieron en cortes y la semilla se clasificó en base al estado de madurez

Tratto.	Tierna		Tierna intermedia		Intermedia madura		Madura	
	A	B	A	B	A	B	A	B
T ₁	9.0 ^d	12.1 ^d	16.9 ^c	15.7 ^c	66.0 ^b	58.7 ^b	93.2 ^a	89.6 ^{ab}
T ₂	2.6 ^e	8.9 ^d	12.5 ^d	12.9 ^d	74.9 ^b	67.2 ^{bc}	82.0 ^b	91.1 ^a
T ₃	4.2 ^e	5.2 ^d	8.9 ^d	6.4 ^d	71.8 ^b	66.9 ^c	94.4 ^a	91.3 ^a
T ₄	3.4 ^d	4.6 ^{cd}	10.0 ^c	7.2 ^c	85.3 ^a	72.7 ^b	96.2 ^a	80.1 ^{ab}

A= Llenado realizado por evaluación táctil, B= Llenado por conteo directo de cariósipides. T= tratamiento; T₁) testigo, sin corte T₂) con un corte T₃) dos cortes y T₄) tres cortes. Todos los cortes se realizaron a 10 cm de altura de forraje remanente y diez días posteriores al corte precedente. Literales minúsculas iguales dentro de hilera no son diferentes ($P < 0.05$).

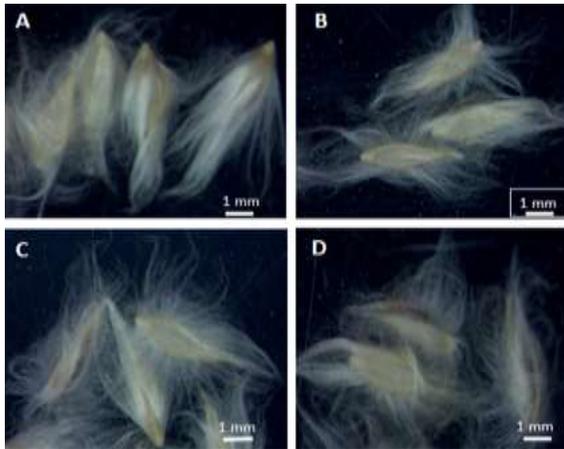


Fig. 1. Espiguillas de *Digitaria californica* (Benth.) Henr. (Punta blanca) que muestran la clasificación en base al estado de madurez. A= semilla tierna, B= semilla tierna intermedia, C= Semillas intermedia madura, D= Semillas maduras.

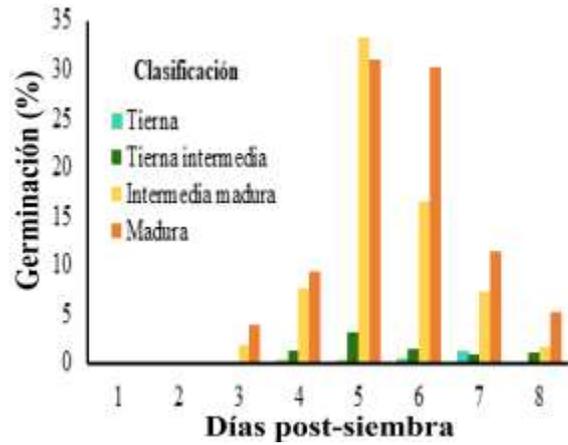


Fig. 2. Porcentaje de germinación de cuatro tipos de espiguilla, clasificadas por madurez, en base al desarrollo de mancha en lema de Punta blanca *Digitaria californica* (Benth.) Henr. Ver. Fig. 1.

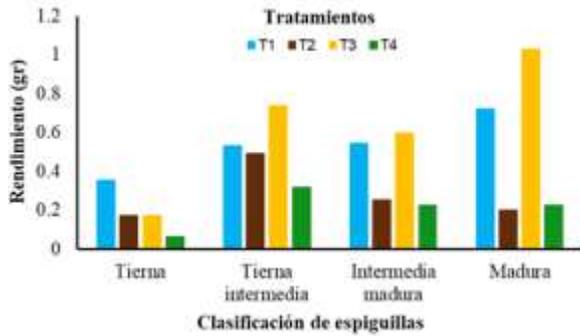


Figura 2. Rendimiento de espiguillas clasificadas por madurez en Punta blanca: T₁) sin corte T₂) un corte T₃) dos cortes y T₄) tres cortes

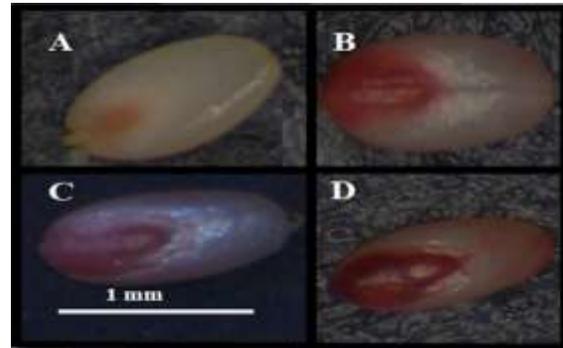


Figura 3. Patrones de tinción de carióspsides de punta blanca con sal de cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio, para determinar porcentaje de viabilidad.

CONCLUSIONES

Las espiguillas de punta blanca muestran alto llenado de carióspside, viabilidad y germinación al estadio intermedio-maduro y maduro. La ventana de floración y producción de tallos florales se incrementó con cortes. Se debe determinar, en campo, el potencial de producción.

AGRADECIMIENTOS

A la LGAC “Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados, por su financiamiento valioso y oportuno.

LITERATURA CITADA

- Estelrich, HD, F Martin y RD Ernst. 2016. Posición de las coronas como mecanismo para tolerar el pastoreo en especies forrajeras del pastizal bajo en la región semiárida central de Argentina. Archivos de Zootecnia. 65(251):381-388.
- Morales-Nieto, CR, A Quero-Carrillo, J Pérez-Pérez, A Hernández-Garay y O Le-Blanc. 2008. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. Agrociencia. 42:767-775.
- Quero, CAR, L Miranda J, JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. Avances en Investigación Agropecuaria. 21: 63-85.
- Quero, CAR y Leonor Miranda J. 2022. Siembra mecanizada de praderas de temporal árido. Innovación. Memorias del XI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zacatecas. 5p. In Press.
- Ramírez LRG, A Enríquez M y F Lozano G. 2001. Valor nutricional y degradabilidad ruminal del zacate buffel y nueve zacates nativos del NE de México. CIENCIA UANL. 4(3):314-321.
- Ramírez-Segura, E., JA Maldonado-Jaquez, I Torres-Salas, AR Quero-Carrillo. In Press. Atributos físicos y fisiológicos de pastos nativos del México árido. Rev. Fitotec. Mex. 45(4): *In press*.
- Silva, LM, L Miranda J, AR Quero C, MJ Luna G, N Cadena Ramírez. 2022. Manejo de cosecha en semilla de *Bouteloua curtipendula* NdeM-303. In: Memorias del XI Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. In press. 5p.
- Tian X, AD Knapp, KJ Moore, EC Brummer and TB Bailey. 2002. Cupule removal and caryopsis scarification improves germination of eastern gamagrass seed. Crop Science. 42:185-189.

LIGNINA Y PROTEÍNA CRUDA EN ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BUFFEL [*Pennisetum ciliare* (L.) Link] DE DIFERENTES PAISES

LIGNIN AND CRUDE PROTEIN IN BUFFEL GRASS [*Pennisetum ciliare* (L.) Link] ECOTYPES FROM DIFFERENT COUNTRIES

Gustavo Abraham Salgado Horcasitas¹, Raúl Corrales Lerma*¹, Alan Álvarez Holguín², Carlos Raúl Morales Nieto¹, Nathalie Socorro Hernández Quiroz¹

¹ Facultad de Zootecnia y Ecología, universidad Autónoma de Chihuahua, ² Instituto Nacional de Campo Experimenta La Campana, Aldama Chihuahua, INIFAP.

RESUMEN

El pasto bufel (*Pennisetum ciliare*) es una especie invasora, no obstante, en los esfuerzos por ayudar a la ganadería se han desarrollado ecotipos que además de cantidad de materia seca, aporten altos valores nutricionales. El objetivo del presente estudio fue determinar la cantidad de lignina y de proteína cruda en ecotipos sobresalientes del pasto buffel que han sido desarrollados en diferentes países. Se evaluaron 44 ecotipos sobresalientes del pasto buffel, procedentes de diferentes países. Se sembró semilla de los ecotipos y las plántulas fueron desarrolladas en un vivero, para ser trasplantados *ex situ*. Se encontraron contenidos de proteína con valores entre el 13.09 y 17.33% de PC, así como de 3.04 y 4.77 de lignina. Se encontraron cuatro ecotipos superiores mejorados en México, Australia y África.

Palabras clave: pasto invasor, variedades sobresalientes, valor forrajero

ABSTRACT

Bufel grass (*Pennisetum ciliare*) is an invasive species, however, in efforts to help livestock, ecotypes have been developed that, in addition to the amount of dry matter, provide high nutritional values. The objective of the present study was to determine the amount of lignin and crude protein in outstanding buffelgrass ecotypes that have been developed in different countries. Forty-four outstanding buffelgrass ecotypes from different countries were evaluated. Seed of the ecotypes was sown, and the seedlings were developed in a nursery, to be transplanted *ex situ*. Protein contents were found with values between 13.09 and 17.33%, as well as 3.04 and 4.77 of lignin. Four improved superior ecotypes were found in Mexico, Australia, and Africa.

Keywords: invasive grass, outstanding varieties, forage value.

INTRODUCCIÓN

El pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) es una gramínea proveniente de África e introducida a México alrededor de los años 50's. Se encuentra distribuida principalmente al norte del país

y considerada como invasora. Sin embargo, algunos ecotipos de esta especie han sido seleccionados, mejorados en producción y calidad de forraje, y desarrollados en diferentes países con el propósito de contribuir a la producción animal. Se estima que en México esta gramínea cubre una superficie de dos millones de hectáreas en los estados de Sonora, Tamaulipas, Nuevo León, Coahuila, Sinaloa, Chihuahua, Durango, entre otros (Beltrán *et al.*, 2017). El pasto buffel tiende a adaptarse a una amplia variedad de tipos de suelo con un rango de pH desde neutro hasta ligeramente alcalino, sin embargo, algunas variedades de esta especie han presentado alta resistencia a suelos alcalinos (Sánchez *et al.*, 2017). Las temperaturas óptimas para un correcto crecimiento van desde los 20 a 45 °C, no obstante, se han llegado a registrar tolerancias de hasta los 50 °C (De la Barrera y Castellanos, 2007). En la ganadería extensiva la principal fuente de alimentación para el ganado son los recursos forrajeros y repercute de manera indirecta en la alimentación humana (Sánchez *et al.*, 2017). El objetivo del presente trabajo fue determinar la cantidad de lignina y de proteína cruda en ecotipos sobresalientes del pasto buffel que han sido desarrollados en diferentes países.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consistió en trasplantar 44 ecotipos sobresalientes del pasto buffel, procedentes de diferentes países de África, Europa, Asia y América. Se sembró semilla de estos ecotipos y las plántulas fueron desarrolladas en un vivero, para ser trasplantadas *ex situ*. El estudio se realizó en el campo experimental La Campana INIFAP, Aldama, Chihuahua. La cama de siembra para el trasplante se preparó con arado de discos a una pasada. Posteriormente, se dieron dos pasadas cruzadas con una rastra de discos, con ancho de corte de 4 m y conformada por 24 discos de 28" de diámetro. La profundidad de preparación de la cama fue de 30 cm de profundidad. El área seleccionada presenta una topografía plana, temperatura media de 19.9 °C, precipitación promedio de 332 mm anuales y una altitud de 1269 msnm (INEGI, 2015). Los ecotipos fueron trasplantados en bloques con 10 repeticiones, a un metro de distancia entre planta y entre bloque (1 x 1). Al momento del trasplante, se suministró un riego de auxilio con dos litros de agua directo a la poza, para asegurar establecimiento. Después, se suministró dos riegos de un litro de agua a los siete y catorce días después del trasplante. En adelante, el desarrollo de todas las plantas durante el experimento fue bajo condiciones de temporal. Las plantas fueron cortadas la primera semana de septiembre, con altura de corte de 10 cm arriba de la corona de crecimiento, en etapa de floración temprana. La biomasa aérea se secó en una estufa para secado de forraje, a 65°C por 72 h. La materia seca se molió a tamaño de partícula entre 0.1 y 1mm. Para estimar aporte de proteína cruda y lignina, se analizaron las muestras con tres repeticiones por ecotipo, a través de espectroscopía de infrarrojo cercano en un NIR de próxima generación. Los datos se analizaron en SAS, a través de comparación de medias de Dunnett, poniendo como testigo el ecotipo de Buffel Titán desarrollado en México, con un alfa establecida del 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que cuatro ecotipos de pasto bufel fueron superiores ($p < 0.05$) al 1- Titán en contenido de proteína cruda (Cuadro 1). Los otros 38 ecotipos no presentaron diferencias ($p > 0.05$) en este componente nutricional. Es importante resaltar que el contenido de proteína arriba del 13% que presentó el 1-Titan, es considerado alto. En un experimento *ex situ* en Tamaulipas, Garay *et al.*, (2020) reportaron en contenido de proteína cruda de 10.4 y 11.5% en temporada de lluvias y al término de estas, respectivamente. Ramírez *et al.* (1993) evaluaron 20 variedades de pasto bufel en sonora en temporada de lluvias (julio-septiembre) y el valor de proteína más alto que encontraron fue cerca del 5%. Estos resultados son muy inferiores a los alcanzados en los ecotipos sobresalientes de este estudio, incluyendo al 1-Titan.

Cuadro 1. Medias \pm EE en aporte de proteína cruda en ecotipos de Bufel (*Pennisetum ciliare*) provenientes de diferentes países

Ecotipo	Lugar de procedencia	Proteína Cruda (%)
1 – Titán	San Luis Potosí (México)	13.09
59 - V-72	Delicias, Chih. (México)	17.61***
44 – Gayndah	Australia	17.33***
2 – Chipinga	Zimbabwe	16.82***
7 - E3169	Limpopo (Sudáfrica)	16.24***

Los *** representan diferencias significativas ($p < 0.05$) por Dunnet (1 – Titan vs 43 ecotipos)

Con respecto al contenido de lignina, fueron 17 de 43 ecotipos los que presentaron menor ($p < 0.005$) porcentaje que el 1 – Titan (Cuadro 2), entre los que se encuentran los cuatro que fueron superiores en la variable de proteína cruda. Es interesante destacar que de estos los cuatro ecotipos desarrollados en Delicias Chihuahua presentaron menor ($p < 0.05$) lignina que el testigo. Se sabe que la lignina es un carbohidrato estructural no digestible en rumiantes, por lo tanto, altos contenidos se contraponen a la digestibilidad del forraje. Vázquez Aguilar (2014) encontró que el pasto bufel establecido en pastizales de Nuevo León, presentó 5.7 % de lignina en el mes de septiembre, valor superior a todos los ecotipos sobresalientes evaluados en este estudio. Garduño *et al.* (2015), reportaron que, al finalizar la época de lluvias, siete variedades de buffel provenientes de Etiopía y sembrados en San Luis Potosí presentaron entre el 5.9 y 6.8% de lignina en las hojas.

Cuadro 2. Medias \pm EE en aporte de lignina en ecotipos de Bufel (*Pennisetum ciliare*) provenientes de diferentes países

Ecotipo	Lugar de procedencia	Lignina (%)
1 – Titán	San Luis Potosí (México)	4.77
59 - V-72	Delicias, Chih. (México)	3.04***
44 – Gayndah	Australia	3.08***
2 – Chipinga	Zimbabwe	3.56***

7 - E 3169	Limpopo (Sudáfrica)	3.67***
61 - AS-245	Delicias, Chi (México)	3.97***
36 - E 07374	Sudáfrica	3.97***
34 - E S/N	Kanagawa (Japón)	3.95***
17 - E S/N	Kanagawa (Japón)	3.93***
23 - E 7398	Vaalharts (Sudáfrica)	3.88***
26 - E 7385	Australia	3.88***
51 - ILRI 6982D	Etiopía	3.87***
21 - West australian	Australia	3.79***
38 - E 34	Kenia	3.74***
29 - TOOWOOMBA-B	Sudáfrica	3.73***
57 - V45	Delicias, Chih. (México)	3.66***
60 - V42	Delicias, Chih. (México)	3.51***
19 - E S/N	Kanagawa (Japón)	3.43***

Los *** representan diferencias significativas ($p < 0.05$) por Dunnet (1 – Titan vs 43 ecotipos)

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio muestran que todos los ecotipo evaluados, presentan excelentes valores en aporte de proteína cruda y bajos en lignina, en especial, los ecotipos 59 - V-72, 44 – Gayndah, 2 – Chipinga y 7 - E3169 procedentes de Delicias, Chih. (México), Australia, Zimbabwe y Limpopo (Sudáfrica), respectivamente. En caso de utilizar pasto buffel en resiembras, se recomiendan que sean los que aporten el mayor contenido de proteína y menores contenidos de lignina.

LITERTURA CITADA

- Beltrán, L. S., C. A. García, C. Loredó, J. Urrutia, J. A. Hernández, H. G. Gámez. 2017. “Titán” y “Regio”, variedades de pasto Buffel (*Pennisetum ciliare* L.) para zonas áridas y semiáridas. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 8(3):291-295.
- De la Barrera, E. y Castellanos, A. E. 2007. High temperature effects on gas exchange for the invasive buffel grass (*Pennisetum ciliare* [L] Link). W. Biol. M. 7:128-131.
- Garay, M. J. R., B. Estrada, Y. Bautista, A. Bernal-Flores, S. I. Mendoza, J. C. Martínez González, E. Sosa y S. J. Cancino. Forage yield and quality of buffel ‘H-17’ and Urochloa hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. Grasland Science. 20:277-284.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua.
- Ramírez, M. F., L. R. Torres, V. Palomino y F. R. Burboa. 1993. producción de forraje y proteína de 20 variedades de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*) en el sur del estado de sonora. Tec. Peeu. Mex. 31(1):56-60.

- Sánchez, G. R. A., C. R. Morales, J. Hanson, E. Santellano, P. Jurado, J. F. Villanueva y A. Melgoza. 2017. Caracterización forrajera de ecotipos de zacate buffel en condiciones de temporal en Debre Zeit, Etiopía. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(1):13-26.
- Vázquez-Aguilar, N. C. 2014. Determinación de fracciones de carbohidratos y proteínas y del valor nutricional de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L) asociado con dos subproductos agroindustriales. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Gral. Escobedo, N.L. México.

FACTORES CLIMÁTICOS RELACIONADO CON NIVEL DE PLOIDÍA Y DIVERSIDAD GENÉTICA EN PASTO BANDERITA
(Bouteloua curtipendula)

ENVIRONMENTAL FACTORS RELATED TO GENETIC DIVERSITY AND PLOIDY LEVEL IN SIDEOATS GRAMA *(Bouteloua curtipendula)*

Alan Álvarez-Holguín^{1*}, Carlos R. Morales-Nieto², Raúl Corrales-Lerma², Jesús M. Ochoa-Rivero, Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez³

¹Campo Experimental La Campana, CIRNOC-INIFAP; ²Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. ³Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP.
alvarez.alan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La adaptación ambiental del germoplasma utilizado determina la respuesta y, por ende, la probabilidad de éxito de programas de restauración. Por esta razón, conocer los factores climáticos relacionados con la diversificación genética puede ayudar a seleccionar genotipos para restauración. Por lo anterior, se evaluó la relación entre factores climáticos, diversidad genética y nivel de ploidía dentro del pasto banderita. Para ello, se analizaron 90 poblaciones representativas de la distribución de esta especie en México. La diversidad genética fue analizada mediante marcadores moleculares AFLP y el nivel de ploidía se cuantificó en microscopio. Esta información se correlacionó con 23 variables bioclimáticas. Posteriormente, las 90 poblaciones se dividieron en dos grupos de acuerdo a su número de cromosomas para evaluar la relación entre la aptitud ambiental y el nivel de ploidía, un grupo con entre 40 y 70 cromosomas y otro con entre 80 y 107 cromosomas. El nivel de ploidía se correlacionó ($p < 0.05$) con índice de aridez ($r = 0.95$), temperatura media del trimestre más caliente ($r = 0.86$), elevación ($r = 0.71$), precipitación del trimestre más seco ($r = -0.74$) y estacionalidad de la precipitación ($r = 0.72$). El modelo MaxEnt reveló que los citotipos de entre 80 y 107 cromosomas poseen mayor aptitud ambiental potencial y pueden adaptarse mejor a zonas de mayor aridez, en comparación con los de entre 40 y 70 cromosomas. Por lo anterior, se recomienda considerar el nivel de ploidía y las condiciones ambientales de origen de los materiales que se vayan a utilizar en programas de restauración de pastizales.

Palabras clave: AFLP, cromosomas, modelo MaxEnt.

ABSTRACT

The environmental adaptation of the germplasm utilized in restoration programs determines the response and, therefore, the probability of success. For this reason, knowledge about the climatic factors related to genetic diversification may serve to select genotypes for restoration. Therefore, we evaluated the relationship among climatic factors, genetic diversity, and ploidy level in sideoats grama. Ninety populations of this species were evaluated, as representative of species distribution in Mexico. The genetic diversity was

analyzed through AFLP molecular markers and the ploidy level was quantified by microscope. This information was correlated with data from 23 bioclimatic variables. Populations were divided into two groups according to their number of chromosomes to evaluate the relationship between environmental niche and ploidy level. One group was integrated by populations from 40 to 70 chromosomes and another by populations from 80 to 107 chromosomes. Ploidy level was correlated ($p < 0.05$) with the aridity index ($r = 0.95$), mean temperature of the hottest quarter ($r = 0.86$), elevation ($r = 0.71$), precipitation of the driest quarter ($r = -0.74$) and precipitation seasonality ($r = 0.72$). In addition, the MaxEnt model revealed that cytotypes with 80 to 107 chromosomes have a broader environmental niche and may be better adapted to arid lands compared to cytotypes with 40 to 70 chromosomes.

Keywords: AFLP, chromosomes, MaxEnt model.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el interés por investigar la relación entre los factores climáticos, la diversidad genética y la adaptabilidad de las especies se ha incrementado, especialmente en zonas áridas, donde se espera que los impactos del cambio climático sean mayores. Esta información es crucial a la hora de seleccionar la especie o genotipo que se utilizará en los programas de restauración ecológica. Esto se debe a que la adaptación a las condiciones ambientales determina la respuesta del germoplasma utilizado y, por ende, la probabilidad de éxito de estos programas. Por esta razón, es importante evaluar la relación entre la genética y la adaptabilidad ambiental de especies utilizadas en restauración ecológica, como los pastos.

Otro factor genético de importancia para la restauración ecológica es el nivel de ploidía. La poliploidización es la mutación más dramática que puede ocurrir en un organismo. Debido a esto, se considera la mayor fuerza evolutiva conocida en plantas. Este fenómeno afecta la constitución genética y fenotípica de un organismo, por lo que tiene consecuencias sobre su ecología, distribución geográfica, diversificación y especialización (Otto y Whitton, 2000).

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una de las especies más utilizadas en restauración de pastizales en el norte de México, debido a que se adapta a una amplia gama de climas y tiene un excelente valor forrajero. Debido a esto, se han realizado diversos trabajos para seleccionar genotipos sobresalientes de este pasto, que puedan ser utilizados para revegetar los pastizales. En México, esta especie posee citotipos con desde 19 hasta 107 cromosomas (Morales *et al.*, 2007). No obstante, existe poca información sobre como influyen la diversidad genética y el nivel de ploidía sobre la adaptabilidad a factores ambientales en esta especie. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la relación que existe entre la diversidad genética, el nivel de ploidía y la aptitud de ambiental de poblaciones pasto banderita en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras se realizó en 90 poblaciones de pasto banderita, representativas de la distribución de la especie en México. Las poblaciones se distribuyen en 10 estados de la República en las ecorregiones árida y semiárida del país. En cada sitio de muestreo se recolectó material vegetal y semilla de pasto banderita, mismo que fue utilizado para analizar la relación entre el nivel de ploidía, la diversidad genética y con las condiciones ambientales de la distribución del pasto banderita en México.

Para la determinación del nivel de ploidía, se sembró semilla de cada una de las 90 poblaciones colectadas. La siembra se realizó en macetas de 20 cm de diámetro y 25 cm de altura. Las plantas se desarrollaron en invernadero, durante cuatro meses después de la emergencia. Los riegos se realizaron cada semana hasta el punto de saturación, para asegurar la supervivencia de al menos cinco individuos por población. Al cuarto mes después de la emergencia, se colectaron ápices radicales de 1 cm de cada planta. Una vez cortados, los ápices se sumergieron en una solución acuosa de 8-hidroxiquinolina (0.002 M), a temperatura ambiente (18 a 24 °C) por 4 h. Posteriormente, se fijaron en solución Farmer (3:1 v/v, alcohol etílico 96%: ácido acético glacial) y se conservaron a 4 °C, hasta la evaluación al microscopio. Previo a la visualización en microscopio, las puntas de raíz se lavaron con agua destilada e hidrolizaron con ácido clorhídrico 1 N, a 60 °C, durante 10 min. Después, fueron lavadas nuevamente y sumergidas en reactivo de Schiff (Feulgen) durante 6 min a 60 °C, para promover la tinción de cromosomas. La porción teñida se aisló con bisturí. La pared celular de raíces se digirió utilizando una solución enzimática (pectolasa 0.1 g, celulasa 0.5 g, citrato buffer 10 ml), durante 10 y 15 min para raíces delgadas y gruesas, respectivamente. Para incrementar la digestión de las paredes de la raíz, se utilizó citasa durante 30 y 45 min para raíces delgadas y gruesas, respectivamente. Posteriormente, se realizaron observaciones de células al microscopio con la técnica de carmín-ácido (carmín 2% en ácido acético 45%), con dos ápices por planta y se contaron, al menos, cinco células en metafase por ápice. Los conteos de cromosomas se realizaron en microscopio óptico, en campo de 100X.

El análisis AFLP (Polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados) se llevó a cabo mediante el método propuesto por Vos *et al.* (1995) y se utilizaron mediante cinco combinaciones de cebadores marcados con fluorescencia: EcoRI + AGG – MseI + CTG; EcoRI + AGG – MseI + CTA; EcoRI + AGG – MseI + CGG; EcoRI + ACA – MseI + CGA; EcoRI + ACA – MseI + CAC. Para ello, se colectaron hojas de plantas en cada sitio de muestreo. Estas hojas fueron utilizadas para la extracción de ADN, proceso realizado con base en el método propuesto por Doyle y Doyle (1990).

Para analizar la relación entre el nivel de ploidía, la diversidad genética y las condiciones ambientales, se descargaron los datos de 19 variables bioclimáticas (Bio1-Bio19) del sitio web WorldClim (<https://www.worldclim.org>). Además, se incluyeron las variables radiación solar, velocidad del viento, elevación, evapotranspiración e índice de aridez. Esta

información se extrajo para cada una de las 90 poblaciones de pasto banderita. Las variables se delimitaron al espacio geográfico de México con el software ArcMap 10.3. Los datos climáticos son estimaciones de interpolación del período 1950-2000, con una resolución espacial de 30 arco-segundos.

Con base en los datos del análisis AFLP, se estimaron los índices de diversidad: porcentaje de loci polimórficos, promedio de alelos por locus, número de alelos efectivos y diversidad de Nei (H_e), para cada citotipo (nivel de ploidía). Posteriormente, se evaluó la relación entre el nivel de ploidía, los índices de diversidad y las variables climáticas, mediante análisis de regresión lineal simple. Para analizar la relación entre la aptitud ambiental y el nivel de ploidía, las 90 poblaciones se dividieron en dos grupos de acuerdo a su número de cromosomas. El primer grupo se integró con las poblaciones que poseen entre 40 y 70 cromosomas, mientras que el segundo grupo con las poblaciones de entre 80 y 107 cromosomas. La aptitud ambiental de estos grupos citológicos, fue determinada mediante el algoritmo del software de MaxEnt 3.3.3. El modelo se corrió con las coordenadas de las poblaciones integradas a cada grupo citológico. Del conjunto de datos, el 75% se utilizó para probar los modelos, mientras que el 25 % de los datos restantes fueron utilizados para validar los modelos, utilizando la prueba de validación cruzada, con 50 réplicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El nivel de ploidía presentó una estrecha correlación ($p < 0.05$) positiva con índice de aridez ($r = 0.95$) y temperatura media del trimestre más caliente ($r = 0.86$). Además, mostró una correlación moderada ($p < 0.05$) con elevación ($r = 0.71$), precipitación del trimestre más seco ($r = -0.74$) y estacionalidad de la precipitación ($r = 0.72$; Figura 1). Los anterior sugiere que las poblaciones con mayor nivel de ploidía tienen ventajas adaptativas y pueden resistir ambientes más áridos, en comparación con aquellas de menor nivel de ploidía.

El nivel de ploidía mostró una correlación positiva con los índices de diversidad: número de alelos efectivos ($r = 0.94$; $p < 0.05$), información polimórfica ($r = 0.84$; $p < 0.05$) y diversidad genética de Nei ($r = 0.89$; $p < 0.05$). Dichas relaciones se muestran en la Figura 2. La relación entre el nivel de ploidía y los índices de diversidad genética sugiere que a medida que es mayor el nivel de ploidía, el nivel de diversidad genética también puede ser mayor. Estos resultados son congruentes con lo reportado por Siqueiros-Delgado *et al.* (2017), quienes encontraron una relación positiva ($R^2 = 0.73$) entre en número de cromosomas y el nivel de variabilidad genética dentro del complejo *Bouteloua curtipendula*.

El modelo de MaxEnt se alimentó con las coordenadas de 25 poblaciones para el citológico que posee entre 40 y 70 cromosomas. Para el grupo de entre 80 y 107 cromosomas, se utilizaron las coordenadas de 65 poblaciones. El modelo del nicho climático del grupo de entre 40 y 70 cromosomas obtuvo un valor promedio de AUC de 0.92 ± 0.111 , mientras que el del grupo de entre 80 y 107 cromosomas fue de 0.88 ± 0.125 . Por esta razón, se puede

considerar que la estimación de la aptitud ambiental de ambos grupos genéticos tiene un alto grado de confiabilidad. La Figura 1 muestra la aptitud ambiental de los grupos citológicos, donde se observa que el nicho climático de cada grupo se diferencia claramente. De acuerdo con los resultados, el grupo de entre 80 y 107 cromosomas posee un nicho climático más amplio. Este resultado sugiere que existe una relación evolutiva entre el nivel de ploídía y la adaptación a las condiciones ambientales. En este sentido, los programas de restauración con pasto banderita deberían considerar el nivel de ploídía del germoplasma que se va a utilizar. Estos resultados concuerdan con diversas investigaciones que concluyen que existe una relación entre la adaptabilidad a factores ambientales adversos y el nivel de ploídía (Otto y Whitton, 2000).

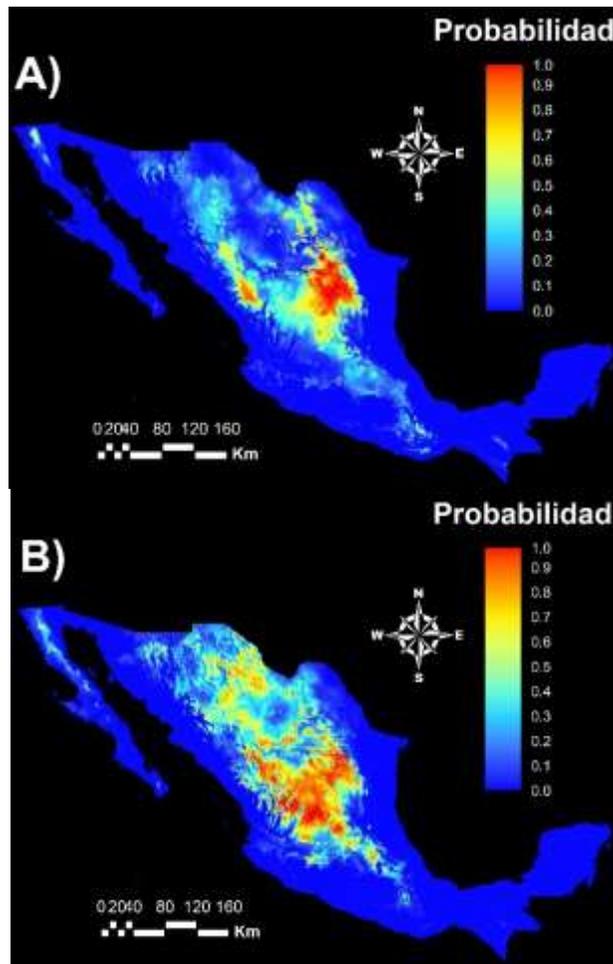


Figura 1. Mapas del modelo MaxEnt para dos grupos citológicos de pastos banderita (*Bouteloua curtipendula*). (A) citotipos de entre 40 y 70 cromosomas, (B) citotipos de entre 80 y 107 cromosomas. El color rojo representa las áreas con mayor aptitud ambiental y el color azul menor aptitud.

CONCLUSIONES

La distribución de los citotipos y la diversidad genética del pasto banderita en México están influenciados por las condiciones ambientales del país. Los ambientes de mayor aridez tienden a poseer poblaciones de mayor número de cromosomas y diversidad genética, en comparación con aquellas de climas menos áridos. Los citotipos de entre 80 y 107 cromosomas poseen mayor aptitud ambiental potencial y pueden adaptarse mejor a zonas de mayor aridez, en comparación con los de entre 40 y 70 cromosomas. Por lo anterior, se recomienda considerar el nivel de ploidía y las condiciones ambientales de origen de los materiales que se vayan a utilizar en programas de restauración de pastizales.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su financiamiento a través del proyecto “Registro varietal de nuevos genotipos de élite y generación de tecnologías para la producción de semillas de pasto”.

LITERATURA CITADA

- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1990. A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue. *Focus* 12:13-15.
- Morales, N. C. R., C. A. R. Quero, and A. C. H. Avendaño. 2007. Caracterización de la diversidad nativa del zacate banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.], mediante su nivel de ploidía. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 45:263-278.
- Otto, S. P., and J. Whitton. 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annual Review of Genetics* 34:401-437.
- Siqueiros-Delgado, M. E., A. E. Fisher, and J. T. Columbus. 2017. Polyploidy as a factor in the evolution of the *Bouteloua curtipendula* Complex (Poaceae: Chloridoideae). *Systematic Botany* 42:432-448.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. V. D. Lee, M. Hornes, and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23:4407-4414.

EVALUACIÓN DE LA EMERGENCIA Y SUPERVIVENCIA DE DOS ESPECIES (*Atriplex canescens* y *Sporobolus airoides*) EN SUELO CONTAMINADO POR LOS JALES DE LA MINA DE NAICA

EVALUATION OF THE EMERGENCE AND SURVIVAL OF TWO SPECIES (*Atriplex canescens* and *Sporobolus airoides*) IN SOIL CONTAMINATED BY NAICA MINE TAILINGS

Alfredo Contreras Guardiola¹, María Cecilia Valles Aragón², Mario Alberto Olmos Márquez³, Leonor Cortés Palacios³, Eduardo Santellano Estrada³, Rafael Escobedo Bautista³

¹ Estudiante de posgrado en Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua; ² Facultad de Ciencias Agrotecnológicas – Universidad Autónoma de Chihuahua; ³ Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua.

RESUMEN

Se realizó un estudio para evaluar la respuesta de dos especies de plantas: chamizo y zacatón alcalino (*Atriplex canescens* y *Sporobolus airoides*, respectivamente), las cuales fueron seleccionadas considerando las siguientes características: nativas, adaptadas, ciclo de vida perenne y estudios previos; se realizó siembra directa en suelo contaminado por jales mineros con contenidos elevados de metales pesados, a nivel de invernadero en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la UACH. En el diseño de los tratamientos se utilizó composta (C) como fuente principal de materia orgánica, zeolita (Z) como agente estabilizador del suelo y jales (J) de la mina de Naica de Saucillo, Chihuahua. Se propusieron 4 tratamientos, los cuales fueron: T1= 100% J, T2= 100% C, T3= 80%J-10%C-10%Z, y T4= 70%J-20%C y 10%Z. Se llevó a cabo una caracterización inicial de las muestras para cuantificar las concentraciones de metales pesados (As y Pb), pH, porcentaje de materia orgánica (MO) y nutrientes (N y P). Ambas especies lograron germinar en casi todos los tratamientos, a excepción del chamizo que en el T2 no presentó respuesta.

Palabras clave: Emergencia, Supervivencia, Jales, Composta, Zeolita.

ABSTRACT

A study was conducted to evaluate the response of two plant species: saltbush and alkaline sacaton (*Atriplex canescens* and *Sporobolus airoides*, respectively), which was selected considering these characteristics: native, adapted, perennial life cycle and previous studies; direct seeding was performed in soil contaminated by mining tailings with high contents of heavy metals, at greenhouse level in the facilities of the Faculty of Agrotechnological Sciences - UACH. In the design of the treatments, compost (C) was used as the main source of organic matter, zeolite (Z) as a soil stabilizing agent and tailings (J) from the Naica mine in Saucillo, Chihuahua. Four treatments were proposed: T1= 100% J, T2= 100% C, T3= 80%J-10%C-10%Z, and T4= 70%J-20%C and 10%Z. An initial characterization of the

samples was carried out to quantify the concentrations of heavy metals (As and Pb), pH, percentage of organic matter MO and nutrients (N and P). Both species managed to germinate in almost all treatments, with the exception of saltbush, which showed no response in T2.

Keywords: Emergence, Survival, Mine Tailings, Compost, Zeolite.

INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados es un problema que se ha incrementado en los últimos años debido principalmente a actividades humanas. Las principales actividades antrópicas generadoras de contaminantes son la minería, la industria metalúrgica, la agricultura y el uso de vehículos automotores (Covarrubias y Cabriales, 2017).

En México, la minería es una de las actividades de mayor práctica, desde antes de la conquista, sobresaliente en la historia como un factor de progreso y desarrollo económico para el país. Sin embargo, esta actividad tiene un impacto significativo sobre el medio ambiente ya que genera grandes cantidades de residuos que pueden convertirse en fuentes de metales pesados (Romero *et al.*, 2007). Los residuos producidos en la industria minera, son considerados relevantes, debido a sus características químicas y mineralógicas propias (concentraciones importantes de metales y metaloides y compuestos asociados) y las del ambiente donde se encuentran (geohidrológico, climático, biológico, químico), tienen el potencial de dispersar sus componentes al medio ambiente y provocar daños (Burillo *et al.*, 2017).

La fitorremediación hace uso de la capacidad de determinadas especies de plantas para interactuar con la toxicidad de los contaminantes presentes, son las mismas plantas las que actúan como agentes de remediación, a través de diferentes mecanismos (estabilización, extracción, degradación, entre otras), y desde varias perspectivas (ambientalmente compatible, estéticamente adecuado, haciendo un uso adecuado de los recursos naturales), para limpiar el suelo contaminado reduciendo o eliminando la toxicidad de los contaminantes en el medio ambiente (Ali y Sajad, 2013; Becerril *et al.*, 2007; Carpena y Pilar, 2007).

En el presente trabajo se planteó como objetivo general evaluar la emergencia y supervivencia de plantas en un suelo contaminado con el fin de realizar una propuesta de fitorremediación para los jales de la mina de Naica, logrando esto a través de los objetivos particulares como son la determinación de las concentraciones de metales en suelo y la experimentación a nivel maceta con plantas nativas para evaluar la respuesta en suelo contaminado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Naica es una localidad perteneciente al municipio de Saucillo, Chihuahua, a 140 km de la capital, Chihuahua, el clima es semiárido extremo, los veranos son muy calientes; los

inviernos son cortos, fríos y secos y está parcialmente nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 1 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de -4 °C o sube a más de 38 °C, su flora se conforma de plantas xerófilas, herbáceas, arbustos de diferentes tamaños, entremezclados con algunas especies de agaves, yucas y cactáceas, leguminosas como el huisache, guamúchil, quiebra hacha, zacates, peyote y chaparral espinoso. El Atlas Nacional de Riesgos elaborado por la CONAPRED, asigna una categoría media para el peligro a nivel municipal para Saucillo, la zona del poblado de Naica con un nivel de vulnerabilidad Alto, en relación a la Base de Datos de Sitios Contaminados SISCO.

Selección de especies vegetales: Las plantas que se utilizaron en el presente estudio fueron seleccionadas a partir de estudios anteriores como el realizado por Reyna *et al.* (2022), en el que se utilizaron 8 especies diferentes de plantas sobre los jales mineros abandonados de Parral, en condiciones similares, aunado a las características que deben tener para poder ser elegibles, las cuales son: nativas de la región, adaptadas a las condiciones ambientales y climáticas de la zona de estudio (condiciones de baja precipitación o sequía, suelos salinos), que sean perennes y persistentes. El cumplimiento de estas características se revisó con base en las fichas técnicas de las bases de datos de la CONABIO. Con relación a lo anterior, se seleccionaron dos especies, el zacatón alcalino (*Sporobolus airoides*) y el chamizo (*Atriplex canescens*).

Descripción del experimento: Se utilizaron 4 tratamientos (T), cada uno resultado de la combinación en diferente proporción de jal, composta y zeolita, quedando de la siguiente forma: T1 consistió en 100 % J, el T2 se conformó de 100 % C, T3 se formó a partir de 80 % J, 10 % C y 10 % de Z y el T4 constituyó una mezcla de 70 % J, 20 % C y 10 % Z. Se realizó una caracterización inicial, en el Cuadro 1 se presentan los valores obtenidos y las técnicas utilizadas en cada caso. Combinando estos 4 tratamientos con las dos especies de plantas mencionadas anteriormente: el zacatón alcalino (SA) y el chamizo (AC), resultando en un total de 8 combinaciones distintas, de las cuales se colocó 4 repeticiones de cada una, resultando en 32 muestras. Para el acomodo se seleccionó el diseño completamente al azar para reducir el impacto que pueda tener la ubicación dentro del invernadero de las plantas en cuanto a la cantidad de luz solar recibida por cada una. Se depositaron las semillas de cada especie, en el caso del zacatón alcalino se colocaron 25 semillas por maceta, para el caso del chamizo y por los resultados obtenidos en las pruebas de germinación previas, se realizó un acondicionamiento de las semillas que consistió en una escarificación y estratificación en frío, para posteriormente colocar 25 semillas por maceta. El riego se realizó a diario con 100 mL de agua corriente hasta alcanzar la germinación de las plantas y posteriormente cada 3 días.

Cuadro 1. Características principales de cada uno de los tratamientos utilizados.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	Valor de referencia*	Determinación
Jal (%)	100	0	80	70	-	-
Composta (%)	0	100	10	20	-	-

Zeolita (%)	0	0	10	10	-	-
Pb (mg/kg)	1715.60	ND	1434.00	1303.74	400	ICP-OES
As (mg/kg)	1374.06	ND	1051.00	970.21	22	ICP-OES
pH	8.02	7.51	7.80	7.74	-	Potenciometría
MO (%)	5.40	15.92	5.77	7.07	-	Volumetría
N (%)	0.25	1.53	0.18	0.35	-	AE-CHNS
P (mg/kg)	865	14185	1954	3110	-	ICP-OES

*Valor de la Concentración de Referencia Total (CRT) en la NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004

Análisis estadístico: Para comparar el efecto que tuvo cada tipo de tratamiento sobre la emergencia y desarrollo de las especies se utilizó, ANOVA y Prueba de Tukey de manera que se observara si existieran diferencias significativas. Todo esto realizado en el software SAS 9.2.

RESULTADOS

Durante el desarrollo del experimento, semana a semana, se fueron registrando por maceta el número de brotes contabilizando al final del experimento la cantidad total máxima de brotes nuevos aparecidos, del mismo modo, al final se contaron los sobrevivientes. Con los datos obtenidos se determinaron los porcentajes de emergencia y supervivencia. Se generó un análisis de varianza mediante el cual se observó diferencias significativas para ambas variables.

Cuadro 2. ANOVA para la variable Emergencia.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	2143.5	306.214286	7.56	<.0001
Error	24	972	40.5		
Total corregido	31	3115.5			
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Emergencia Media		
0.688012	75.98759	6.363961	8.375		

Cuadro 3. ANOVA para la variable Supervivencia.

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	7	702	100.285714	3.76	0.0069
Error	24	640	26.666667		
Total corregido	31	1342			
R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	Supervivencia Media		
0.5231	137.7061	5.163978	3.75		

Se llevó a cabo una prueba de medias por el método de Tukey al $p < 0.05$ con los porcentajes de emergencia para los diferentes tratamientos, para cada uno se señala el valor de sus medias

viendo que la diferencia entre el T3(12.5), T1(10.0) y T4(8.0) es mínima, de igual forma que entre T1(10.0), T4(8.0) y T2(3.0), pero si existiendo una diferencia significativa entre el T3(12.5) y el T2(3.0). Del mismo modo, se llevó a cabo la prueba de medias de Tukey para la variable supervivencia, donde se observó que la diferencia entre el T3(8.5), T4(4.5) y T1(1.5) es mínima, de igual forma que entre T4(4.5), T1(1.5) y T2(0.5), pero si existiendo una diferencia entre el T3(8.5) y el T2(0.5).

Al utilizar únicamente dos especies, se confirmó que existe una diferencia entre ambos tipos, en emergencia se presentó un valor de medias de SA=15.25 y AC=1.5, y en supervivencia SA=6.0 contra AC=1.5 siendo la que mejores resultados mostró para ambas variables el zacatón alcalino.

Los sustratos conformados por combinaciones de jal-composta-zeolita (T3 y T4), son los que presentaron mejor interacción con ambas especies de plantas permitiendo su emergencia, desarrollo y supervivencia, siendo particularmente el T3 el que mostró mejores resultados. El chamizo presentó mayor dificultad para su establecimiento desde las pruebas de germinación, por lo cual fue necesaria la aplicación de técnicas que mejoraran su rendimiento, ya en la siembra directa sobre los sustratos mejoró su rendimiento, sin embargo, fue el zacatón alcalino la especie que logró establecerse de mejor manera.

En el estudio presentado por Reyna *et al.* (2022), se muestran resultados con una tendencia similar para la variable de supervivencia, siendo el zacatón alcalino quien presentó mejor respuesta a los diferentes tratamientos propuestos, alcanzando un porcentaje promedio de 83%, por encima del chamizo que promedio una respuesta de supervivencia del 79%.

CONCLUSIÓN

Se observó que las concentraciones de metales pesados que excedían las Concentraciones de Referencia Total (CRT) para un suelo de uso agrícola, comercial o residencial son las de elementos como As y Pb, que al estar presentes en residuos mineros pueden movilizarse en el medio causando diversas afectaciones como el adecuado desarrollo de vegetación por un efecto fitotóxico, así como el bajo contenido de nutrientes disponibles. Se encontraron diferencias significativas en ambas variables de respuesta, entre tratamientos y entre especies. Este estudio representa una primera aproximación para la realización de una propuesta de fitorremediación, conforme a su desarrollo, se podrá identificar el mecanismo que emplean las plantas sobre los contaminantes presentes.

LITERATURA CITADA

Ali, H., E. Khan and M.A. Sajad. 2013. Fitorremediación de metales pesados-Conceptos y aplicaciones. *Chemosphere* 91: 869–881.

- Becerril, J. M., O. Barrutia, J. G. Plazaola, A. Hernández, J. M. Olano, y C. Garbisu. 2007. Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. *Revista Ecosistemas* 16: 50-55.
- Burillo, J. C., A. Cardona, J. Castro-Larragoitia y I. Montes. 2017. Caracterización y modelación hidrogeoquímica de lixiviados mineros de San Luis Potosí, SLP México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, CDMX, México*.
- Carpena, R. O., y M. P. Bernal. 2007. Claves de la fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista Ecosistemas*, 16.
- Covarrubias, S. A., y J. J. P. Cabriales. 2017. Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 33: 7-21.
- Reyna-Nájera, D. N., L. Cortés-Palacios, G. Sandino-Aquino de Los Ríos, M. Martínez-Salvador, y L. M. Rodríguez-Vázquez. 2022. Estudio del comportamiento de especies vegetales en un proceso de fitoestabilización para remediación de suelo contaminado por jal minero abandonado. *Epistemus* 16(32).
- Romero F.M., M.A. Armenta y G. González-Hernández. 2007. The solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, México. *Appl. Geochem.* 22: 109–127

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE ECOTIPOS SOBRESALIENTES DE PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN ZACATECAS

SEED PRODUCTION OF SIDEOAT GRAMA ECOTYPES (*Bouteloua curtipendula*) IN ZACATECAS

Jesús Emmanuel Vázquez López¹, Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez^{2*}, Héctor Gutiérrez-Bañuelos¹, Francisco Gpe. Echavarría Chariez², Nadiezhda Y.Z. Ramírez Cabral², Alan Álvarez Holguin³, Jesús Manuel Ochoa Rivero³

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

²Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP, ³Campo Experimental La Campana CAMPO.

*rasanchez.gutierrez@gmail.com

RESUMEN

Zacatecas no existe información de al menos un material sobresaliente en la producción y semilla de pasto banderita que pudiera ser una alternativa para la restauración de pastizales. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre variables agronómicas, así como evaluar la producción de semilla de ocho materiales de pasto banderita bajo condiciones de temporal en Zacatecas. El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas, localizado en las coordenadas geográficas de -102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte, a una altitud de 2192 metros sobre el nivel del mar (msnm). Los ecotipos se establecieron mediante trasplante de plántula en agosto del año 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana. Las variables medidas fueron: Altura de planta, número de tallos, producción de forraje seco y producción de semilla. Se realizó un análisis de correlación de Pearson Después los datos se sometieron a un diseño completamente al azar mediante el procedimiento "PROC GLM" de SAS. Se observaron relaciones significativas ($P < 0.05$), la altura de planta se relacionó positivamente ($P < 0.05$) con la producción de semilla ($r_{xy} = 0.63$) y producción de forraje ($r_{xy} = 0.67$). En la producción de semilla los ecotipos B-508, B-689, 31-C y B-1-S reportaron rendimientos similares a la variedad Diana.

Palabras clave: semilla, temporal, banderita

ABSTRACT

Zacatecas there is no information on at least one outstanding material in the production and seed of sideoats grama that could be an alternative for the restoration of grasslands. The objective of the present work was to determine the relationship between agronomic variables, as well as to evaluate the seed production of eight sideoats grama ectype under rainfed conditions in Zacatecas. The experiment was carried out at the National Institute of Forest,

Agricultural and Livestock Research (INIFAP), Zacatecas Experimental Field, located at the geographic coordinates of -102° 39' West Longitude and 23° 36' North Latitude, at an altitude of 2192 meters above sea level (masl). The ecotypes were established by seedling transplantation in August 2019 under a completely randomized block design with three replications, and they were; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C and the Diana variety as control. The measured variables were: plant height, number of stems, dry forage production and seed production. Pearson's correlation analysis was performed. Data were then subjected to a completely randomized design using the SAS "PROC GLM" procedure. Significant relationships ($P < 0.05$) were observed, plant height was positively related ($P < 0.05$) with seed production ($r_{xy} = 0.63$) and forage production ($r_{xy} = 0.67$). In seed production, the ecotypes B-508, B-689, 31-C and B-1-S reported similar yields to the Diana variety.

Keywords; Seed, rainfed, sideoat grama

INTRODUCCIÓN

En México, el bioma pastizal ocupa alrededor del 23 % de la extensión territorial (INEGI, 2005). Sin embargo, aproximadamente el 95 % de estos pastizales presentan algún grado de deterioro, lo que ha provocado la pérdida de cerca de 1.2 millones de hectáreas de pastizales nativos (PMARP, 2012). En Zacatecas la ganadería extensiva se lleva a cabo en 5.4 millones de hectáreas, y de ellas alrededor del 27% aún son consideradas como áreas de pastizal, desafortunadamente más de 1.7 millones de hectáreas han sido desplazadas para ser abiertas a la agricultura. Al igual que a nivel nacional, las áreas de pastizal se encuentran en degradación, ya que se considera que la condición es pobre (Gutiérrez *et al.*, 2020). A la fecha en Zacatecas se han realizado diversos trabajos de investigación orientados a caracterizar la diversidad de especies de pastizal, con la finalidad de identificar genotipos con potencial para rehabilitar pastizales deteriorados. Respecto a esto, Rubio *et al.* (2016) determinó la producción de 13 ecotipos de navajita conservados en un banco de germoplasma de conservación *in situ* y se observaron rendimientos de materia seca desde 1,431 hasta 3,236 kg ha⁻¹ (Rubio *et al.*, 2016). Aunque en Zacatecas existe un potencial productivo óptimo y subóptimo de 2,070,301 y 938,012 has, respectivamente (Medina *et al.*, 2001), es importante identificar al menos un material adaptado a la región y realizar prácticas de restauración del pastizal. Sin embargo, a la fecha en Zacatecas no existe información de al menos un material sobresaliente en la producción y semilla de pasto banderita que pudiera ser una alternativa para la restauración de pastizales. El objetivo del presente trabajo fue determinar la relación entre variables agronómicas, así como evaluar la producción de semilla de ocho materiales de pasto banderita bajo condiciones de temporal en Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas, localizado en las

coordenadas geográficas de -102° 39' Longitud Oeste y 23°36' Latitud Norte, a una altitud de 2192 metros sobre el nivel del mar (msnm). El tipo de suelo es un Kastañozem con pH de 7.5, y una profundidad mayor a 1.5 m. el clima es semiárido y el promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 340 mm, la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio y agosto (Medina *et al.*, 2001). Los ecotipos se establecieron mediante trasplante de plántula en agosto del año 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, y fueron; 1) B-31, 2) B-508, 3) B-593, 4) B-689, 5) 31-C, 6) B-1-S, 9) 21-C y como testigos la variedad Diana. La unidad experimental constó de cinco surcos de 0.76 m de ancho y 15 m de largo, cada planta tuvo un distanciamiento de 0.75 m. Para la parcela útil se utilizaron 12 plantas de los tres surcos centrales. El experimento inició con un corte de estandarización a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo el 29 de mayo del año 2021, después todo el periodo se llevó a cabo bajo condiciones de temporal. Las variables medidas fueron: Altura de planta (AP), número de tallos (NT), producción de forraje seco (FS), producción de semilla (PS). Para la altura de planta se utilizó un estadal y se midieron tres plantas tomadas al azar desde el suelo hasta la punta más alta de la inflorescencia. Se realizó un análisis de correlación de Pearson mediante el procedimiento "PROC CORR" en el paquete estadístico SAS (SAS,2011), se eligieron aquellas que fueron significativas al 5%. Después los datos se sometieron a un diseño completamente al azar mediante el procedimiento "PROC GLM" de SAS. La comparación de medias fue mediante Lsmears y se eligió una probabilidad mayor al 95 % (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se presenta el coeficiente de correlación entre variables agronómicas de los ecotipos evaluadas en el Campo Experimental Zacatecas durante el periodo de temporal 2021. En dicho cuadro se observaron relaciones significativas ($P < 0.05$), la altura de planta se relacionó positivamente ($P < 0.05$) con la producción de semilla ($r_{xy} = 0.63$) y producción de forraje ($r_{xy} = 0.67$). Además, la producción de semilla se asoció positivamente con el rendimiento de forraje seco ($r_{xy} = 0.74$). Con lo anterior se pudiera asumir que los materiales con mayor altura, tienden a acumular más biomasa.

Cuadro 1.- coeficiente de correlación entre variables agronómicas de los ecotipos evaluadas en el Campo Experimental Zacatecas durante el periodo de temporal 2021

	ALT	NT	PS	PF
ALT	1			
NT	0.3561	1		
PS	0.628*	0.17672	1	
PF	0.6707*	0.12475	0.7438**	1

ALT: Altura de la planta, NT: Número de tallos, PF: Producción de forraje, PS: Producción de semilla, PF: Producción de forraje. (* $p < 0.05$; ** $p < 0.0001$)

En la figura 1 se presenta las medias de la producción de semilla de los ocho ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal del 2021 en el Campo Experimental Zacatecas. En dicha figura se observan diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre ecotipos, sobresaliendo B-508 con 382 kg/ha que supera ($P < 0.05$) a los ecotipos B-31, B-592 y 21-C5-N, 20-C. Los resultados de los ecotipos sobresalientes (mayor a 288 kg/ha) se asemejan a los 331 kg/ha, reportados en el 2014 de un ecotipo sobresaliente bajo condiciones de temporal, incrementado por semilla en el Campo Experimental Zacatecas (Rubio *et al.*, 2016).

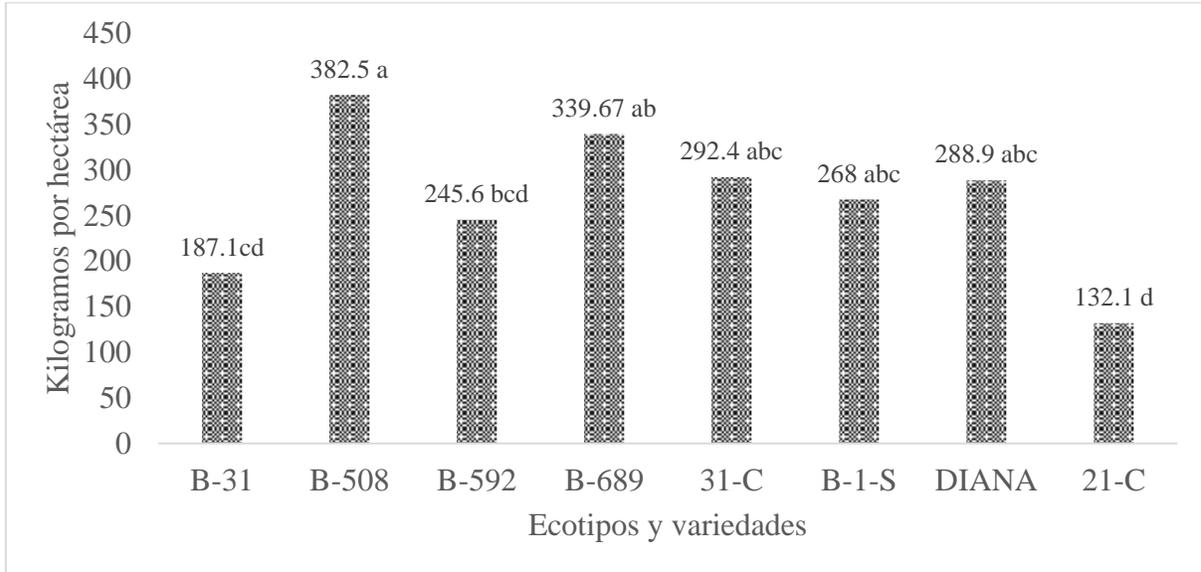


Figura 1. Medias de producción de semilla de ocho ecotipos de pasto banderita evaluados bajo condiciones de temporal del 2021 en el Campo Experimental Zacatecas.

CONCLUSIONES

En el análisis de correlación se observaron asociaciones positivas entre altura de planta con producción de semilla y forraje, también entre producción de semilla y forraje. Por lo tanto, los materiales con mayor altura tienden acumular mayor biomasa. En la producción de semilla los ecotipos B-508, B-689, 31-C y B-1-S reportaron rendimientos similares a la variedad Diana. Es conveniente continuar con la evaluación de estos materiales en más ciclos o años y determinar la calidad de semilla.

LITERATURA CITADA

Gutiérrez, L. R., García, G. M. y Amador M. D. R. (2004). Estado Actual de los pastizales de la zona central del estado de Zacatecas. En: IV Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas. Delicias, Chih. pp 130-37

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2005). Carta de uso del suelo y vegetación. Serie iii. México

- Plan Maestro de la alianza regional para la conservación de los pastizales del Desierto Chihuahuense (PMARP, 2012). En: https://birdconservancy.org/wp-content/uploads/2016/10/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf. Consultado 30 septiembre 2021
- Rubio-Aguirre, F.A., Villanueva-Avalos, J.F., Sánchez-Gutiérrez, R.A. (2016). Comportamiento morfológico y productivo de “Colectas base” de gramíneas nativas e introducidas del altiplano de Zacatecas. Publicación especial. Núm. 22. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. Zacatecas
- Medina, G. G., Salinas, G. H., y Rubio, A. F. (2001). Potencial Productivo de Especies Forrajeras en el Estado de Zacatecas. Libro Técnico 1. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC. INIFAP

EFICIENCIA FOTOSINTÉTICA DEL PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) Y SU RELACIÓN CON VARIABLES CLIMÁTICAS

PHOTOSYNTHETIC EFFICIENCY OF SIDEOATS GRAMA (*Bouteloua curtipendula*) AND ITS RELATIONSHIP WITH CLIMATE VARIABLES

Cindy Y. Molina-Salazar¹, Carlos R. Morales-Nieto^{1*}, Alan Álvarez-Holguín¹, Raúl Corrales-Lerma¹, Eduardo Santellano-Estrada¹, Jesús A. Prieto-Ampan¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada Km.1 Chihuahua Chih., México. CP 31453. ^{1*}Autor para correspondencia. cnieto@uach.mx

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la eficiencia fotosintética en condiciones de invernadero de diferentes poblaciones de pasto banderita del estado de Chihuahua. El estudio se llevó a cabo en la Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH. La obtención de los datos se obtuvo a través de un datalogger CR200. La radiación fotosintéticamente activa resulto en una media de 226.11 y la radiación neta fue de 98. La EF se midió en 51 poblaciones de pasto banderita recolectados en el año 2016 en ranchos ganaderos de Chihuahua y, además, se utilizaron cuatro variedades comerciales: Niner, El Reno, Vaughn y Diana. El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por población y variedad. La siembra se realizó en macetas y el riego se fue cada cuatro días con una lámina de 20 mm (360 ml). A los 95 días después de la siembra se midió la EF, seleccionando al azar tres hojas (parte alta, media y baja) con el dispositivo Mini-PAM-II/R. Se obtuvieron mediciones del rendimiento potencial (Fv/Fm) del Fotosistema II a medio día con una radiación alta y por la noche cuando la planta se encontraba en total reposo. Estos datos se analizaron con un modelo de regresión lineal, correlacionados con 24 variables climáticas de los sitios de origen de las 56 poblaciones. Las variables que mostraron mejores coeficientes de determinación (R^2) fueron Índice de aridez y Elevación. Al correlacionar estas dos variables se encontró una tendencia lineal positiva en la YNPQ presentando rangos desde 0.05 hasta 0.81 y un R^2 de 0.19 con índices de aridez de 2000 a 2400. Sin embargo, YNO muestra una tendencia lineal inversa a YNPQ con rangos desde 0.44 hasta 0.10 con una R^2 de 0.25 con el mismo IA. De acuerdo con la relación entre la eficiencia fotosintética y las variables climáticas analizadas, se asume que el pasto banderita no cuenta con adaptaciones particulares para la eficiencia del uso de energía.

Palabras clave: eficiencia fotosintética, aridez, adaptación, disipación de calor.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the photosynthetic efficiency (PE) under greenhouse conditions of different populations of sideoats grass in the state of Chihuahua. The study was

carried out at the Faculty of Zootechnics and Ecology-UACH. Data collection was obtained through a CR200 datalogger. The photosynthetically active radiation resulted in an average of 226.11 and the net radiation was 98. The PE was measured in 51 populations of sideoats grass collected in 2016 on cattle ranches in Chihuahua and, in addition, four commercial varieties were used: Niner, El Reno, Vaughn and Diana. The experiment was carried out using a completely randomized block design with four replications per population and variety. Planting was done in pots and irrigation was every four days with a 20 mm (360 ml) sheet. Ninety-five days after sowing, PE was measured by randomly selecting three leaves (top, middle and bottom) with the Mini-PAM-II/R device. Measurements of the potential yield (F_v/F_m) of Photosystem II were obtained at noon with high radiation and at night when the plant was completely dormant. These data were analyzed with a linear regression model, correlated with 24 climatic variables from the places of origin of the 56 populations. The variables that showed the best determination coefficients (R^2) were Aridity Index and Elevation. When correlating these two variables, a positive linear trend was found in the YNPQ, presenting ranges from 0.05 to 0.08 and an R^2 of 0.19 with Aridity Indices from 2000 to 2400. However, unregulated heat dissipation (YNO) shows an inverse linear trend to regulated heat dissipation (YNPQ) with ranges from 0.44 to 0.10 with an R^2 of 0.25 with the same AI. According to the relationship between photosynthetic efficiency and the climatic variables analyzed, it is assumed that the sideoats grama grass does not have particular adaptations for the efficiency of energy use.

Keywords: photosynthetic efficiency, aridity, adaptation, heat dissipation.

INTRODUCCIÓN

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una gramínea nativa que se distribuye en el estado de Chihuahua (Martínez, 2020). Esta especie es utilizada en ampliamente para la rehabilitación de pastizales dada su calidad nutricional, además de contar con características que le permiten tener capacidad de adaptación a diferentes condiciones climáticas (Morales, 2016; Álvarez-Holguín *et al.*, 2021). En esta especie se encontró diversidad en las diferentes regiones agroecológicas de Chihuahua. Además, la poca disponibilidad de agua, altas temperaturas y radiación solar que prevalece en las zonas áridas, provoca déficit en el crecimiento de plantas, producción de biomasa y eficiencia fotosintética (EF) (Sánchez, 2018; Luna *et al.*, 2021).

La radiación disponible influye en procesos fenológicos, morfológicos y metabólicos de las plantas, así como en la asimilación de agua y nutrientes del suelo. La deficiencia fotosintética provoca disminución en las reservas de carbohidratos, influyendo en el desarrollo de las plantas, reduciendo su área foliar e incrementando su grosor para evitar la pérdida de agua y energía, y así, asegurar la supervivencia del individuo (Percival *et al.*, 2011). La medición de la EF permite conocer el desempeño y el nivel de plasticidad que tiene la planta para su adaptación al ambiente en el que se desarrolla (De la Cruz, 2016). Al respecto, existe poca información en especies de gramíneas nativas de zonas áridas que relacionen su eficiencia

fotosintética con características de adaptación al medio ambiente. Por lo anterior, se planteó la presente investigación cuyo objetivo fue evaluar la eficiencia fotosintética en condiciones de invernadero de diferentes poblaciones de pasto banderita del estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de invernadero. Se realizó el monitoreo de variables ambientales de temperatura (T) y humedad relativa (HR) con una sonda (HMP60, Vaisala, Logan, UT, USA). Para la medición de la radiación neta (RN) se utilizó un piranómetro (Li-2x, UT, USA) y para la radiación fotosintéticamente activa (RFA) se utilizó un Sensor Quantum CS310. La obtención de los datos (T, HR, RN y RFA) se obtuvo a través de un datalogger CR200 (Campbell Scientific Ing, Logan, UT). El sistema de monitoreo se configuró mediante un código desarrollado en la plataforma CRBASIC que provee el programa Loggernet (Ver.4.2.1, Campbell Scientific Ing, Logan, UT). Los registros de las variables ambientales fueron escaneados por los sensores cada minuto y sus valores promediados en intervalos de una hora. La temperatura media durante el experimento fue de 21.2 ± 6.2 °C, mientras que la humedad relativa mínima, máxima y promedio fue de 80.42, 17.33 y 53.46 % respectivamente. La radiación fotosintéticamente activa resultó en una media de 226.11, mientras que la radiación neta fue de 98.

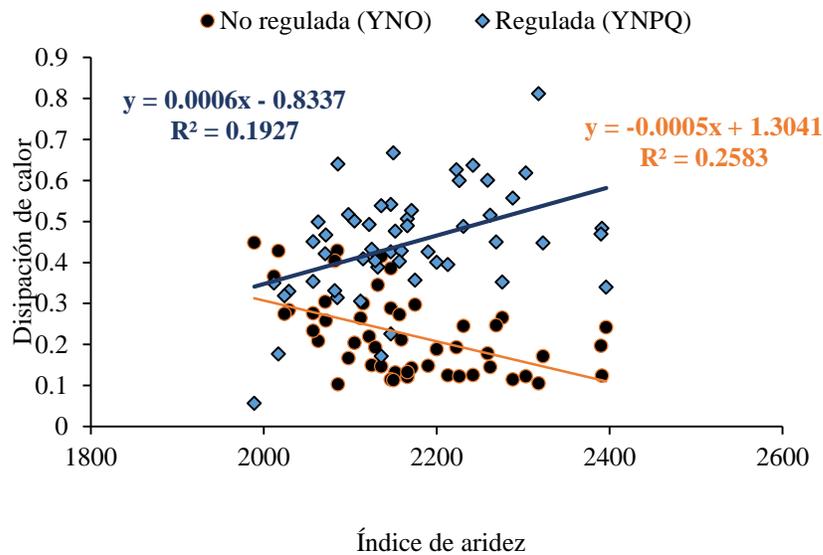
La EF se midió en 51 poblaciones de pasto banderita recolectados en el año 2016 en ranchos ganaderos de 29 municipios del estado de Chihuahua. Además, se utilizaron cuatro variedades comerciales de esta especie: Niner, El Reno, Vaughn, Diana. El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones por población y variedad. La siembra se realizó en macetas de polietileno de 26 cm de altura por 18 cm de diámetro. En cada maceta se sembraron aproximadamente 30 semillas que fueron colectadas en las 51 poblaciones de Chihuahua. El riego se realizó cada 4 días con una lámina de 20 mm (360 ml). A los 95 días después de la siembra se midió la EF de cada población y variedad, seleccionando al azar tres hojas (parte alta, media y baja) con el dispositivo Mini-PAM-II/R. Las variables evaluadas fueron eficiencia del Fotosistema II, tasa de transferencia de electrones, disipación de calor regulada (YNPQ) y disipación de calor no regulada (YNO). Estos datos se analizaron con un modelo de regresión lineal, correlacionados con 24 variables climáticas de los sitios de origen (WorldClim) de las 56 poblaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

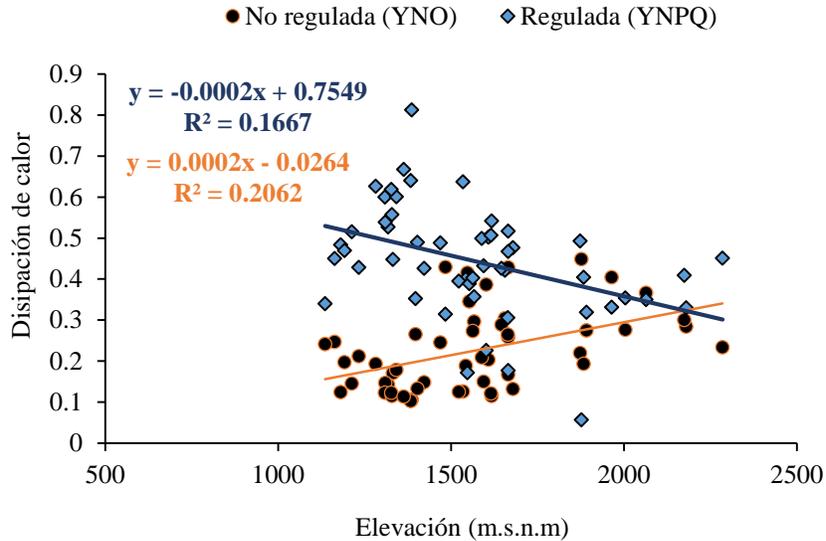
No se encontró relación entre las variables climáticas y la eficiencia del Fotosistema II y la tasa de transferencia de electrones. Sin embargo, se encontró relación entre la disipación de calor tanto regulada (YNPQ), como no regulada (YNO). Las variables que mostraron mejores coeficientes de determinación (R^2) fueron Índice de aridez (IA) y Elevación (E). Al correlacionar el IA con la disipación de calor se encontró una tendencia lineal positiva en la

YNPQ, presentando rangos desde 0.05 hasta 0.81 y un R^2 de 0.19 con Índices de Aridez de 2000 a 2400. Sin embargo, YNO muestra una tendencia lineal inversa a YNPQ con rangos desde 0.44 hasta 0.10 con una R^2 de 0.25 con el mismo IA (Grafica 1). Dado a que este índice se calcula usando datos de temperatura y precipitación, se puede deducir que las altas temperaturas y la poca disponibilidad de agua en el sitio de origen de las poblaciones, tienen alta influencia sobre la adaptación de las plantas a resistir condiciones climáticas extremas. Los municipios con poblaciones de mayor adaptabilidad fueron Ojinaga, Janos y Jiménez, municipios localizados en la zona desértica del Estado.

La Grafica 2 muestra una tendencia lineal inversa donde la YNPQ disminuye conforme la E se incrementa, presentando un R^2 de 0.16, mientras que YNO muestra una tendencia lineal positiva al aumentar la E con un R^2 de 0.20. Por lo anterior, se infiere que las poblaciones que fueron recolectadas en un rango de elevación entre 1200 a 1400 msnm (municipios de Ojinaga, Coyame, Janos y Villa Ahumada), pueden tener mayor capacidad de adaptación a condiciones de estrés por radiación, alcanzando valores de 0.81 en disipación de calor, asumiendo que las características propias de este gradiente altitudinal son las lluvias esporádicas y la exposición continua a una gran cantidad de radiación. A un rango de 1400 a 1800 msnm (Chihuahua, Buenaventura, Namiquipa) se encontró que las poblaciones presentan mayor disipación de calor YNPQ con valores de 0.39 a 0.63, mientras que la YNO va de 0.11 a 0.42. Sin embargo, las poblaciones provenientes de rangos de elevación de entre 1800 a 2300 msnm (Bachiniva, Bocoyna, Belleza y Cuauhtémoc), presentaron una disipación de calor equilibrada entre la YNPQ e YNO con una media de 0.3.



Grafica 1. Relación entre Índice de aridez y disipación de calor por clasificación regulada (YNPQ) y no regulada (YNO) de 51 poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) del estado de Chihuahua.



Grafica 2. Relación entre elevación y disipación de calor por clasificación regulada (YNPQ) y no regulada (YNO) de 51 poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) del estado de Chihuahua.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la relación entre la eficiencia fotosintética y las variables climáticas analizadas, se asume que el pasto banderita no cuenta con adaptaciones particulares para la eficiencia del uso de energía. Se encontró relación entre la disipación de calor tanto regulada, como no regulada, debido tal vez a que esta especie ha desarrollado mecanismos de protección para inhibir los daños por exceso de energía, dependiendo por supuesto de la manera y cantidad en la que se cumpla el rechazo de la radiación, contando así con una capacidad de sobrevivencia entre poblaciones de acuerdo a su gradiente altitudinal.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Holguín, A., C. R. Morales-Nieto, R. Corrales-Lerma, J. A. Prieto-Amparán, F. Villareal-Guerrero, R. A. Sánchez-Gutiérrez. 2021. Genetic structure and temporal environmental niche dynamics of sideoats grama [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] population in Mexico. PLoS ONE 16(7): e0254566.
- De la Cruz-Carbajal, H. J. 2016. Variaciones ecofisiológicas de la planta endémica anual *Cistanthe paniculata* asociadas al gradiente de humedad en la reserva nacional de Lachay (Lima-Perú). Disertación de licenciatura. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Facultad de Ciencias y Filosofía.
- Luna-Flores, W., H. Estrada-Medina, J. J. M. Jiménez-Osornio, and L. L. Pinzón-López. 2021. Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Terra Latinoamericana. 30:343-353.
- Martínez, S. J. A., N. Duran-Puga, J. A. Ruíz-Corral, D. R. González-Eguiarte, S. Mena-Munguia. 2020. Áreas con aptitud ambiental para [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México por efecto del cambio climático. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2:49-62.

- Morales, N. C. R., C. Avendaño-Arrazate, A. Melgoza-Castillo, K. Gil-Vega, A. Quero-Carrillo, P. Jurado-Guerra, M. Martínez-Salvador. 2016. Caracterización morfológica y molecular de poblaciones de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en Chihuahua, México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 7:465-469.
- Percival, G. C., Barrow, I., Noviss, K., Keary, I., & Pennington, P. 2011. The impact of horse chestnut leaf miner (*Cameraria ohridella* Deschka and Dimic; HCLM) on vitality, growth and reproduction of *Aesculus hippocastanum* L. *Urban Forestry & Urban Greening.* 10:11-17.
- Sánchez, C. 2018. Estudios fisiológicos y genéticos de la interacción ABA/SA en respuesta a estrés hídrico en *Panicum virgatum* L. Tesis de maestría. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Pampa.

EVALUACION DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DEL KIRI (*Paulownia tomentosa*) EN LOS LLANOS DE OJUELOS COMO RECURSO FORESTAL ALTERNATIVO

PRODUCTIVE POTENTIAL OF KIRI (*Paulownia tomentosa*) IN THE LLANOS DE OJUELOS AS AN ALTERNATIVE FOREST RESOURCE

Yulissa Anahí Segundo Merlos^{1,2}, Víctor Hugo López Vázquez¹, Teresa Alfaro Reyna¹,
Josué Delgado Balbuena¹, Carlos Alberto Aguirre Gutierrez¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar del INIFAP, Ojuelos de Jalisco,
Jalisco, México, C. P. 47540

²Tecnológico de Estudios Superiores de Valle de Bravo, Km. 30, Carretera Federal Monumento Valle de
Bravo, San Antonio de la Laguna, 51200 Valle de Bravo, México.

[*alfaro.teresa@inifap.gob](mailto:alfaro.teresa@inifap.gob)

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue la evaluación del potencial productivo de la especie *Paulownia tomentosa* (Kiri) en la región semiárida de los Llanos de Ojuelos. Mediante la elaboración de un modelo de aptitud territorial a partir de variables bioclimáticas y de suelo, se determinó la localización de aquellas zonas potencialmente más aptas para introducir esta especie introducida en un ecosistema semiárido y proveer de sus beneficios a la región ubicada en los Llanos de Ojuelos, Jalisco. Los resultados obtenidos muestran que la especie *Paulownia tomentosa* tienen un potencial productivo medio en más del 50% del territorio para su introducción a la región.

Palabras clave: *Paulownia tomentosa*, aptitud, uso de suelo.

ABSTRACT

The objective of this study is to evaluate the productive potential of *Paulownia tomentosa* (Kiri) in a semiarid region of the Llanos de Ojuelos. Through the elaboration of a model of territorial aptitude from bioclimatic and soil variables, the location of those potentially most suitable areas to introduce this species in a semi-arid ecosystem and provide its benefits to the region located in the Llanos de Ojuelos was determined. The results obtained show that the species *Paulownia tomentosa* has a medium productive potential in more than 50% of the territory for its introduction to the region.

Keywords: *Paulownia tomentosa*, suitability, land use.

INTRODUCCIÓN

Zonificar un terreno forestal nos permite propiciar una mejor administración de los recursos y contribuir al desarrollo forestal sustentable. Por lo tanto, para llevar a cabo la introducción

de una especie, es fundamental tener en cuenta las distintas variables biofísicas de la zona donde se implementará su introducción y realizar un contraste con los requerimientos ecológicos de la especie para determinar las áreas potenciales de introducción. El Kiri, se promociona como una especie que contribuye a la reducción del cambio climático por ser una especie de rápido crecimiento y alta tasa de captura de CO₂. Plantaciones forestales de ciclo corto con especies de rápido crecimiento ofrecen ventajas como que permiten ser cosechados anualmente mientras continúan creciendo año con año, proveyendo de biomasa para múltiples usos (combustible, madera, forraje). Por otra parte, varias especies del género *Paulownia* se han promocionado como especies útiles en la restauración de sitios degradados de zonas áridas por sus menores requerimientos de agua, así como su adaptabilidad a múltiples condiciones climáticas y de suelo (García-Morote et al., 2014). Sin embargo, se encuentran pocos reportes científicos de plantaciones de kiri como proveedor de recursos forestales; y al contrario, se le reporta principalmente como una especie potencialmente invasora.

Los Llanos de Ojuelos es una zona principalmente dedicada a la ganadería extensiva y al cultivo de temporal de frijol, maíz, cebada y avena, principalmente. Es una zona semiárida con condiciones climáticas extremas y una precipitación de máximo 500 ml anuales, por lo que se propone evaluar el potencial productivo del Kiri (*Paulownia tomentosa*) en los Llanos de Ojuelos como una alternativa de recurso forestal para la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se realizó en los Llanos de Ojuelos, Jalisco, que corresponde a la región árida y semiárida del Altiplano Central mexicano. Con un clima templado seco y una precipitación anual de 450 mm y una temperatura media de 17.5° C. El territorio cubre una superficie de 1,1827 km² y los suelos más comunes son Xerosol adicionado al Feozem háplico con una clase textural media en terrenos planos localizados en la parte noroeste. Hacia el suroeste, Litosol eútrico mezclado con Feozem háplico con textura media fina. La mayor parte del suelo tiene un uso agrícola. El clima que predomina en los llanos es el semiárido-templado con lluvias en verano.

Datos

Para contrastar las características biofísicas de la zona semiárida de los llanos de ojuelos con las aptitudes de *Paulownia tomentosa*, se utilizaron los requerimientos ecológicos del Kiri, y las capas de temperatura, precipitación, altitud, clima, edafología, uso de suelo y vegetación (CONABIO, 2022). Con esta información se procedió a realizar una clasificación de cada capa, según el requerimiento del Kiri y la aptitud del área susceptible de introducción, se clasifico en apta, aptitud media y aptitud alta. Posteriormente se realizó una reclasificación en función de los puntajes de cada capa y requerimiento para obtener los valores totales por

pixeles, y diferenciar las áreas potenciales según la aptitud. Para realizar estos procedimientos se utilizó el programa ArcMap 10.2.

Requerimientos ecológicos del Kiri (*Paulownia tomentosa*)

Clima	Templado a cálido
Tipo de suelo	Desde arenosos a arcillosos. No son adecuados los suelos con alta pedregosidad, rocosos y los compactados, profundidad efectiva mínima: mayor a 60 cm y los mejores crecimientos se obtienen en suelos profundos mayores o iguales a 1 m), porosidad total superior a 50% en superficie y bien drenados, con el nivel freático por debajo de 1,5 metros, pH: rango de 5,0-7,0
Temperatura	Mínima: -10 a 55°C, temperatura ideal: 32°C y máxima absoluta 40 °C
Precipitación:	Distribución natural: 500 y 2.500 mm
Altitud:	2000 msnm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto al uso de suelo y vegetación de los Llanos de Ojuelos, presentan aptitudes altas en un 50% de la superficie. El clima es uno de los principales factores a considerar y respecto a esta variable el 90% de la superficie tiene una aptitud alta; en cambio, en lo que respecta a la altitud, el 82% del terreno no es apto. Por otra parte, por el tipo de suelo un 75% muestra una aptitud alta y por el rango de precipitación y la temperatura el 100% de la región es apta para el establecimiento del Kiri. La evaluación conjunta de las variables muestra que el 90% de la superficie de los Llanos de Ojuelos tiene potencial medio para el establecimiento de *P. tomentosa*, y el resto del área es no apta (Figura 1).

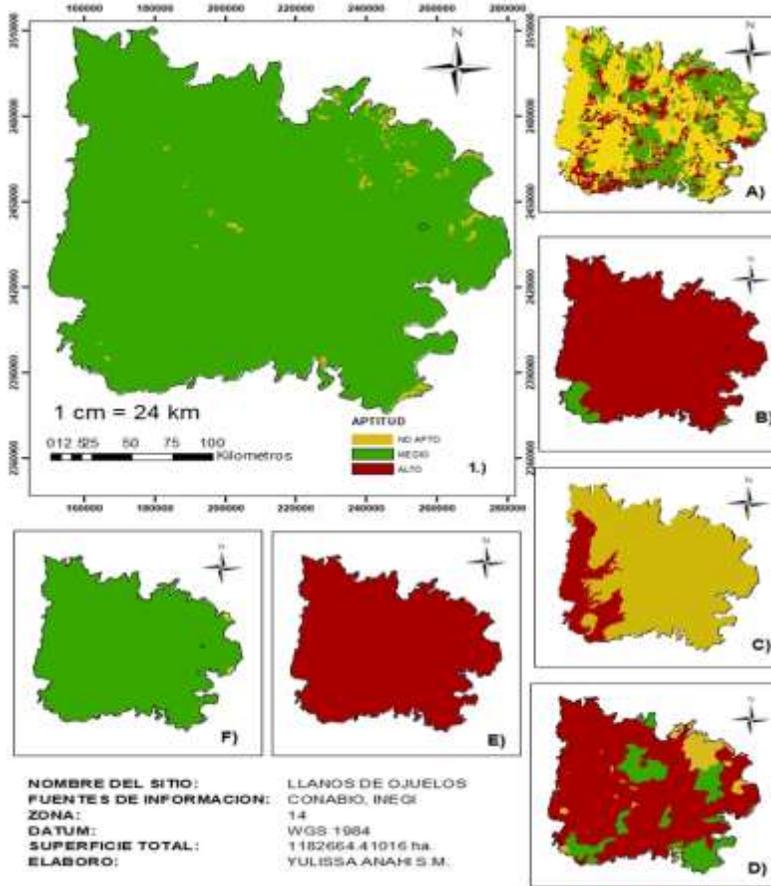


Figura 1. Potencial productivo de *Paulownia tomentosa* en los Llanos de Ojuelos, Jalisco. Las áreas de color amarillo son zonas no aptas para la especie, el color verde son zonas con aptitud media y el color rosa zonas con un grado de aptitud alto (A) Uso de suelo y vegetación, (B) Clima, (C) Altitud, (D) Suelo, (E) Temperatura, (F) Precipitación).

De acuerdo con el modelo, la variable más limitante es la altitud, ya que la altitud máxima en la que se distribuye esta especie es a los 1800 msnm. Aunque los Llanos de Ojuelos muestran un potencial medio para el desarrollo y establecimiento de la especie, en la literatura se reporta a esta especie con rendimientos promedios mayores en la captura de CO₂ comparados con otras especies de rápido crecimiento (Jakubowski, 2022). No obstante, múltiples reportes ubican al Kiri como una especie potencialmente invasora (Akubowski, 2022, Jong-Won et al. 2022, Todorović, 2010). Por lo tanto, se deberían buscar alternativas de especies locales para cumplir esta función.

Por lo tanto, aunque *P. tomentosa* sea considerado una buena alternativa para restaurar suelos degradados, capturar carbono y proveer madera y combustible, se debería hacer un estudio a profundidad del daño ecológico que podría causar la introducción de esta especie en

ecosistemas altamente vulnerables como son las zonas áridas y semiáridas del centro de México.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados, *Paulownia tomentosa* tienen un potencial productivo medio en los Llanos de Ojuelos, siendo la altitud la principal variable que limita su establecimiento en la región. Es de suma importancia realizar estudios de potencial productivo si se desea realizar una plantación o introducción de una especie en un lugar determinado para ubicarla en un sitio apto para su eficiente crecimiento y productividad.

LITERATURA CITADA

- Chongpinitchai, A. R., & Williams, R. A. (2021). The response of the invasive princess tree (*Paulownia tomentosa*) to wildland fire and other disturbances in an Appalachian hardwood forest. *Global Ecology and Conservation*, 29, e01734.
- García-Morote, F. A., López-Serrano, F. R., Martínez-García, E., Andrés-Abellán, M., Dadi, T., Candel, D., Rubio, E., and Lucas-Borja, M. E. (2014) Stem Biomass Production of *Paulownia elongata* × *P. fortunei* under Low Irrigation in a Semi-Arid Environment. *Forests* **2014**, 5(10), 2505-2520
- Jakubowski, M. (2022). Cultivation Potential and Uses of Paulownia Wood: A Review. *Forests*, 13(5), 668.
- Kuppinger, D. M., Jenkins, M. A., & White, P. S. (2010). Predicting the post-fire establishment and persistence of an invasive tree species across a complex landscape. *Biological Invasions*, 12(10), 3473-3484.
- Sheikh, H., Aliarab, A., & Sadati, S. E. (2022). Effect of light intensity on seed germination, survival and growth of one year old seedlings of paulownia fortunei (Seem.) Hemsl. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 29(1), 107-123.
- Todorović, S., Božić, D., Simonović, A., Filipović, B., DRAGIĆEVIĆ, M., Giba, Z., & Grubišić, D. (2010). Interaction of fire-related cues in seed germination of the potentially invasive species *Paulownia tomentosa* Steud. *Plant Species Biology*, 25(3), 193-202.

RECURSOS GENÉTICOS DE *Setaria macrostachya* BAJO SEQUÍA

GENETIC RESOURCES OF *Setaria macrostachya* UNDER DROUGHT

María de J. Carrillo-Ll. ¹, Adrián R. Quero C ¹, Cándido López C ¹, Leonor Miranda J ¹,

Martha Hernández R, Santiago Garduño V ². ¹ Javier M. Luna G.

¹ Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. ² U Autónoma Chapingo

RESUMEN

Se evaluaron 12 ecotipos de pasto Tempranero en invernadero. Se desarrollaron plantas individuales en maceta de PVC de 0.90m x 10cm de diámetro, colocadas dentro de bolsa plástica de diámetro similar, conteniendo suelo franco arenoso y fertilización única (80-40-00) a 243dds. Se establecieron tres macetas (repeticiones) por ecotipo y tratamiento: riego (T_R) o sequía (T_S), bajo diseño completamente al azar y Tukey ($P < 0.05$) para separar medias. Plantas en T_R y T_S se desarrollaron bajo humedad óptima hasta iniciar T_S , al corte de homogenización. A 88 días de sequía se aplicó riego. Las plantas en T_S estuvieron por 36 días en PMP. Se evaluó rendimiento de MS al primer y segundo corte (407 y 454dds; RMS_1 y RMS_2) y RMS_T total; RMS de hoja total (PSH_T), RMSH primer corte ($RMSH_1$), segundo corte ($RMSH_2$); eficiencia de uso de agua al primer corte (EUA_1); EUA considerando raíz (EUA_T) y peso de raíz (PSR). Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) para variables evaluadas. Para T_S , los materiales desarrollaron mayor MSR ($P < 0.05$) respecto a ecotipos bajo T_R . El E-92 mostró valores destacados en 83% de las variables destacadas y en 67% del total de variables evaluadas. El segundo mejor ecotipo E-28 resulta destacado en 50% de las variables destacadas y en 33% del total de variables. El E-28 mostró el mejor comportamiento bajo T_R y destacó en condiciones de T_S ; lo anterior, lo hace el ecotipo de mejor balance y adaptación a condiciones extremas de sequía y buena humedad. Existe diversidad de fisiotipos para sequía.

ABSTRACT

Twelve *Setaria macrostachya* ecotypes were evaluated under greenhouse conditions. Individual plants were placed within PVC plots with 0.9m x 10cm diameter containing a plastic bags with similar dimensions, and filled with composted sandy-loam soil with the application of fertilisation during the experiment (80-40-00) once, 243 days after sowing (dds). Pots were arranged under a completely randomized design and Tukey ($P < 0.05$) for means separation. Three pots (replicates) per ecotype and treatment: irrigated (T_R) and drought conditions (T_S) were evaluated. Plants were irrigated until plant clipping and T_S started; following 88 days of drought, recovering irrigation was applied and plants were preserved under good water availability until end of the experiment. Dry matter (MS) production for each of two forage cuttings (407 and 454dds, respectively) were evaluated, the second evaluation included root's MS, marking the end of the assay. Data included foliar MS (MSH_1 ; MSH_2 y MSH_T), root's MS (MSR), water use efficiency (EUA_1); total EUA_T

including aerial MS₁ plus MSR. Significant differences (P<0.05) were found for evaluated variables. For T_S, ecotypes showed higher MSR regarding T_R (P<0.05). Consistency of ecotypes (E) ranking among the best Q₂₅ is reported. Under irrigation, E92 showed 83% on important variables (six) and 67% of total variables (nine), and followed by E28 with 50% of valuable variables and 33% of total variables. Under drought E28 showed the best score together with E112. Ecotype E28 posses the best behavior for both good humidity and drought conditions.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales de zonas áridas de México comprenden 4.9% del país y 65 % de estos presentan degradación, consecuencia de sobrepastoreo y apertura al cultivo (SEMARNAT, 2016; Jurado-Guerra *et al.*, 2021). El sobrepastoreo sempiterno causa severos cambios en la vegetación, reduciendo densidad y cobertura de gramíneas y disminuyendo producción primaria (Ibarra *et al.*, 2018). A pesar del deterioro, los pastizales contienen amplia diversidad de recursos genéticos de gramíneas (Poaceae), que pueden utilizarse para su recuperación (Quero *et al.*, 2017). La resiembra de praderas riesgosa y costosa, debido a precipitaciones erráticas, alto costo de preparación agrícola y adquisición de semilla, es opción para mejora de pastizales (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). Los pastizales de México se constituían de gramíneas nativas como navajita *Bouteloua gracilis*, banderita *B. curtipendula*, navajita velluda *B. hirsuta*, liebrero *B. rothrockii*, navajita púrpura *B. radicata*, sabanilla *B. repens*, navajita negra *B. eriopoda*, navajita morada *B. chondrosioides*, escorpión *B. scorpioides*, tres barbas *Aristida adscencionis*, tres barbas abierto *A. divaricata*, tres barbas *A. ternipes*, búfalo *B. dactyloides*; mientras que en los pastizales áridos o halófitos, los más comunes incluían toboso *Pleuraphis mutica*, zacatón alcalino *Sporobolus airoides* y salado *Distichlis spicata*; Rzedowski, 2006). *Setaria machrostachya* HBK, Tempranero, incluye plantas de hoja de buena calidad de forraje, resistencia a sequía por presencia de cera y tricomas. Inicia rebrote a menor temperatura, aprovechando lluvias invernales, menos frecuentes cada vez, *i.e.* rebrota durante enero a marzo, aprovecha la humedad en suelos con buen contenido de materia orgánica (en franca reducción en Mexico). Es componente del pastizal multiespecífico; por tanto, no existen trabajos sobre su potencial productivo individual. Es importante realizar estudios de diversidad vegetal mediante descriptores de morfología, resultando en morfotipos selectos, estudios de citología (ploidia y tipo reproductivo) y, en muestra elite, estudios agronómicos: (definiendo fisiotipos; Quero-Carrillo *et al.*, 2012; Quero *et al.*, 2022). Tempranero se encuentra bajo seria erosión genética y pierde alelos valiosos de forma silente, (Quero *et al.*, 2017). Por otra parte, el ritmo de perdida de pastizal es cercano a 6 % anual (De la Maza *et al.*, 2018). El ganado reduce la capacidad del pastizal por compactación de suelo, la infiltración y capacidad de almacenamiento de agua, aumentando su vulnerabilidad ante la desertificación (Robertson, 1996).

MATERIALES Y MÉTODOS

Bajo condiciones de invernadero, en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo (19° 21' N, 98° 55' W y 2240 msnm), clima templado subhúmedo y temperatura (t°) media anual de 15 °C (García, 1987), se evaluaron 12 ecotipos de Tempranero (colectados en México). Cariópsides obtenidos manualmente se sembraron en charolas-almácigo plásticas con suelo composteado y sembrados el 28 de agosto, 2020 (día 0), se trasplantaron a tubete plástico (70cm³ de volumen; 30 días post-siembra, dds) y, posteriormente, a tubos PVC (maceta) de 0.90m y 10cm de diámetro (a 213 dds) conteniendo una planta, en bolsa de polietileno de 1.1 m de alto y 10cm de diámetro, llena con suelo secado al sol y tamizado (malla 0.5mm). El suelo tuvo 79% de arena, 12% limo y 9% arcilla (franco arenoso), con 0.89 Tm⁻³ de densidad aparente, 50 % capacidad de campo (CC) y 43 % de punto de marchitez permanente (PMP). Se fertilizó a 243 dds (80-40-00). Tres macetas (repeticiones) se establecieron por genotipo para riego (TR) o sequía (TS) y con 12 ecotipos. Bajo TR, la humedad se mantuvo cercana a CC durante el experimento y, para TS, las plantas se sometieron a 88 días sin riego (de 295-383 dds). Al iniciar sequía (295 dds) se realizó corte de uniformización a ambos tratamientos (5cm del suelo). Al día 89 post inicio de sequía (383 dds), se aplicó riego y se mantuvo la humedad en rango asimilable, hasta el muestreo destructivo de raíces (454 dds). Se realizaron dos cortes de forraje, el primero 24 días, el segundo, 58 días post-riego de recuperación (407 y 441 dds, respectivamente). Cada semana se pesaron las macetas de TR y TS, se utilizó el método gravimétrico con balanza BVINS-40 modelo VINS-40 (10 kg ±5g), agregando el agua evapotranspirada al TR y, para TS, se registró únicamente peso. Se podaron plantas (5cm de altura) para TR y TS. Se contaron tallos vegetativos, reproductivos y se separaron por componente: hoja, tallo, inflorescencia, vaina, material muerto y residual, y se secaron en estufa de aire forzado (Luzeren, modelo DHG9030A) a 70°C durante 48h para determinar MS, en báscula de precisión Sartorius Talent Series Analyticals (210g ± 0.1). El segundo corte de forraje se realizó a 441 dds (38 días post-primer corte) con igual metodología. Se midió longitud de raíz visible más larga. Se obtuvo la MS de raíz (MSR) y MS corona (MSC). Variables evaluadas. Rendimiento de MS al primer corte y segundo corte (RMS₁ y RMS₂; kgMS ha⁻¹) y RMS_T total (kg MS ha⁻¹) al sumar cortes. Eficiencia de uso de agua RMS₁ (EUA₁; litros kgMS⁻¹), al dividir el agua evapotranspirada para TS entre el RMS₁. EUA₁ = Evapotranspiración / RMS₁. Eficiencia en uso de agua total (EUA_T; litros kgMS⁻¹), al dividir agua evapotranspirada para TR y TS, desde que inicio la sequía hasta el primer corte; esto es, la suma de RMS₁, PSC y PSR; EUA_T = Evapotranspiración / (RMS₁ + PSC + PSR). Peso seco de raíz (PSR; kg MS ha⁻¹), la suma en peso seco de raíz. Los datos se analizaron con GLM, bajo diseño completamente al azar. $Y_{ijk} = \mu + T_i + E_j + T^*E_{ij} + e_{ijk}$; donde, Y_{ijk} = valor de variable de respuesta; μ , media general; T_i , tratamientos de humedad en suelo; E_j , ecotipos; T^*E_{ij} , interacción entre TR y TS vs. ecotipos; e_{ijk} , error experimental. Las medias de tratamientos y ecotipos se compararon por Tukey (p<0.05). Se registró, en invernadero, la t° mínima y máxima (Datalogger HOBO, UX100-003), a intervalos de 30 min y 1.8 m sobre el piso. La t° máxima y mínima promedio fue 41.2 y 13.0 °C, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para T_R , el RMS_T fue mayor en 70 kg MS ha^{-1} respecto a T_S ($P < 0.05$); sin embargo, al primer corte el T_S , redujo el RMS_1 en 17 % y el PSH_1 en 5 %, respecto al promedio de T_R ; por el contrario, al corte dos, T_S mostró mayor RMS_2 respecto a T_R en 31 % ($P < 0.05$) y PSH_2 fue menor T_S (11 %) respecto a T_R ($P < 0.05$). El PSH_T mostró, en T_R , 40 kg (8.3%) más, respecto a T_S ($P < 0.05$; Cuadro 1). El incremento en MST y para segundo corte es característico de pastos nativos de zonas áridas, al evadir la sequía entrando en latencia y manteniendo vivas yemas de rebrote, produciendo mayor número de tallos en cortes subsecuentes post-déficit hídrico. En leguminosas forrajeras como alfalfa se ha documentado en un primer periodo de sequía de 61 días bajo condiciones de invernadero, la reducción en rendimiento de MST , MSH , número de tallos y eficiencia de uso de radiación respecto a riego (Luna-Guerrero *et al.*, 2020). En T_R se observó amplia variabilidad para $RMST$, RMS_1 , RMS_2 , PST , PSH_1 , PSH_2 , EUA_1 , $EUAT$ y PSR entre ecotipos ($P \leq 0.05$; Cuadro 2).

Cuadro 1. Evaluación de rendimiento de materia seca de la parte aérea y radical, y eficiencia en el uso del agua de pasto temprano *Setaria macrostachya* en riego y sequía, bajo condiciones de invernadero, Texcoco, México.

Ecotipos	RMST	RMS ₁	RMS ₂	PSHT	PSH ₁	PSH ₂	EUA ₁	EUAT	PSR
Sequía	2149 ^a	998 ^b	1151 ^a	409 ^b	195 ^b	214 ^b	2376 ^b	465 ^b	2102 ^a
Riego	2079 ^b	1204 ^a	875 ^b	446 ^a	206 ^a	240 ^a	985 ^a	260 ^a	1750 ^b

Medias con distinta literal en cada columna indica diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, $p \leq 0.05$)

En T_R el ecotipo (E) 28 mostró el mayor $PSHT$, con $313 \text{ kg MS ha}^{-1}$ siendo 60 % superior MS respecto al resto de ecotipos; mientras que E92, E202 y E16 mostraron $RMSH$ similar a E28. Así mismo, para el primer y segundo corte, E28 exhibió el mayor PSH en 52 y 60 % (primero y segundo corte, respectivamente) respecto al promedio de ecotipos y los ecotipos que tuvieron $RMSH$, similares a E28, fueron E191 y E268 (primer corte) y E92 (segundo corte). Para EUA_1 , E28 y E191 fueron más eficientes, con valores de 401 y $583 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$ ($P < 0.05$). Para EUA_T , E191 mostró la mayor eficiencia ($119 \text{ dm}^3 \text{ kg}^{-1}$) respecto al resto de ecotipos y E28 mostró eficiencia similar a E191. Para MSR E191 produjo 173 % más kg de MSR respecto al promedio de los ecotipos y E28 tuvo PSR similar a E191. El déficit hídrico del suelo disminuye el crecimiento y rendimiento de las plantas; en T_S se determinaron diferencias significativas entre ecotipos ($p \leq 0.05$) para RMS_T , RMS_1 , RMS_2 , PST , PSH_1 , PSH_2 , EUA_1 , $EUAT$ y PSR . E112 exhibió un RMS_T de $3\ 240 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y fue 51 % mayor respecto al promedio de ecotipos ($2\ 148 \text{ kg MS ha}^{-1}$); sin embargo, para el primer corte presentó menor y similar rendimiento a ecotipos sobresalientes E92 y E202. En el segundo corte E112 mostró el mayor rendimiento, 144 % respecto al resto de ecotipos; mientras que E165 fue similar a E112. Otros ecotipos sobresalientes en el primer corte fueron el E202 y E92; sin embargo, para la cosecha dos presentaron menor rendimiento en 34 y 30 %, respectivamente. Los ecotipos con rendimiento similar a los sobresalientes fueron E165 para RMS_T y E28, E165, E48, E98, E112, E199, E16 y E22 en RMS_1 (Cuadro 2). Para RS el

RMSH_T E112 mostró la mayor cantidad de hojas, 30 % más que la media de los ecotipos; sin embargo, no fue sobresaliente al primer corte y para el segundo corte fue el más productivo con 278 kg MS de hoja ha⁻¹ con incremento de 152 % respecto al primer corte. De igual forma, el ecotipo E202 mostró el mayor PSH_T (523 kg MS ha⁻¹) con 28 % mayor cantidad de hoja respecto a la media de ecotipos; en cambio, al primer corte mostró peso similar de hoja con E92 y no sobresaliente al segundo corte.

Cuadro 2. Producción de forraje sus componentes y eficiencia de uso de agua para 12 ecotipos de *Setaria machrostachya* bajo condiciones de riego y sequía en invernadero, con 88 días de sequía.

Ec.	RMS _T	Ec.	RMS ₁	Ec.	RMS ₂	Ec.	PSH _T	Ec.	PSH ₁	Ec.	PSH ₂	Ec.	EUA ₁	Ec.	EUA _T	Ec.	PSR
Condiciones de riego																	
28	2990 ^a	202	1738 ^a	28	1310 ^a	28	698 ^a	92	313 ^a	28	383 ^a	28	401 ^a	191	119 ^a	191	4778 ^a
202	2900 ^{ab}	28	1680 ^a	92	1298 ^a	92	603 ^{ab}	191	278 ^{ab}	92	370 ^{ab}	191	583 ^a	28	145 ^{ab}	58	3423 ^a
191	2780 ^{ab}	22	1650 ^a	191	1180 ^a	202	570 ^{ab}	22	268 ^{ab}	112	318 ^{bc}	92	644 ^b	112	148 ^{bc}	165	2680 ^{bc}
μ	2078		875		875		446		206		240		985		260		1750
37	663 ^g	37	338 ^d	37	320 ^c	37	138 ^c	37	78 ^f	37	60 ^f	37	2682 ^b	37	581 ^d	37	100 ^c
Condiciones de Sequía																	
112	3240 ^a	92	1463 ^a	112	2300 ^a	112	530 ^a	92	290 ^a	112	378 ^a	202	1327 ^a	28	366 ^a	16	2940 ^a
165	2743 ^{ab}	202	1450 ^a	165	1608 ^{ab}	202	523 ^{ab}	202	270 ^{ab}	199	260 ^b	92	1335 ^{ab}	92	374 ^{ab}	92	2898 ^a
202	2468 ^{bc}	28	1208 ^{ab}	199	1363 ^{bc}	92	500 ^{ab}	165	240 ^{bc}	202	253 ^b	28	1502 ^{ab}	202	400 ^{ab}	37	2520 ^{ab}
μ	2148		998		1151		407		195		214		2376		465		2102
165	1050 ^d	37	590 ^c	165	260 ^d	16	270 ^e	37	133 ^d	16	110 ^d	37	5074 ^b	98	607 ^b	22	1238 ^c

Medias con distinta literal dentro de columna indica diferencias significativas entre ecotipos (Tukey, p<0.05). Ec., ecotipo; RMS_T, MS total, RMS₁, MS corte 1; RMS₂, MS corte 2; PSH_T, MS total de hoja; PSH₁, MS de hoja, primer corte; PSH₂, MS de hoja, segundo corte; EUA₁, eficiencia de uso de agua al primer corte. EUA_T, eficiencia total de uso de agua; PSR, peso seco de raíz. Las columnas sombreadas indican los parámetros de mayor valor selectivo entre los parámetros evaluados. Se muestran sombrados las variables de mayor valor para la expresión de resistencia a sequía. Los tres mejores para TR, TS, la media de TR y TS y el ecotipo menos destacado en TR y TS para cada variable.

Además, E92 mostró el mayor valor en PSH al primer corte (290 kg MS de hoja ha⁻¹) y 49 % mayor en MS de hoja, respecto al resto de los ecotipos. Para EUA₁ y EUA_T, E202 mostró la mayor eficiencia con 1 327 dm³ kgMS⁻¹; mientras E-92 y E28 tuvieron EUA₁ similar a E202. En EUA_T E28 mostró la mayor eficiencia con 366 dm³ kgMS⁻¹ y aquellos con EUA_T similar fueron E112, E48, E165, E199, E202 y E92. Para PSR E16 y E92 mostraron mayor PSR con 2 940 y 2 898 kgMS ha⁻¹, con 40 y 38 % mayor eficiencia respecto a la media de ecotipos. Los ecotipos con PSR similar a E16 y E92 fueron E37, E191 y E202 (Cuadro 2). Entre las variables evaluadas, las de mayor valor para selección vegetal para producción y resistencia a sequía en *Setaria machrostachya* se consideran las siguientes: RMS_T, RMS₁, PSH₁, EUA₁, EUA_T y PSR, sombreadas en el encabezado (Cuadro 2). Para TR, E191 mostró valores sobresalientes en 78% de variables destacadas; mientras que, para el total de variables destacó en 67%, siendo la más valiosa para TR; por otra parte, E28 resultó valioso en 67%

de las variables destacadas y en 78% del total de variables evaluadas. Por tanto, bajo condiciones de humedad adecuada E-191 fue el ecotipo más destacado y consistente, seguido por E28. Para T_s, E92 mostro valores destacados en 83% de las variables destacadas y en 67% del total de variables evaluadas. El segundo mejor ecotipo E28 resulta destacado en 50% de las variables destacadas y en 33% del total de variables. Y es E28 el genotipo que muestra el mejor comportamiento bajo TR y también destaca en condiciones de sequía. Lo que lo hace el ecotipo de mejor balance y adaptación a condiciones extremas de sequía y de buena humedad.

CONCLUSIONES

Existe amplia variabilidad genética para resistencia a sequía, destaca el genotipo E28, con buen comportamiento bajo condiciones de humedad adecuada y condiciones de sequía. El ecotipo con el mejor comportamiento en resistencia a sequía fue el E92.

AGRADECIMIENTOS

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento (LGAC) Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- De la Maza, M, I Banda, G Mendoza, OA Leal y G Rendon. 2018. Estado de los pastizales del Desierto Chihuahuense: Perspectiva sobre gestión. Pronatura Noreste A. C. 58p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Universidad Nacional Autónoma de México. México, DF. 68 p.
- Ibarra, F, M Martín, S Moreno y R Retes R. 2018. Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de Cananea, Sonora, México. *Rev. Mex. de Agronegocios*. 42: 855-866.
- Jurado-Guerra, P, M Velázquez-Martínez, RA Sánchez-Gutiérrez, A Álvarez-Holguín, PA Domínguez-Martínez, R Gutiérrez-Luna, RD Garza-Cedillo, M Luna-Luna y MG Chávez-Ruiz. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Rev Mex Cienc Pecu*; 12 (Supl 3): 261-285 p.
- Quero. CAR, L Miranda J, JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21: 63-85.
- Quero-Carrillo, AR, JF Villanueva-Ávalos, JF Enríquez-Quiroz, CR Morales-Nieto, ED Bolaños-Aguilar, J Castillo-Huchim, JJ Maldonado-Méndez. 2012. Evaluación de Recursos Genéticos de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras. INIFAP-CIRPAC. CE Santiago Ixcuintla, Folleto Técnico 21. Santiago Ixcuintla, Nayarit. 47p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra ed. digital. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 505 p. Disponible en https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf. Octubre 2, 2022.
- Robertson, E. 1996. Impacts of livestock grazing on soils and recommendations for management. California Native Plant Society, Sacramento, CA. 32p.
- SEMARNAT. 2016. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ecosistemas terrestres. *In: Informe de la situación del medio ambiente en México 2015*. México. 2016. Disponible en

https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Cap2_Eco_sistemas.pdf. Octubre 5, 2022.

DIVERSIDAD DE BANDERITA BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HIDRICO

SIDEOATS GRAMA DIVERSITY UNDER DROUGHT STRESS

María de J Carrillo-L¹, Adrián R Quero C¹, Cándido López C¹, Leonor Miranda J¹, Martha Hernández R, Santiago Garduño V². Javier M. Luna G¹.

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. ²U. Autónoma Chapingo

RESUMEN

Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. (Banderita), nativo de México, tolera condiciones de aridez por adaptaciones morfológicas y fisiológicas; lo anterior, durante millones de años de evolución. Para determinar el efecto de la sequía en la producción de biomasa, en recursos genéticos de Banderita, plántulas individuales de 30 ecotipos, originarias de diferentes partes del país, con la misma edad y manejo de planta, se trasplantaron a tubos-maceta de PVC, de 0.90 m y 4" de diámetro, conteniendo bolsa plástica con suelo franco tamizado finamente. Se aplicaron dos tratamientos: riego y sequía, con tres repeticiones (macetas). Las plantas se desarrollaron sin restricción hídrica y se podaron al momento (diez meses de edad) del inicio de 88 días de sequía; posterior al riego de recuperación, se aplicaron dos cortes de evaluación post-sequía. Se midió: rendimiento de materia seca (RMS) total aérea (RMSt), foliar (RMSH) y radical (RMSR), longitud de raíz, dimensiones de corona y eficiencia de uso de agua (EUA). Los datos se analizaron bajo diseño completamente al azar y comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$). Se observaron diferencias para diversos atributos ($P < 0.05$). Los materiales bajo sequía produjeron mayor RMSR. El ecotipo de mayor RMSt post-sequía (P-141) produjo el 91% respecto al mejor bajo riego. El ecotipo P-72 produjo 70% de RMSt respecto a P-141 en sequía, con balance en RMSH. P-57 mostró el mayor RMSH y buena EUA. Banderita es una especie resistente a la sequía con amplia variabilidad genética intraespecífica disponible para aspectos antropológicos como resistencia a sequía y componentes del rendimiento.

Palabras clave: Banderita, resistencia a sequía, genetic resources, *Bouteloua curtipendula*.

ABSTRACT

Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. (Banderita), native to Mexico, supports arid conditions due to diverse adaptations achieved during millions of years of evolution. In order to define drought effect on biomass production among Banderita materials, 30 ecotypes originated from different parts of México with same age and management were transplanted into PVC pots (0.9 m x 0.1m-diameter) inside a plastic bag containing finely sifted soil. Two humidity treatments were applied: irrigated (TR) and not irrigated (TS) plants with three replicates. All treatments were clipped at the starting of TS applied during a period of 88 days; following this period, plants were irrigated and two evaluation cuts performed.

Response variables included total aerial dry matter production (RMSt), RMS of leaves (RMS_h), RMS root (RMS_r), root length, plant crown dimensions and water use efficiency (EUA). Data was analyzed under a completely randomized design and Tukey ($P < 0.05$) for means comparison. Plant variables showed differences ($P < 0.05$). TS plants showed higher RMS_r. The ecotype showing the highest RMSt (P-72) rendered 91% regarding the best ecotype under TR. Ecotype P-72 rendered 70% RMSt regarding P-141 under TS, with good balance on leaf content. Ecotype P-57 showed the highest RMS_h and efficient EUA. Banderita is a species showing high genetic intraspecific variability available for antropogenic pressure selection such as drought resistance and RMS components.

Keywords: Sideoats grama, drought resistance, genetic resources, *Bouteloua curtipendula*

INTRODUCCIÓN

Los pastizales, desiertos y semidesiertos constituyen el mayor complejo de biomas terrestres (Arredondo 2016; Carbut, 2020). Los pastizales templados y semiáridos son diversos y van del sur de Canadá hasta México central (Rzedowski, 1975). Los pastizales se desarrollaron bajo agentes de perturbación que incluyeron incendios, pastoreo y sequías recurrentes y también sujetos a perturbaciones crónicas inducidas: regímenes alterados de t° , aumento de [CO₂] atmosférico y deposición de N₂ atmosférico (Rosenberg et al., 2019). Los pastizales mexicanos (Rzedowski 1975) se distribuyen de Sonora a Guanajuato (Jurado-Guerra, 2021). Las zonas áridas y semiáridas comprenden más de la mitad del territorio Mexicano (Quero et al, 2022), proporcionan una mirada de productos y servicios ambientales: captura de C, cosecha de agua, paisajismo y mejora la biodiversidad (Quero et al., 2017); sin embargo, se encuentran en condición ecológica y productiva precaria. Ante esta erosión física y genética se requiere recolectar y conservar germoplasma; lo anterior, para buscar alternativas que estabilicen al ecosistema y economía de sus habitantes. El género de mayor cobertura en México es *Bouteloua* spp. (Quero et al., 2022), presente en planicies y lomeríos rocosos, que produce forraje apetente, se adapta diversidad de suelo, condiciones climáticas, resistencia a sequía y posee amplia riqueza de alelos (Quero et al., 2017), motivo por el que es importante su evaluación ex situ. (Erickson , 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

En invernadero, en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, se evaluaron 27 ecotipos de diversas zonas del país y tres variedades comerciales mexicanas de *B. curtipendula*. La siembra se realizó con cariósides (Cs) en almácigos; un mes después, plantas individuales se establecieron en tubos de PVC de 0.90 m de alto y 4" de diámetro, conteniendo una bolsa plástica cilíndrica llena con suelo tamizado (malla 0.5mm) y secado al sol durante 15 días. El suelo tuvo textura franco-arenosa (79, 12 y 9%; arena, limo y arcilla), densidad aparente de 0.89 ton m⁻³, capacidad de campo (CC) y punto de marchites permanente (PMP) de 50 y 43%. Se aplicó fertilización única (80-40-00). Los tratamientos

fueron 1) riego (TR) con humedad cercana a CC durante el experimento y 2) sequía (TS). Las macetas en TS, se sometieron a 88 días sin riego (de 295 al 283 días post siembra -dds) y alcanzaron 36 días debajo de PMP. Al inicio de TS, se podaron ambos tratamientos a 5cm. Se midió semanalmente, consumo de agua mediante (método gravimétrico) y, en TS, se registró solo peso. Al día 89 post inicio de sequía, se proporcionó riego de recuperación y se mantuvo la humedad en rango asimilable para ambos tratamientos, hasta muestreo de raíces. A 24 días de finalizada la sequía, se realizó un primer corte de parte aérea (RMS), se separó por componentes morfológicos y secó en estufa Luzeren DHG9030A, de aire a 70 °C, por 48 h, determinando MS (RMS). Se realizó un 2° corte 38 días después del primero. Después del 2° corte se midió longitud de raíz visible más larga, largo y ancho de corona, área de corona (AC); largo, ancho y grueso de base de corona (LAGBC); área de base de corona (AbC). Con tamices metálicos y pinzas se rescataron las raíces. Se obtuvo MS de raíz (MSR), MS de corona (MSC), razón raíz: parte aérea. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones, los datos se analizaron con GLM y Tukey ($\alpha = 0.05$) para comparar medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En TS, la aplicación de agua se suspendió 88 días, el contenido de agua del suelo disminuyó paulatinamente, provocando déficit hídrico (DH) y las plantas estuvieron 36 días bajo PMP. Durante todo el período, la t° máxima superó 40°C. El DH redujo el RMS, AC, AbC, e índice de cosecha (MS aérea vs. parte aérea + MS corona +MS de raíz). La MS de corona no mostró diferencias ($P>0.05$) y el RMS aérea no mostró diferencias al 2° corte ($P>0.05$); mientras que MSR fue superior en TS respecto a TR ($P<0.05$). La razón raíz: parte aérea fue superior para TS ($P<0.05$; Cuadro1). En cebada, bajo condiciones de campo López-Castañeda (2011), reporta que el DH disminuyó 20, 11 y 16 % el rendimiento de grano, MS aérea y granos m^{-2} y su efecto depende de la duración e intensidad, genotipo y etapa fenológica de ocurrencia del DH. Los cultivos anuales son los más estudiados en fisiología de la resistencia a DH. Las gramíneas nativas de zonas áridas evaden el DH por latencia y manteniendo vivas yemas de rebrote en base a la humedad ambiental (Quian et al., 2022). El mantenimiento y recuperación de yemas axilares latentes en condiciones de crecimiento (humedad y t°) son responsables por el RMS al 1er ($P<0.05$) y 2do corte ($P>0.05$); por otra parte, forraje y raíz constituyen el producto de interés (Cuadro 1). El segundo corte queda influenciado por resistencia al manejo aplicado (corte). Para MSC y MSR se observaron diferencias entre tratamientos, siendo inferiores para TS ($P<0.05$; Cuadro 1). El RMSR fue superior para ecotipos en TS; lo anterior, para explorar mayor volumen de suelo y conforme avanza el DH en el suelo. Los resultados se extrapolaron a 40 000 coronas ha^{-1} (Quero et al., 2017) para proporcionar una idea comparativa. Para TR, el RMS total mostró diferencias ($P<0.05$; Cuadro 2), el ecotipo (E) 256 mostró el mayor RMS total en dos cortes evaluados. Para MS de hoja (MSh) la variedad NdeM-181 mostró mayor estabilidad, el de mayor interés en forrajes. El promedio bajo riego fue de 2 357 (kg ha^{-1}) para ambos cortes. Al primer corte, el RMS fue mayor (1 667 kg MS ha^{-1}), respecto al segundo (1 311 kg MS ha^{-1}); lo anterior, dado que resulta del manejo, principalmente altura del corte previo. La MSh fue mayor al primer corte. Bribiesca

et al. (2002), reportan en ballico, mayor rendimiento al cortar a alturas entre 9 y 12 cm y el menor a 3 cm. Para EUA, los ecotipos mencionados resultaron los de mayor eficiencia en relación consumo de agua respecto al RMS.

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca de parte aérea y radical de pasto banderita *Bouteloua curtipendula*

	RMS ₁	RMS ₂	PSC	PSR	AC	AbC	RMS _{c1}	RMS _{c2}	CRPA ₁	CRPA ₂	IC ₁	IC ₂
	(g pl ⁻¹)			(g pl ⁻¹)	(g pl ⁻¹)							
Riego	12.9 ^a	10.8	12.4	17.4 ^b	7.6 ^a	13.0 ^a	3.3 ^a	2.7	0.75 ^b	0.83 ^b	0.61 ^a	0.60 ^a
Sequía	10.0 ^b	10.5	12.6	18.8 ^a	4.7 ^b	7.8 ^b	2.5 ^b	2.6	1.15 ^a	1.11 ^a	0.54 ^b	0.54 ^b

MS: rendimiento de materia seca cosecha uno y dos, PSC: Peso seco de corona, PSR: Peso seco de raíz, AC: Área de corona, AbC: Area de la base de corona, RMSa1: Rendimiento de materia seca ajustado en cosecha uno y dos, CRPA: Cociente raíz/parte aérea en cosecha uno y dos, (IC): Índice de cosecha. Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes estadísticamente Tukey ($\alpha = 0.05$).

Para TS el RMS fue de 2 038 kg ha⁻¹ para ambos cortes (Cuadro 2), indicando que la recuperación después de la latencia impuesta por sequía, es un atributo de especie, dado que produjeron 127% del RMSaérea de materiales bajo TR, al 1er corte. Para ambos cortes, la media en RMS en TR superó a la de TS en 15% ($p < 0.05$). Se observaron diferencias ($P < 0.05$) para RMS total, el E-141 produjo mayor RMS total (4 100 kg MS dos cortes), siendo el más cercano en RMS al ecotipo con mayor RMS del tratamiento TR (E-256; 4 500 kg, ambos cortes) i.e. produjo el 91% de dicha producción. El ecotipo destacado con similares bajo riego y sequía es E-82, con 70% del RMS en riego. Para RMS (1er corte), la media en TR fue inferior al RMS aéreo en TS (1 311 vs. 1668) y el mejor ecotipo bajo sequía produjo el 69% del RMS aérea del mejor ecotipo bajo riego. No se observaron diferencias entre los tres mejores ecotipos bajo TS ($P > 0.05$). Para RMS de hoja al 1er corte, la producción media bajo TS representó el 80% respecto a la media de TR y, el mejor ecotipo bajo sequía produjo el 67% de MSh del mejor ecotipo en TR; lo anterior, para al primer corte. Respecto al RMSH en ambos cortes, el promedio bajo condiciones de TS representó 80% de su contraparte en TR. El mejor ecotipo en TS produjo 70% de RMSH, respecto al mejor bajo TR; por otra parte, no se detectaron diferencias ($P > 0.05$) entre los dos mejores materiales para RMSH total con 640 y 638 kg ha⁻¹, en dos cortes. La EUA fue mejor en TR; lo anterior, debido a que requirieron 13% más agua para producir la misma cantidad de MS aérea. Debido al muestreo destructivo, se obtuvo EUA para MS total, incluyendo raíz y parte aérea. A este respecto, la producción de 1kg de MS requirió, en promedio, 1.66 veces más agua. El mejor ecotipo bajo TS requirió cuatro veces más agua respecto al ecotipo más eficiente en TR. Los tres mejores ecotipos bajo TS sin diferencias ($P > 0.05$).

Cuadro 2. Comportamiento productivo de recursos genéticos de *Bouteloua curtipendula* bajo riego y sequía en condiciones de invernadero (kg ha⁻¹).

Ec.	RMS	Ec.	RMSR	Ec.	RMS _{C1}	Ec.	RMS _h ¹	Ec.	RMS _{ht}	Ec.	EUA ₁	Ec.	EUA ₂
	T _R		T _R		T _R		T _R		T _R		T _R		T _R
256	4500 ^a	68	4230 ^a	256	2 428 ^a	181	460 ^a	181	910 ^a	181	243 ^a	73	76 ^a
181	4360 ^a	73	4000 ^a	LM9	2 300 ^a	47	410 ^{ab}	256	790 ^{ab}	256	297 ^a	218	106 ^a
82	3710 ^{ab}	218	2770 ^{ac}	181	2 100 ^{ad}	26	380 ^{abc}	82	730 ^{ab}	235	312 ^a	256	111 ^a
141	720 ^{jk}	181	150 ^g	122	118 ^k	122	40 ^l	LM ₁₇	150 ^k	122	909 ^c	122	496 ^a
μ	2 357		1667		1 311		241		467		1860		269
	T _S		T _S		T _S		T _S		T _S		T _S		T _S
141	4100 ^a	73	2510 ^a	417	1 680 ^a	72	310 ^a	72	640 ^a	125	1 042 ^a	73	306 ^a
26	3650 ^{ab}	605	2470 ^a	35	1 440 ^{ab}	73	290 ^{ab}	57	638 ^a	35	1152 ^{ab}	218	316 ^a
82	3060 ^{bc}	181	2450 ^a	125	1 310 ^{ad}	35	270 ^{abc}	73	530 ^{ab}	LM ₁₇	1081 ^{ab}	256	338 ^{ab}
122	660 ^g	122	150 ^g	122	390 ^j	181	100 ^e	LM ₂₃	190 ^h	122	4 384 ^f	122	666 ^d
μ	2 038		1 019		1 668		192		376		2 138		448

Se sintetizan los mejores para cada atributo, el de más pobre comportamiento y la media de los 30 ecotipos evaluados. Medias con distinta literal dentro de columna son diferentes estadísticamente Tukey ($\alpha = 0.05$). Trat, tratamiento; TR, riego; TS, sequía; Ec., ecotipo; RMS, Rendimiento de Materia Seca (dos cortes); RMSR, RMS de raíz; RMS_{C1}, RMS, corte 1; RMS_h¹, RMS de hoja, corte 1; RMS_{ht}; EUA₁, Eficiencia de uso de agua de parte aérea (corte 1); EUA₂, EUA RMS_{C1}+RMSR.

La variedad NdeM-181 mostró consistencia productiva bajo TR (t°, humedad y nutrición) y mostró el menor RMSR. Este ecotipo detectó la necesidad de asignar fotosintatos hacia el desarrollo de raíz en menor proporción respecto a la parte aérea y tasa de amacollamiento resultando en elevado RMS; por tanto, NdeM-181 responde bien bajo condiciones de desarrollo adecuados y no mostró diferencias significativas respecto a los ecotipos de mayor eficiencia de uso de agua bajo condiciones de riego ($P < 0.05$). En sequía NdeM-181 produjo 51% del RMS_{total} aérea respecto al mejor ecotipo bajo TS; similarmente, bajo TS, no mostró diferencias en desarrollo radical respecto al mejor ecotipo bajo TS; lo anterior, destaca la versatilidad de este genotipo para adaptarse a la sequía y responder a condiciones óptimas de humedad. El contenido MSh, para dos cortes, representó el 73% respecto al mejor y fue diferente ($P < 0.05$) a los tres mejores bajo TS. Respecto a EUA, NdeM-181 requiere 2.98 veces más agua para producir 1kg de MS. Sin embargo, esta EUA mejora a 1.67 veces más agua respecto al mejor ecotipo para EUA integrando tanto MS de raíz y de parte aérea.

CONCLUSIÓN

El ecotipo de mayor rendimiento de materia seca en condiciones de estrés hídrico fue el E-14; por otro lado, E-235 presentó mayor eficiencia de uso de agua. También E-72 presentó estabilidad en cuanto a mayor rendimiento de hoja en el corte uno y peso seco total en la cosecha uno. Existe amplia variabilidad para seleccionar atributos de interés antropocéntrico.

AGRADECIMIENTOS.

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

- Arredondo, T., E García-Moya, E Huber-Sannwald, HW Loescher, J Delgado-Balbuena, & M Luna-Luna. 2016. Drought manipulation and its direct and legacy effects on productivity of a monodominant and mixed-species grassland. *Agric. Forest Meth.* 223: 132-140.
- Bribiesca, MTP, A Hernández G, J Pérez, P, JG Herrera H, & R Bárcena G. 2002. Respuesta productiva y dinámica de rebrote del ballico perenne a diferentes alturas de corte. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 40(3): 251-263.
- Carbutt, C. 2019. The Drakensberg Mountain Centre: A necessary revision of southern Africa's high-elevation Centre of plant endemism. *South African J of Botany.* 124: 508–529. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.032>
- Erickson VJ, NL Mandel, FC Sorensen. 2004. Landscape patterns of phenotypic variation and population structuring in a selfing grass *Elymus glaucus*. *Can J Bot.* 82: 1776-1790.
- Jurado-Guerra, P. 2021 Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *México. Rev. Mexicana de Ciencias Pecuarias* 12(3): 261-285.
- López-Castañeda, C. 2011. Variación en rendimiento de grano, biomasa y número de granos en cebada bajo tres condiciones de humedad del suelo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 907-918.
- Quero, CAR, L Miranda J, JF Villanueva Á. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 21: 63-85.
- Quero, CAR. 2022. A manera de prólogo. 2022. In: AR Quero C y E Flores A (eds.) *Gramíneas Nativas. Importancia e Impacto en Ecosistemas Ganaderos.* Libro Técnico Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México, pp: 13,14,19,151.
- Qian, J, Z guo, TO Muralna, N Te, RJ Griffin-Nolan, S Lin, X Chong, Q Yu, Z Zhang, W Luo. 2022. Legacy effects os a multi-year extreme drought on belowground bud Banks in rhizomatous vs bunchgrass-dominated grasslands. Publicado en línea: *Oecologia.* <https://doi.org/10.1007/s00442-022-05133-8>
- Rosenberg, KV, AM Dokter, PJ Blancher, JR Sauer, AC Smith, PA Smith, JC Stanton, A Panjabi, L Helft, M Parr, and PP Marra. 2019. Decline of the north American avifauna. *Science,* 366, 120–124. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>.
- Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of México. *Taxon* 24: 67-80.
- Willard EE, JL Schuster. 1971. An evaluation of an interseeded sideoats gramma stand four years after establishment. *J Range Manage* 24: 223-226.

DIVERSIDAD GENÉTICA Y SU RELACIÓN CON FACTORES AMBIENTALES EN PASTO BANDERITA (*Bouteloua curtipendula*) EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA

GENETIC DIVERSITY AND ITS RELATIONSHIP WITH ENVIRONMENTAL FACTORS IN BANDERITA GRASS (*Bouteloua curtipendula*) IN THE STATE OF CHIHUAHUA

Pamela Hernández-Delgado¹, Alan Álvarez-Holguín^{2*}, Carlos R. Morales-Nieto¹, Raúl Corrales-Lerma¹, Jesús M. Ochoa-Rivero², Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez³

¹Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua; ²Campo Experimental La Campana, CIRNOC-INIFAP; ³Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP.

alvarez.alan@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los programas de revegetación se han convertido en una herramienta crítica para revertir la degradación de los agostaderos. Sin embargo, la mayoría no se desarrollan correctamente debido a que en la selección de los genotipos o variedades que se van a utilizar pasan por alto la importancia de los aspectos genéticos y la adaptación medioambiental. Por ésta razón, se evaluó la relación entre factores climáticos y diversidad genética de pasto banderita. Por lo cual, se analizaron muestras de 51 poblaciones representativas de pasto banderita distribuidas a lo largo del estado de Chihuahua. Las 51 poblaciones fueron agrupadas en 7 grupos de acuerdo a sus similitudes climáticas. El análisis de diversidad genética de distintas poblaciones se llevó a cabo por medio de marcadores moleculares AFLP y se correlacionó con variables climáticas. El índice de Información de Shannon presentó una correlación significativa ($p < 0.05$) con las variables evapotranspiración ($R^2 = 0.87$), elevación ($R^2 = 0.66$), precipitación anual ($R^2 = 0.69$) y temperatura promedio del trimestre más caliente ($R^2 = 0.62$). Las frecuencias de dos locus presentaron una correlación significativa ($p < 0.05$) con una o más de las variables ambientales no redundantes. Por consiguiente, se recomienda considerar la diversidad genética y los factores ambientales en la selección de genotipos en programas de restauración de pastizales.

Palabras clave: AFLP, genotipos, programas de restauración.

ABSTRACT

Revegetation programs have become a critical tool for reverting degraded rangelands. However, these programs are not well developed due to the lack of importance of genetic aspects and environmental adaptation in selecting genotypes or varieties. Therefore, we evaluated the relationship between climatic factors and the genetic diversity of Banderita grass. Fifty-one populations were analyzed, as representative populations in the state of Chihuahua. These populations clustered into seven groups according to their climatic similarities. The genetic diversity was analyzed through AFLP molecular markers and

correlated with data from climatic variables. Shannon's Index correlated ($p < 0.05$) with evapotranspiration ($R^2 = 0.87$), elevation ($R^2 = 0.66$), annual precipitation ($R^2 = 0.69$), and the average temperature of the driest quarter ($R^2 = 0.62$). The frequencies of the two loci presented a significant correlation ($p < 0.05$) among environmental variables. Therefore, it is recommended to consider genetic diversity and environmental factors in the selection of genotypes in grassland restoration programs.

Keywords: AFLP, genotypes, restoration programs.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha suscitado el interés de investigar la relación entre factores climáticos y adaptabilidad de especies con la diversidad genética. En zonas con tipo de clima seco, se pronostica que el impacto del cambio climático será mayor. Éstos factores deben tomarse en cuenta para la selección de la especie o genotipo que serán utilizados en programas de restauración ecológica. Esto debido a que la adaptación a las condiciones ambientales determina la respuesta del germoplasma utilizado y, por ende, la probabilidad de éxito de estos programas. Por esta razón, es importante evaluar la relación entre la genética y la adaptabilidad ambiental para la restauración de especies que se han perdido o reducido, como los pastos.

El pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] es una de las especies más utilizadas en restauración de pastizales en el norte de México, debido a que se adapta a diferentes climas y posee un valor forrajero excelente. Debido a esto, se han realizado diversos trabajos para seleccionar genotipos sobresalientes de este pasto, que puedan ser utilizados para la restauración de los pastizales. No obstante, existe poca información sobre cómo influye la diversidad genética sobre la adaptabilidad a factores ambientales en pasto banderita. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar la relación que existe entre la diversidad genética y factores ambientales en poblaciones de ésta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

La toma de muestras se realizó en 51 poblaciones de pasto banderita, representativas de la distribución de la especie en Chihuahua. En cada sitio de muestreo se recolectó material vegetal y semilla de pasto banderita, mismo que fue utilizado para analizar la relación entre la diversidad genética y las condiciones ambientales de la distribución del pasto banderita en el estado de Chihuahua. El análisis AFLP (Polimorfismos en la Longitud de Fragmentos Amplificados) se llevó a cabo mediante el método propuesto por Vos *et al.* (1995). Para ello, se colectaron hojas de tres plantas en cada población, las cuales fueron utilizadas para la extracción de ADN, proceso realizado con base en el método propuesto por Doyle & Doyle (1990). El análisis AFLP comenzó con la digestión de 2 μ l de ADN diluido por medio de las enzimas de restricción EcoRI y MseI. Posteriormente, los fragmentos de ADN digeridos fueron ligados con adaptadores para EcoRI y MseI. Después, se adhirió un nucleótido extra

a los primers (EcoRI + A y MseI + A) para realizar la pre-amplificación. La amplificación selectiva se realizó mediante cuatro combinaciones de primers marcados con fluorescencia: MseI + CTG - EcoRI + AAG, MseI + CTG - EcoRI + ACT, MseI + CAG - EcoRI + AGG, MseI + CAG - EcoRI + AAC. La reacción en cadena de la polimerasa se realizó en un termociclador cycler (Verity Applied Biosystems 2720), con el siguiente programa: un ciclo de 94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s, 72 °C por 1 min; 12 ciclos de 94 °C por 30 s, 65 °C por 30 s, 72 °C por 1 min; 23 ciclos de 94 °C por 30 s, 56 °C por 30 s, 72 °C por 1 min. Los productos de la amplificación selectiva (2 µl) se mezclaron con 8 µl de formamida y 1 µl de marcado Eco 700 GeneScan (Applied Biosystems). Finalmente, la separación de los fragmentos amplificados se hizo en el analizador de DNA LI-COR, cargando 0.8 µl de muestra por pozo. Se utilizaron oligos o primers, marcados con fluorescencia, a diferentes longitudes de onda (700 nm y 800 nm). Con el patrón de bandas obtenido del análisis AFLP, se formó una matriz binaria de presencia (1) o ausencia (0) de bandas.

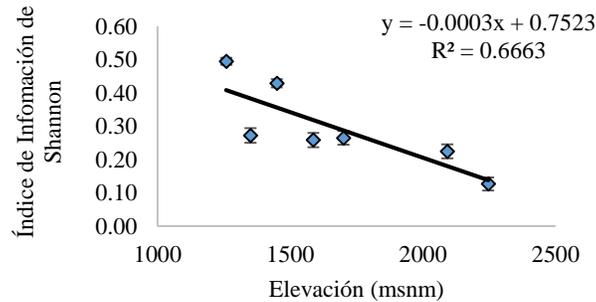
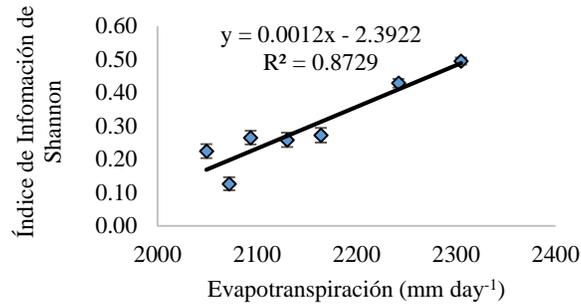
Para analizar la relación entre la diversidad genética y las condiciones ambientales, se descargaron los datos del sitio web WorldClim (<https://www.worldclim.org>). Las variables descargadas de este sitio fueron: temperatura promedio anual (Bio1), rango promedio de temperatura diurna (Bio2), oscilación térmica anual (Bio3), estacionalidad de la temperatura (Bio4), temperatura máxima del mes más caliente (Bio5), temperatura mínima del mes más frío (Bio6), rango de temperatura anual (Bio7), temperatura promedio del trimestre más húmedo (Bio8), temperatura promedio del trimestre más frío (Bio9), temperatura promedio del trimestre más caliente (Bio10), temperatura promedio del trimestre más frío (Bio11), precipitación anual (Bio12), precipitación del mes más húmedo (Bio13), precipitación del mes más seco (Bio14), estacionalidad de la precipitación (Bio15), precipitación del trimestre más húmedo (Bio16), precipitación del trimestre más seco (Bio17), precipitación del trimestre más caliente (Bio18) y precipitación del trimestre más frío (Bio19). Además, se incluyeron las variables radiación solar, velocidad del viento, elevación, evapotranspiración e índice de aridez. Los datos climáticos son estimaciones de interpolación del período 1950-2000, a resolución espacial de 30 arco-segundos.

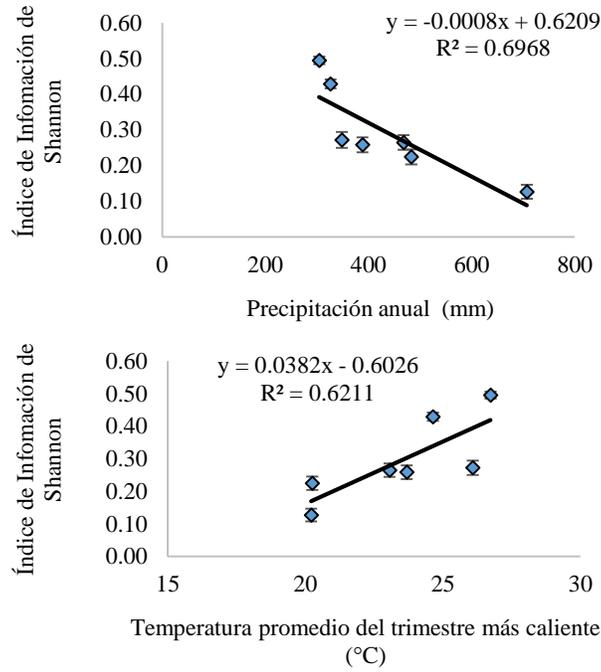
Con base en los datos del análisis AFLP, se estimó el Índice de información de Shannon. Los datos climáticos de cada población fueron sometidos a un análisis cluster para agrupar las poblaciones de acuerdo a sus similitudes climáticas. De acuerdo a este análisis, las 51 poblaciones pueden agruparse en 7 grupos. Posteriormente, se evaluó la relación entre la diversidad genética y las variables climáticas, mediante análisis de regresión lineal simple. Además, se relacionó la frecuencia de las bandas AFLP con las variables ambientales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El índice de Información de Shannon presentó una correlación significativa ($p < 0.05$) con las variables evapotranspiración ($R^2 = 0.87$), elevación ($R^2 = 0.66$), precipitación anual ($R^2 = 0.69$) y temperatura promedio del trimestre más caliente ($R^2 = 0.62$; Gráfica 1). De acuerdo con

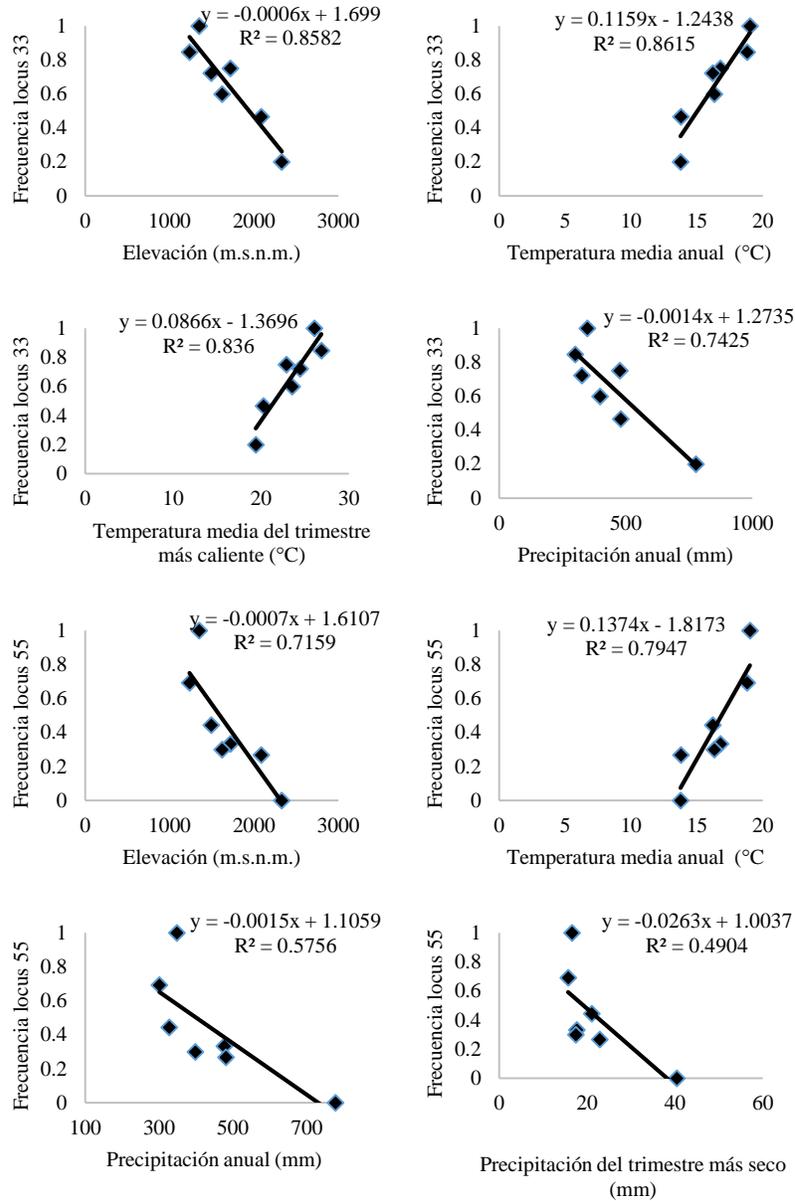
estos resultados, la diversidad genética es mayor en zonas cálidas, donde se alcanzan altas temperaturas durante la mayor parte del año y se presentan altas tasas de evapotranspiración. Resultados similares han sido reportados en investigaciones previas, donde se ha encontrado una relación entre la diversidad genética y las condiciones climáticas. Por ejemplo, Zhang *et al.* (2017) encontraron una correlación positiva ($r= 0.56$) entre el índice de diversidad genética de Nei y la temperatura media anual. Así mismo, Zhang *et al.* (2018) encontraron que el nivel de diversidad genética se correlacionó positivamente con la temperatura media anual ($r= 0.36$) en poblaciones de *Dactylis glomerata*. La relación entre la diversidad genética y las condiciones climáticas puede deberse a un mecanismo de adaptación a condiciones adversas, ya que la diversidad genética permite a una especie adaptarse a diferentes ambientes (Ahrens *et al.*, 2020).





Gráfica 1. Relación entre el cuatro variables ambientales y el Índice de Información de Shannon

Las frecuencias de dos locus presentaron una correlación significativa ($p < 0.05$) con una o más de las variables ambientales no redundantes. La frecuencia del locus 33 mostró una correlación significativa ($p < 0.05$) con elevación ($R^2 = 0.85$), temperatura media anual ($R^2 = 0.86$), temperatura del trimestre más caliente ($R^2 = 0.83$) y precipitación anual ($R^2 = 0.74$). Por otro lado, la frecuencia del locus 55 mostró una correlación significativa ($p < 0.05$) con elevación ($R^2 = 0.71$), temperatura media anual ($R^2 = 0.79$), precipitación anual ($R^2 = 0.57$) y temperatura del trimestre más seco ($R^2 = 0.49$) que se observan en la gráfica 2. La naturaleza de estas variables y sentido de estas correlaciones sugiere que ambos locus son importantes para la adaptación a zonas áridas.



Gráfica 2. Relación entre variables ambientales y la frecuencia dos locus AFLP en pasto bandera

CONCLUSIONES

La diversidad genética presenta una estrecha relación con factores climáticos como evapotranspiración, elevación, precipitación anual y temperatura promedio del trimestre más caliente. Por consiguiente, se recomienda considerar la diversidad genética y los factores ambientales en la selección de genotipos en programas de restauración de pastizales.

La frecuencia de algunos loci también está relacionada con factores ambientales relacionados con la aridez, por lo que pueden ser parte de genes relacionados con la resistencia a sequía. Por esta razón, se recomienda analizar dichos fragmentos a mayor profundidad y verificar que realmente se relacionen con resistencia a sequía.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su financiamiento a través del proyecto “Registro varietal de nuevos genotipos de élite y generación de tecnologías para la producción de semillas de pasto”.

LITERATURA CITADA

- Doyle, J. J. and J. L. Doyle. 1990. A rapid total DNA preparation procedure for fresh plant tissue. *Focus* 12:13-15.
- Vos, P., R. Hogers, M. Bleeker, M. Reijans, T. V. D. Lee, M. Hornes, and M. Zabeau. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23:4407-4414.
- Zhang, J. X., M. Wang, J. Fan, Z. P. Guo, Y. Guan, G. Qu, X. Yan. 2021. Non-linear genetic diversity and notable population differentiation caused by low gene flow of bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] along longitude gradients. *PeerJ* 9:e11953.
- Zhang, C., M. Sun, X. Zhang, S. Chen, G. Nie, Y. Peng, X. Ma. 2018. AFLP-based genetic diversity of wild orchardgrass germplasm collections from Central Asia and Western China, and the relation to environmental factors. *PLoS One* 13(4):e0195273.
- Ahrens, C. W., E. A. James, A. D. Miller, F. Scott, N. C. Aitken, A. W. Jones, P. D. Rymer. 2020. Spatial, climate and ploidy factors drive genomic diversity and resilience in the widespread grass *Themeda triandra*. *Molecular Ecology* 29(20):3872-3888.

PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE ECOTIPOS DE PASTO BUFFEL EN HUANUSCO, ZACATECAS

FORAGE PRODUCTION OF BUFFEL GRASS ECOTYPES IN HUANUSCO, ZACATECAS

Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez^{1*}, Nadiezhda Y.Z. Ramírez Cabral¹, Francisco Gpe. Echavarría Chariez¹, Alan Álvarez Holguin², Jesús Manuel Ochoa Rivero²

¹Campo Experimental Zacatecas, CIRNOC-INIFAP, ²Campo Experimental La Campana.

rasanchez.gutierrez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue determinar la altura de planta y producción de forraje de seis materiales de pasto buffel en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Huanusco, Zacatecas. El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sitio Experimental los Cañones, localizado en el municipio de Huanusco. El trabajo se realizó en un experimento plantado en el 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, los ecotipos fueron; 1) 42, 2) 45, 3) 66, 4) 72, 5) S245 y como testigos la variedad Titan. El corte se realizó en el estadio de desarrollo vegetativo y las variables a medir fueron: Altura de planta y producción de materia seca. Los datos fueron analizados con el "PROC GLM" del paquete estadístico SAS mediante un análisis de bloques al azar. Las medias se compararon mediante Lsmeans y se separaron a una probabilidad menor al 5%. Se observaron diferencias significativas en la altura de planta ($P < 0.05$), el ecotipo que mayor porte presentó fue el S245 con 23.8 cm, siendo similar ($P > 0.05$) al ecotipo 66 y diferente al resto. En la producción de forraje seco se observaron valores similares ($P > 0.05$) entre los ecotipos con valores desde 1,299 hasta 1,712 kilogramos.

Palabras clave: *Pennisetum ciliare*, *Cenchrus ciliaris*, temporal.

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the plant height and forage production of six buffel grass materials in the vegetative state under rainfed conditions in Huanusco, Zacatecas. The experiment was carried out at the National Institute of Forestry, Agriculture and Livestock Research (INIFAP), Los Cañones Experimental Site, located in the municipality of Huanusco. The work was carried out in an experiment planted in 2019 under a completely randomized block design with three repetitions, the ecotypes were; 1) 42, 2) 45, 3) 66, 4) 72, 5) S245 and as controls the Titan variety. The cut was made in the vegetative development stage and the variables to be measured were: plant height and dry matter production. The data were analyzed with the "PROC GLM" of the statistical package SAS by means of a

randomized block analysis. Means were compared using Lsmeans and separated at a probability of less than 5%. Significant differences were observed in plant height ($P < 0.05$), the ecotype that presented the largest size was S245 with 23.8 cm, being similar ($P > 0.05$) to ecotype 66 and different from the rest. In dry forage production, similar values ($P > 0.05$) were observed among the ecotypes with values from 1,299 to 1,712 kilograms.

Keywords; *Pennisetum ciliare*, *Cenchrus ciliaris*, rainfed.

INTRODUCCIÓN

En la ganadería extensiva la diversidad de recursos forrajeros representa la principal fuente de alimentación para el ganado. Una de las especies perennes importantes en las praderas introducidas en México es el pasto buffel (*Pennisetum ciliare* antes *Cenchrus ciliaris*), Buffel es una pasto de crecimiento C4, y es una de las mejores gramíneas forrajeras del subtrópico de África, incluso es ampliamente utilizada en las regiones áridas, semiáridas y desérticas del mundo (Carvalho de Silva *et al.*, 2011; Marshall *et al.*, 2012), es caracterizado por su buena producción de forraje (Gómez de la Fuente *et al.*, 2007), evita erosión de suelo (Bhattarai *et al.*, 2008) y es tolerante a sequías (Quiroga *et al.*, 2013). En la producción de forraje seco, investigadores en México mencionan que la producción del pasto buffel es de 2 a 10 más alto en comparación a los pastos nativos (Gómez de la Fuente *et al.*, 2007). Peña del Rio *et al.*, (2011) obtuvieron rendimientos de materia seca de pasto buffel de 5.9 a 11.4 ton ha⁻¹ en condiciones de temporal con diferentes dosis de fertilización en Nuevo León, México. Los rendimientos anteriormente mencionados son más altos a los reportados en Tamaulipas, México, ya que Mariano *et al.*, (2011), publicaron rendimientos de materia seca de 3 a 9.5 ton ha⁻¹ en nueve variedades y/o ecotipos de pasto buffel en condiciones de temporal. Rendimientos todavía más bajos se presentaron en un rancho de Julimes, Chihuahua, México, donde determinaron la producción de materia seca con dos variedades de buffel (Común americano y AS-245) en condiciones precipitación de baja a buena, encontraron rendimientos de forraje seco de 1.2 a 3.6 ton ha⁻¹, sin embargo, en los rangos de precipitación las variedades no tuvieron diferencias estadísticas (Terrazas y Chávez, 2011). Con los datos revisados se puede decir que en México existe un gradiente en la producción que va desde 1.2 a 11.4 ton ha⁻¹ de materia seca. En Zacatecas la ganadería extensiva se lleva a cabo en 5.4 millones de hectáreas, y de ellas alrededor del 27% aún son consideradas como áreas de pastizal, desafortunadamente más de 1.7 millones de hectáreas han sido desplazadas para ser abiertas a la agricultura. A la fecha en. Aunque en todo el cañón de Juchipila, Zacatecas existe un potencial productivo óptimo mayor a las 96,000 (Medina *et al.*, 2001), es importante identificar al menos un material adaptado a la región. Sin embargo, a la fecha en Zacatecas no existe información de al menos un material sobresaliente en la producción de forraje de pasto buffel, que pudiera ser una alternativa para la ganadería en la región del Cañón de Juchipila, Zacatecas. El objetivo del presente trabajo fue determinar la altura de planta y producción de forraje de seis materiales de pasto buffel en estado vegetativo bajo condiciones de temporal en Huanusco, Zacatecas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Sitio Experimental los Cañones, localizado en el municipio de Huanusco, Zacatecas, en las coordenadas geográficas de 102° 58' Longitud Oeste y 21°44' Latitud Norte, a una altitud de 1508 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las características del suelo es textura media con pH de 8.2, y una profundidad mayor a 1.5 m. el clima es cálido-subhúmedo y el promedio de la precipitación anual durante el ciclo de cultivo es de 550 mm, la mayor concentración de lluvias se registra en los meses de julio a septiembre (Medina *et al.*, 2001). El trabajo se realizó en un experimento plantado en el 2019 bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones, los ecotipos fueron; 1) 42, 2) 45, 3) 66, 4) 72, 5) S245 y como testigos la variedad Titan (nacional). La unidad experimental constó de cinco surcos de 0.76 m de ancho y 15 m de largo, cada planta tuvo un distanciamiento de 0.75 m. El experimento inició con un corte de estandarización a una altura de 5 cm sobre el nivel del suelo el 17 de mayo del año 2020. Para la parcela útil se utilizaron 12 plantas de los tres surcos centrales. El corte se realizó en el estadio de desarrollo vegetativo y las variables a medir fueron: Altura de planta (AP) y producción de materia seca (MS). Para la altura de planta se utilizó un estadal y se midieron tres plantas tomadas al azar desde el suelo hasta la punta más alta del forraje. Para la estimación del forraje seco se cortaron las 12 plantas de la parcela útil y se pesaron, después se obtuvo una muestra de 500 gramos y se llevaron a una estufa de aire forzado a 55⁰C durante 72 horas. Posteriormente se pesó en seco la muestra, con ello se determinó el contenido de materia seca dividiendo el peso seco entre el verde. Con el porcentaje de materia seca se multiplico por el peso en verde de la parcela y se extrapolo el peso seco por hectárea. Los datos fueron analizados con el "PROC GLM" del paquete estadístico SAS mediante un análisis de bloques al azar. Las medias se compararon mediante Lsmmeans y se separaron a una probabilidad menor al 5% (SAS, 2011)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se presenta la altura de planta de seis ecotipos de pasto buffel evaluados en estado vegetativo bajo condiciones de temporal del 2020 en el Sitio Experimental los Cañones, Zacatecas. En dicha figura se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$), el ecotipo que mayor porte presentó fue el S245 con 23.8 cm, siendo similar ($P > 0.05$) al ecotipo 66 y diferente al resto, que presentaron alturas inferiores a los 24 cm. Investigaciones has demostrado que en buffel existe una relación positiva entre la altura de forraje con la producción de forraje seco (Sanchez et al., 2016), por lo tanto, es conveniente continuar con las evaluaciones durante más tiempo para observar si el material S245 supera al Titan en otros estadios de desarrollo

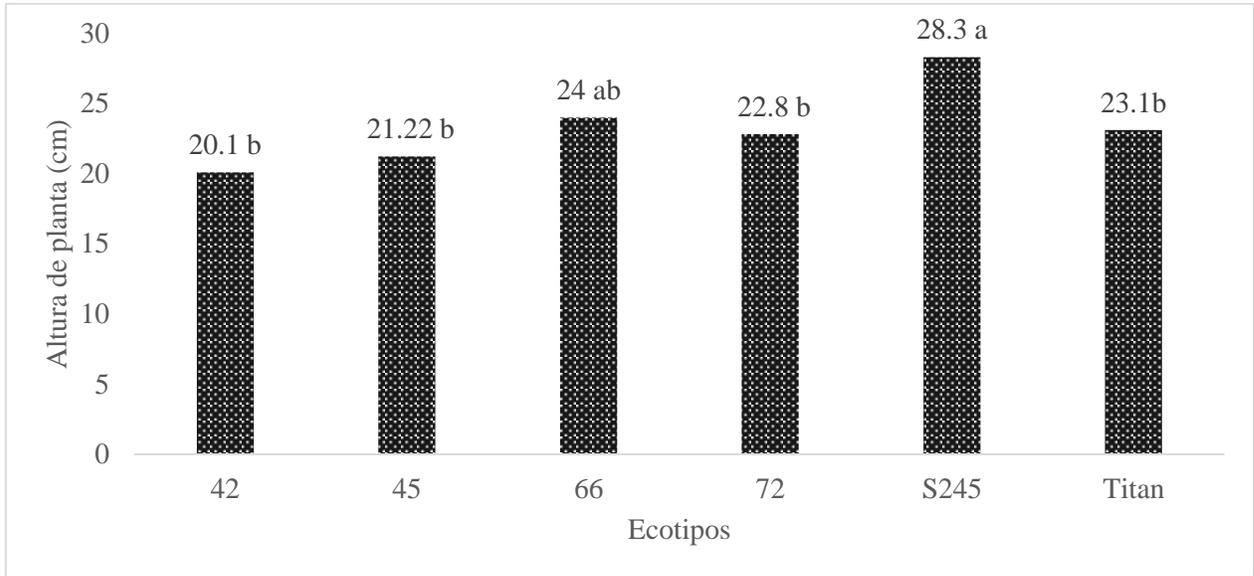


Figura 1. Medias de altura de planta de seis ecotipos de pasto buffel evaluados en estado vegetativo bajo condiciones de temporal del 2020 en el Sitio Experimental los Cañones, Zacatecas.

En la figura 2 se presenta las medias de producción de forraje de seis ecotipos de pasto buffel evaluados en estado vegetativo bajo condiciones de temporal del 2020 en el Sitio Experimental los Cañones, Zacatecas. En ella se observan valores similares ($P>0.05$) entre los ecotipos y presentan valores de producción de forraje seco por hectárea desde 1,299 hasta 1,712 kilogramos. Ninguno de los ecotipos logró superar al testigo Titan, sin embargo, se recomienda continuar con las investigaciones en estadios de desarrollo y años. Además, es conveniente realizar análisis químicos del forraje para determinar la calidad de los mismos y evaluar la producción de semilla, y con ello observar si los materiales 45 y S245 pudieran ser una alternativa para la región del Cañón de Juchipila.

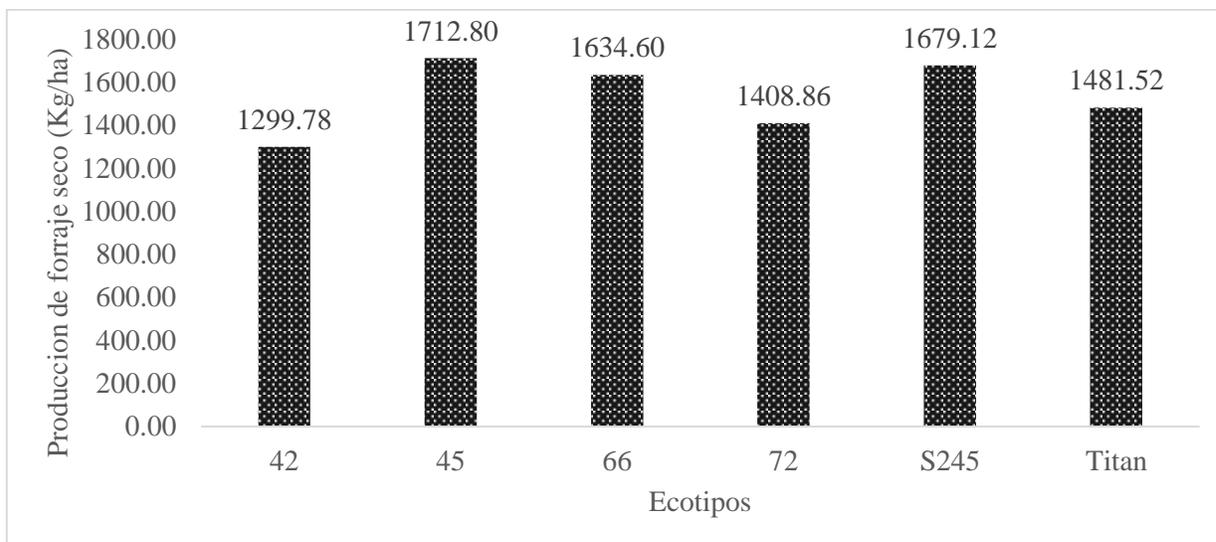


Figura 2. Medias de producción de forraje de seis ecotipos de pasto buffel evaluados en estado vegetativo bajo condiciones de temporal del 2020 en el Sitio Experimental los Cañones, Zacatecas.

CONCLUSIONES

En el análisis de varianza mostro que el material S245 tuvo mayor altura que el testigo Titan, lo supero con 23.8 cm. Mientras que en la producción de forraje seco ninguno de los ecotipos supero al testigo Titan, los rangos observados fueron desde 1,299 hasta 1,712 kilogramos por hectárea. Se recomienda continuar con las investigaciones que muestren el comportamiento de los materiales en más estadios de desarrollo.

LITERATURA CITADA

- Bhattarai, S.P., J. Fox, y Y. Gyasi-Agyei. 2008. Enhancing buffel grass seed germination by acid treatment for rapid vegetation establishment on railway batters. *Journal of Arid Environments* 72: 255-262.
- Carvalho de Silva, T., E.R. Loiola, M. C.H. Oliveira, S.E. Mauro, D. Soares de Silva y A. Pereira. 2011. Morphological and chemical composition of buffel grass at different heights of cutting and waste. *Revista Trópica- Ciências Agrarias e Biológicas* 5 (2): 30-39.
- Gómez de la Fuente, E., S.H. Díaz, F.A. Saldivar, E.F. Briones, T.V. Vargas y W.E. Grant. 2007. Patrón de crecimiento de pasto buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link) en Tamaulipas, México. *Rev Tec Pec Mex* 45 (1):1-17
- Mariano, F.C., R.D.C. Garza, J.T. Flores. P.F. Zárate y M.A.H. Ibarra. 2011. Evaluación de materiales alternativos al buffel común en San Fernando, Tamaulipas. En *Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, y XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos*. Chihuahua, Chih. México.
- Marshall, V.M., M.M. Lewis y B. Ostendorf. 2012. Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review. *Journal of Arid Environments* 78: 1-12
- Medina, G., J.A. Ruiz, G. Díaz y C.N.Y.Z. Ramírez. 2012. Potencial productivo de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) ante el cambio climático en el estado de zacatecas. En *Memorias de la 2da Reunión Internacional Conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal*. Zacatecas, Zacs. México.

- Peña-Del Rio, M.A., F.A. Días, S.H. De la Fuente, S. A. Sánchez y T.I. De la Torre. 2011. Efecto de la biofertilización en praderas de temporal de pasto buffel var. Milenio en Nuevo León, México. En Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, y XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Chihuahua, Chih. México.
- Quiroga, M., K. Grunber, A. Ribotta, C.E. Lopez, E. Carloni, , E. Tommasino, C.Luna y S.Griffa. 2013. Obtainig sexual genotypes for breeding in buffel grass. South African Journal of Botany 88: 118-123.
- Terrazas, P.J.G. y M.C. Chávez. 2011. Rendimiento y calidad de semilla de materiales sobresalientes de zacate buffel en condiciones de temporal en la zona centro sur de Chihahua. En Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, y XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Chihuahua, Chih. México.

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

IMPACT OF CATTLE GRAZING ON SOIL ECOLOGICAL VARIABLES IN AN OAK-PINE FOREST

Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Carlos Raúl Morales Nieto¹, Raúl Corrales Lerma¹,
Federico Villarreal Guerrero¹, Alfredo Pinedo Álvarez¹, José Humberto vega Mares¹,
Nelson Guadalupe Aguilar Palma¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El objetivo fue monitorear los cambios ecológicos ocasionados por el pastoreo de tres grupos raciales. El área de estudio se localiza en el potrero “Las Lajas” del Rancho experimental Teseachi, Chihuahua. Se seleccionaron 2000 ha y se dividieron en seis potreros. En cada potrero se colocaron tres exclusiones (alta, media y baja). Se seleccionaron tres razas de ganado bovino; criollo, especializado (hereford-angus) y una cruce (angus-criollo). Para medir el impacto del pastoreo sobre el componente pastizal se evaluaron variables como materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), densidad aparente (DA) y porosidad (Po) del suelo. Se utilizó un análisis de componentes principales (ACP), análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias Tukey. Finalmente, se realizó un análisis de correlación. Los análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006). Los dos primeros CP explicaron el 79.6% de la variabilidad total. El CP1 integró variables de DA (-0.393), CO (0.515), MO (0.515) y Po (0.483). El CP2 agrupó solo la variable porcentaje de suelo (0.958). En cuanto a las variables MO, Po y DA el ganado cruzado mostró diferencias ($P < 0.05$) con relación al ganado criollo y especializado. Solo se observaron diferencias ($P < 0.05$) en el estrato bajo, en el ganado especializado y la cruce. Estos resultados son preliminares, debido a que; se obtuvieron con base en la primera temporada de pastoreo del ganado en cada uno de los seis potreros.

Palabras clave: Pastoreo, ganado bovino, captura de carbono, materia orgánica, pastizal.

ABSTRACT

The objective was to monitor the ecological changes caused by the grazing of three racial groups. The study area is located in the "Las Lajas" paddock of the Teseachi Experimental Ranch, Chihuahua. 2000 ha were selected and divided into six paddocks. Three exclusions (high, medium and low) were placed in each paddock. Three breeds of cattle were selected; criollo, specialized (hereford-angus) and a cross (angus-criollo). To measure the impact of grazing on the grassland component, variables such as organic matter (OM), organic carbon (CO), bulk density (DA) and soil porosity (Po) were evaluated. An analysis of principal

components (PCA), analysis of variance (ANOVA) with Tukey comparison of means was used. Finally, a correlation analysis was performed. The analyzes were performed with the statistical package SAS 9.1.3 (2006). The first two PCs explained 79.6% of the total variability. The CP1 integrated variables of DA (-0.393), CO (0.515), MO (0.515) and Po (0.483). The CP2 grouped only the variable percentage of soil (0.958). Regarding the MO, Po and DA variables, the crossbred cattle showed differences ($P < 0.05$) in relation to the Creole and specialized cattle. Differences ($P < 0.05$) were only observed in the low stratum, in the specialized cattle and the cross. These results are preliminary, because; were obtained based on the first grazing season of cattle in each of the six paddocks.

Keywords: Grazing, cattle, carbon sequestration, organic matter, grassland.

INTRODUCCIÓN

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

Sin embargo, existe gran variación en los resultados obtenidos en diferentes estudios realizados, debido a que, se han establecido en sitios específicos con diferentes prácticas de pastoreo, razas de ganado y bajo diferentes características de suelo y vegetación. Con base en esto, se pretende evaluar los impactos del pastizal que pueden ocasionar diferentes razas de ganado, ya que los pastizales requieren mejores prácticas de pastoreo y correcta administración del forraje para mantenerlos en buena condición y conservar las funciones esenciales del ecosistema. Por lo tanto, el objetivo fue monitorear los cambios ecológicos ocasionados por el pastoreo de tres grupos raciales en el rancho Teseachi.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se localiza en el Rancho Experimental Teseachi en el municipio de Namiquipa, Chihuahua y cuenta con una supercie de 12,500 ha. Se encuentra entre las coordenadas 28° 47' 42.24" N y 107° 26' 06.79" O, con una altitud de 2,083 msnm. El rango de temperatura fluctua entre -5.9 y 31.6 °C (temperatura media anual de 13 °C) y una precipitación promedio de 580 mm (INEGI, 2015). En el área de estudio predominan gramíneas como *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y especies arbóreas como *Quercus oblongifolia* y *Quercus arizonica*, *Quercus arizonica*, *Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*.

El experimento se realizó en el potrero las “Lajas”, ubicado dentro del rancho Teseachi. Se seleccionaron 2,000 ha y se dividieron en seis potreros de diferentes dimensiones de acuerdo a la topografía del terreno. Se utilizaron tres razas de ganado bovino; criollo, una cruce (angus-criollo) y raza especializada (hereford-angus). Se utilizaron animales de la misma edad, provenientes de las mismas condiciones de reproducción desarrolladas dentro del rancho. En cada potrero se colocaron tres exclusiones distribuidas en diferentes estratos (bajo, medio y alto) y cada una de estas cuenta con una superficie de 60 m², las cuales fueron protegidas con malla ciclónica para evitar la herbivoría por parte del ganado en pastoreo. Para estudiar el impacto del pastoreo del ganado bovino sobre la ecología del ecosistema se evaluaron variables como: materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), densidad aparente (DA) y porcentaje de porosidad del suelo (Po). También, se estimó el porcentaje de piedra y suelo en cada uno de los muestreos establecidos en cada potrero. Las variables ecológicas se analizaron a través de un análisis de componentes principales (ACP), posteriormente, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias utilizando la prueba Tukey. Finalmente, se realizó un análisis de correlación para observar la asociación entre las variables evaluadas. Los análisis se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de componentes principales (CP) mostró que los primeros dos componentes, explicaron el 79.6% de la variabilidad total. Las variables que más contribuyeron al CP1 fueron DA (-0.393), CO (0.515), MO (0.515) y Po (0.483). Estas variables están asociadas con la estructura del suelo, ayudan a prevenir la erosión y mejoran la retención de agua y nutrientes (Fissore *et al.*, 2017).

Finalmente, el CP2 se caracterizó por agrupar solo la variable porcentaje de suelo (0.958), variable que se encarga de dar equilibrio al ecosistema, reteniendo humedad y la disolución de sustancias orgánicas (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2020).

La Figura 2 muestra el porcentaje de MO, CO y Po de los potreros evaluados. Para la cruce (angus-criollo) se presentaron diferencias ($p < 0.029$) y ($p < 0.035$) para las variables MO y Po del suelo, respectivamente, con respecto al ganado criollo. También, se obtuvieron diferencias ($p < 0.003$), ($p < 0.001$) y ($p < 0.021$) para las variables MO, Po y DA, respectivamente, con relación al ganado especializado (hereford-angus).

Por su parte, solo se detectaron diferencias ($p < 0.036$) y ($p < 0.017$) para el estrato bajo en el potrero tres, donde pastorea el ganado especializado (hereford-angus) y el potrero seis donde se encuentra la cruce (angus-criollo), respectivamente. Esto se puede deber a que el ganado especializado no tiende a recorrer grandes distancias y, por lo tanto, solamente se concentra en las partes planas, ocasionando zonas de castigo, perjudiciales para los servicios

ecosistémicos (Conegliano *et al.*, 2022). La craza (angus-criollo) puede mantener estos mismos patrones de pastoreo, debido a que, presenta genes provenientes de una raza especializada como el angus. Por su parte, Raynor *et al.* (2021) mencionan que este tipo de comportamiento en el ganado esta influenciado por la disponibilidad de alimento y la distribución de bebederos en el agostadero.

El análisis de correlación muestra la asociacion de variables por separado, donde se observa que si presentaron una relación ($p < 0.05$). El porcentaje de suelo muestra una asociación negativa con CO (-0.34) y MO (-0.34). De igual forma, DA se relaciono de forma negativa con CO (-0.44), MO (-0.34) y Po (-0.65). Por otra parte, CO se asoció positivamente con MO (0.99) y Po (0.68). Finalmente, la MO mostró una relación positiva con Po (0.68).

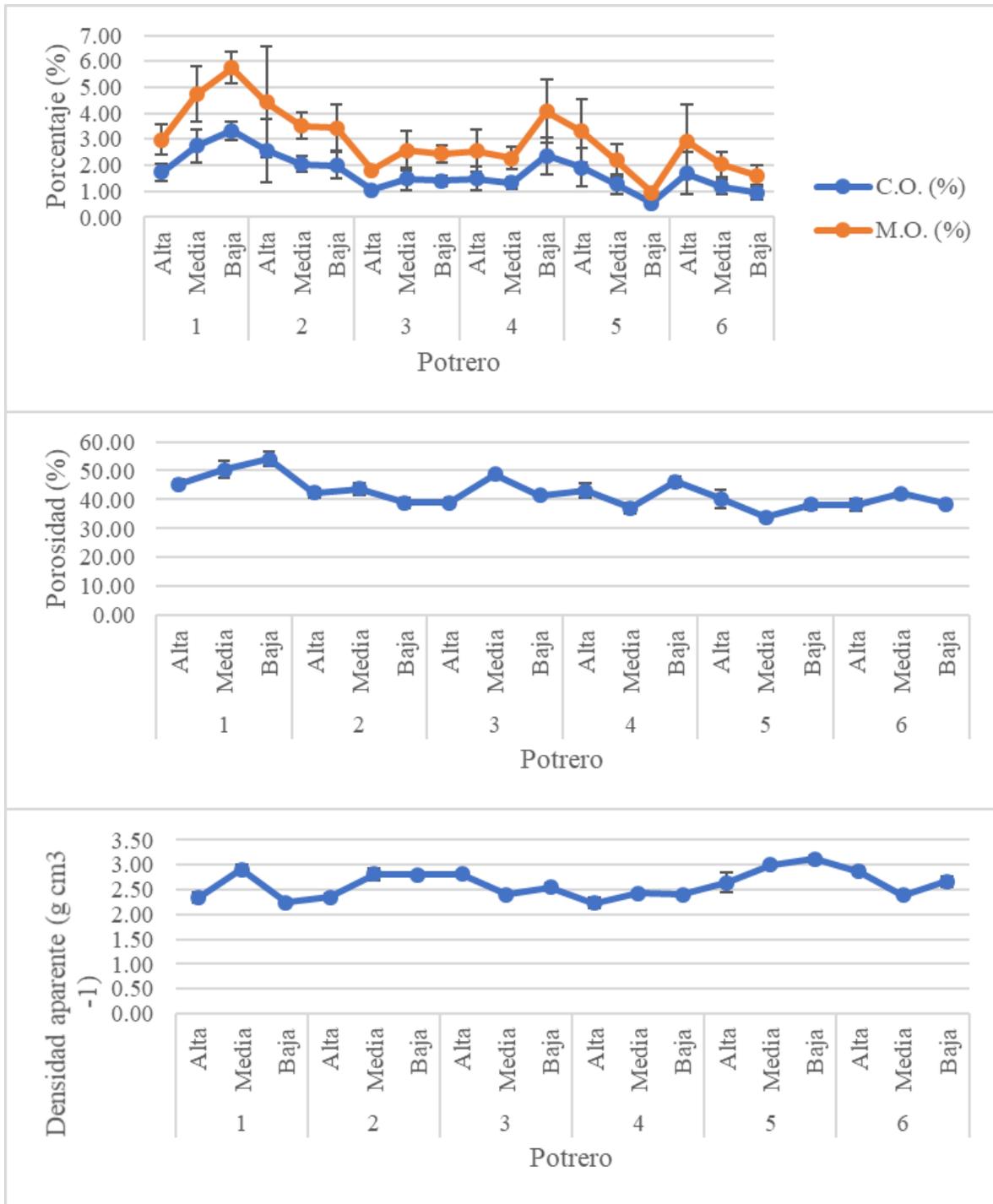


Figura 2. Porcentaje de carbono orgánico (C.O.), materia orgánica (M.O.), porosidad y densidad aparente en los diferentes estratos de los seis potreros.

CONCLUSIÓN

La cruce (angus-criollo) y la raza especializada (hereford-angus) mostraron diferencias ($p < 0.05$) en el estrato bajo, ocasionando una reducción de las variables ecológicas al presentar una mayor concentración del pastoreo en dicha zona. Este es un proyecto a largo plazo. Por lo anterior, los resultados son preliminares, ya que, se obtuvieron durante la primera temporada de pastoreo del ganado.

LITERATURA CITADA

- Conegliano, O. A. H., L. J. Blanco, S. A. Utsumi, A. F. Cibilis, M. G. Cendoy, F. Jaime, and P. Ricci. 2022. Foraging behavior of Argentine Criollo and Angus cows grazing semi-desert rangelands in the Arid Gran Chaco region of Argentina. *J. Arid Environ.* 2016:10482676.
- Cong, W. F., J. van Ruijven, L. Mommer, G. B. De Deyn, F. Berendse, and E. Hoffland. 2014. Plant species richness promotes soil carbon and nitrogen stocks in grasslands without legumes. *J. Ecol.* 102:1163–1170. doi:10.1111/1365-2745.12280.
- Delgado-Baquerizo, M., P. B. Reich, C. Trivedi, D. J. Eldridge, S. Abades, F. D. Alfaro, and B. K. Singh. 2020. Multiple elements of soil biodiversity drive ecosystem functions across biomes. *Nat. Ecol. Evol.* 4:210–220. doi:10.1038/s41559-019-1084-y.
- Dixon, A. P., D. Faber-Langendoen, C. Josse, J. Morrison, and C. J. Loucks. 2014. Distribution mapping of world grassland types. *J. Biogeogr.* 41:2003–2019. doi:10.1111/JBI.12381.
- Döbert, T. F., E. W. Bork, S. Apfelbaum, C. N. Carlyle, S. X. Chang, U. Khatri-Chhetri, L. S. Sobrinho, R. Thompson, and M. S. Boyce. 2021. Adaptive multi-paddock grazing improves water infiltration in Canadian grassland soils. *Geoderma.* 401:115314. doi:10.1016/j.geoderma.2021.115314.
- Fissore, C., B. J. Dalzell, A. A. Berhe, M. Voegtli, M. Evans, and A. Wu. 2017. Influence of topography on soil organic carbon dynamics in a Southern California grassland. *Catena.* 149:140–149. doi:10.1016/j.catena.2016.09.016.
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua. A
- Liu, Y., H. Miao, X. Chang, and G. L. Wu. 2019. Higher species diversity improves soil water infiltration capacity by increasing soil organic matter content in semiarid grasslands. *Land degradation and developmen.* 30:1599–1606. doi:10.1002/ldr.3349.
- Raynor, E., S. P. Gersie, M. B. Stephenson, P. E. Clark, A. S. Spiegel, R. K. Boughton, and D. J. Augustine. 2021. Cattle grazing distribution patterns related to topography across diverse rangeland ecosystems of North America. *Rangeland ecology and management.* 75: 91-103.

ANÁLISIS DEL EFECTO AL PASTOREO EN CUATRO UNIDADES DE PRODUCCIÓN DEL ALTIPLANO POTOSINO

ANALYSIS OF THE EFFECT OF GRAZING ON FOUR PRODUCTION UNITS OF THE ALTIPLANO POTOSINO

Ariadna Quetzal Delgado Padierna, Luis Octavio Negrete Sánchez^{2*}, Gregorio Álvarez Fuentes², Juan Antonio Reyes Agüero²

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Carretera San Luis-Matehuala Km 14.5. Ejido Palma de la Cruz, 78321, Soledad De Graciano Sánchez, S.L.P. México.

²Instituto de Investigación de Zonas Desérticas, Altaír 200, Col, Del Llano C.P. 7837, San Luis Potosí, México.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en los agostaderos colindantes de las áreas excluida y abierta al pastoreo del rancho “El Palmar”, Charcas, SLP; del rancho “Los Garza”, Charcas, SLP también de propiedad privada y con pastoreo de ovejas por más de 60 años y del ejido “El Tepetate”, Santo Domingo, SLP, de propiedad comunal y por lo tanto con pastoreo de diversas especies y sin control de la carga animal desde su creación. Se realizó la clasificación supervisada, la cual permitió identificar únicamente un sitio de agostadero compartido, reconocido como zacatal de *Bouteloua gracilis*, por lo que se determinó que las diferencias señaladas correspondieron a distinta condición de agostadero, resultado de una serie de efectos acumulativos generados por el aprovechamiento al que han estado sometidos. Con la técnica de cuadrantes centrados en un punto, se evaluó la vegetación perenne, su composición botánica, densidad, cobertura, biomasa volumétrica instantánea y diámetro basal. En cada unidad de producción mediante líneas de intercepción de Canfield se evaluó la cobertura actual del suelo a través de sus porciones de suelo desnudo, cubierta con vegetación, mantillo, heces y rocas. Los resultados arrojaron que la lista botánica, biomasa y diámetro basal de las áreas excluida y en pastoreo del Palmar fueron mayores que las de Los Garza y El Tepetate. Con respecto a la densidad, ésta fue más alta en el Tepetate y Los Garza. Asimismo, El Tepetate y Los Garza registraron las mayores proporciones de suelo desnudo y con ello mayor grado de riesgo a erosión.

Palabras clave: Agostaderos, pastoreo, carga animal, zacatal, condición.

ABSTRACT

The present study was carried out in the adjacent pasturelands of the areas excluded and open to grazing of the ranch "El Palmar", Charcas, SLP; of the ranch "Los Garza", Charcas, SLP, also of private property and with sheep grazing for more than 60 years and of the ejido "El Tepetate", Santo Domingo, SLP, of communal property and therefore with grazing of diverse species and without control of the animal load since its creation. A supervised classification was carried out, which allowed the identification of only one shared pasture site, recognized

as a *Bouteloua gracilis* swamp, so it was determined that the differences indicated corresponded to different pasture conditions, the result of a series of cumulative effects generated by the use to which they have been subjected. The perennial vegetation, its botanical composition, density, cover, instantaneous volumetric biomass and basal diameter were evaluated using the quadrat technique centered on a point. In each production unit, using Canfield intercept lines, the current soil cover was evaluated through its portions of bare soil, vegetation cover, mulch, stool and rocks. The results showed that the botanical list, biomass and basal diameter of the excluded and grazed areas of Palmar were higher than those of Los Garza and El Tepetate. With respect to density, it was higher in El Tepetate and Los Garza. Likewise, El Tepetate and Los Garza had the highest proportions of bare soil and thus the highest degree of erosion risk.

Key words: Agostaderos, grazing, stocking, stocking rate, zacatal, condition.

INTRODUCCIÓN

La Ecorregión del Desierto Chihuahuense abarca alrededor de 70 millones de hectáreas que ocupan gran parte de los estados mexicanos de Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, grandes porciones de San Luis Potosí, Nuevo León, y áreas significativas de Texas y Nuevo México en los EE. UU. Asimismo, el área se caracteriza por cuencas áridas y semiáridas y cordilleras del altiplano mexicano, rodeada por la Sierra Madre Oriental del lado este y la Sierra Madre Occidental por el oeste (SEMARNAT, 2016). Los agostaderos, alimentan a los más importantes hatos del país, cuyo aprovechamiento incrementa un gran número de propósitos: desde la producción de cárnicos y leche, hasta la exportación de animales, por tanto es inevitable implementar estrategias sustentables para impedir la sobreexplotación y la presión al ambiente. (SADER, 2019). La sobreexplotación de los recursos del agostadero con carga animal por encima de la recomendada y con carencia de planeación para proteger los procesos naturales de mantenimiento y repoblación vegetal, ha causado la disminución de la diversidad de especies, y puesto en riesgo la permanencia a algunas especies forrajeras deseables para el ganado, o al menos ha disminuido el vigor de estas especies; además la compactación y erosión del suelo contribuyen a los procesos avanzados de desertificación (Alcalá-Galván *et al.*, 2018). Comparar la condición de agostadero de las cuatro unidades de producción en estudio, a través de sus atributos estructurales y funcionales de la vegetación y la cobertura actual del suelo, para medir el impacto de la exclusión al pastoreo y el manejo sustentable del pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en las áreas excluidas (EPE) y con pastoreo (EPP) del rancho “El Palmar”, del municipio de Charcas, SLP, el rancho “Los Garza” (LG), Charcas, SLP, así como el ejido “El Tepetate” (ET) del municipio de Santo Domingo, SLP. Las tres localidades con colindancia entre sí, en una meseta a casi 2,450 msnm. Se tienen un sitio excluido por

12 años (EPE); un sitio con 3 años de pastoreo (EPP); un sitio de propiedad privada con 60 años de pastoreo (LG) y un sitio de propiedad ejidal con 90 años de pastoreo (ET).

Con base en recorridos de campo, y el plano generado por la clasificación no supervisada, entre agosto y septiembre de 2021, se ubicaron cuatro áreas de muestreo, una en cada unidad de producción en estudio. Se aplicó el método sin parcela de cuadrantes centrados en un punto sobre transectos desarrollado por Cottam y Curtis (1956), con las adecuaciones hechas por Aldrete y Aguirre (1982) para su uso en vegetación multiestratificada. Los transectos se establecieron con un cordel de nylon de 100 m de largo, tensado con estacas de acero, con marcas cada 5 m y 25 m para facilitar el levantamiento; a cada 20 m del transecto principal se instaló de manera perpendicular un cordel de 10 m con marcas cada m, para conformar los cuatro cuadrantes. Las especies de plantas registradas con el muestreo se clasificaron según su valor forrajero y su reacción sucesional al pastoreo, como deseables, menos deseables e indeseables, de acuerdo con Valentine (1990) y Bolaños y Aguirre (2000); En cada unidad de producción se realizó el levantamiento de cuatro transectos para un total de 80 puntos de muestreo, 320 cuadrantes y 1280 plantas medidas.

Para estimar el estado de la superficie del suelo en cada levantamiento, se utilizaron cinco Líneas Canfield de intercepción (Canfield, 1941) de 5 m de longitud, instaladas de forma paralela y alterna al transecto principal, las cuales también se georeferenció su inicio y final; a lo largo de estas líneas se midieron las porciones de suelo desnudo y las cubiertas con vegetación, mantillo, piedras o heces. Los valores medios de dichos componentes fueron expresados en centímetros.

Para calcular la densidad de cada especie se utilizó el recíproco del cuadrado de la distancia media de dicha especie (área media de la especie).

Para la estimación de la biomasa volumétrica instantánea de cada individuo se utilizó la fórmula del cono truncado invertido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a los atributos estructurales densidad, biomasa y diámetro basal evaluados en las cuatro unidades de producción, las del ejido El Tepetate (ET) y rancho Los Garza (LG), aunque registraron mayor densidad de las diversas plantas forrajeras deseables evaluadas, en contraste, su vigor está muy disminuido lo que se denota por la biomasa volumétrica instantánea y el diámetro basal significativamente reducidos con respecto a los de las mismas plantas en El Palmar pastoreado (EPP) y El Palmar excluido (EPE). Lo anterior es claro indicador de una tendencia regresiva en la condición de sus agostaderos. Esto coincide con los resultados obtenidos por Abate *et al.*, (2012) en un estudio sobre evaluación de agostaderos del sureste de Etiopía, en el que registran disminución de la biomasa de plantas

forrajeras deseables, así como de la cobertura basal, conforme se incrementa la carga animal y deriva en el empeoramiento de la condición de agostadero.

Las proporciones medias de suelo cubierto por vegetación de las cuatro unidades de producción de este estudio (67.1% EPE, 64.4% EPP, 55.3% LG y 55.0% ET) pueden considerarse buenas y con menor grado de riesgo a erosión y desertificación, pues resultaron superiores a las registradas con igual tamaño de muestra (cinco líneas Canfield de 500 cm) por Lara *et al.*, (2016), en un estudio de tres sitios de agostadero con buena, regular y pobre condición visual del rancho Laguna Seca, Charcas, SLP (con 47, 44 y 42 puntos porcentuales) y del ejido Francisco I. Madero Charcas, SLP (con 12, 14 y 12 puntos porcentuales). Por otra parte, también superan al 47% de cobertura de suelo con vegetación del matorral desértico micrófilo con muchos izotes y al 28% del matorral desértico micrófilo con pocos izotes, registrados por Aguirre *et al.*, (2020) en las parcelas ganaderas del ejido El Castañón, Catorce, SLP, administrado por 25 años como propiedad privada; por su parte, el porcentaje de suelo cubierto con vegetación de ejido El Tepetate ET fue similar al 54% registrado en el ecotono entre el matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo, del estudio en Castañón, sólo que a diferencia de ejido El Tepetate (ET) que es claro que está en deterioro, el sitio de agostadero del Castañón se encuentra en recuperación.

CONCLUSION

El efecto de la exclusión y el del aprovechamiento racional de los agostaderos en el Palmar excluido (EPE) y El Palmar Pastoreado (EPP) fue notorio en los diversos atributos estructurales y funcionales evaluados de la vegetación (densidad, producción de biomasa volumétrica instantánea, diámetro basal de las especies forrajeras), lo que les permite tener condición de agostadero buena y excelente.

En el ejido El Tepetate (ET) y rancho Los Garza (LG) el vigor de sus plantas forrajeras deseables está muy disminuido y es muy probable que en el mediano plazo la mayoría de esas plantas tenderán a desaparecer, también que es posible se incrementará la presencia de especies invasoras o forrajeras indeseables con el consecuente empeoramiento de la condición de sus agostaderos.

La menor cobertura de suelo con vegetación y la mayor proporción de suelo desnudo de ejido El Tepetate (ET) y rancho Los Garza (LG) les confieren a sus agostaderos un grado de riesgo a erosión más alto y por consecuencia de desertificación.

REFERENCIAS

Abate, T.; Ebro, A.; Nigatu, L., 2012. Evaluación de la vegetación leñosa en los pastizales del sureste de Etiopía. En t. Res. J. Agric. Ciencia Ciencias del suelo, 2 (3): 113-126

- Alcalá-Galván, C. H., Barraza-Guardado, R. H., Álvarez, F. A., y Rueda-Puente, E. O. 2018 Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el Noroeste de México. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 433-447.
- Aldrete M., E. y J. R. Aguirre R. 1982. Diferenciación de sitios y condición de agostaderos del noreste del estado de Zacatecas. *Revista Chapingo*. 35-36: 53-58.
- Bolaños M., A. y J. R. Aguirre R. 2000. Evaluación preliminar de los agostaderos forestales del occidente del Estado de México. *Acta Científica Potosina*. 15(2): 74-97.
- Canfield R. H. 1941. Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*. 39 (4): 388-394.
- Cottam, G. y Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451- 460.
- Lara J. P., P. Castillo L., F. M. Patiño, J. A. Rendón H., J. R. Aguirre R. Range site and condition effects on “escamoles” ant (*Liometopum apiculatum* Mayr) nest density. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 2016; 22 (3): 285-302.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural | 08 de noviembre de 2019
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales | 07 de noviembre de 2016
- Valentine J. F. 1990. *Grazing management*. Academic. San Diego, California. USA. 517 p.

COMPOSICIÓN MORFOLOGÍCA EN PASTO MAVUNO (*Urochloa* HÍBRIDO) A DIFERENTES EDADES DE REBROTE E INTENSIDADES DE CORTE

MORPHOLOGICAL COMPOSITION IN MAVUNO GRASS (*Urochloa* HYBRID) AT DIFFERENT REGROWTH AGES AND CUTTING INTENSITIES

Juan Eduardo Godina Rodríguez¹, Santiago Joaquín Cancino^{1*}, Jonathan Raúl Garay Martínez², Benigno Estrada Drouaillet¹, Andrés Gilberto Limas Martínez¹, Yuridia Bautista Martínez³.

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario, Campus, Cd Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Las Huastecas, Carretera Tampico-Mante km 55, Altamira, Tamaulipas, México. C.P. 89610. ³Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus, Cd Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87274
sjoaquin@docentes.uat.edu.mx

RESUMEN

El comportamiento productivo de los pastos depende del manejo agronómico proporcionado, en este sentido, la edad de rebrote e intensidades de corte son parámetros que influyen en la acumulación de forraje. El objetivo de esta investigación fue evaluar el rendimiento de forraje en pasto Mavuno *Urochloa* híbrido a diferentes edades de rebrote e intensidades de corte. Se utilizó una parcela de una hectárea de pasto Mavuno sembrado en surcos a chorrillo con una sembradora de precisión. La distancia entre surcos fue de 15 cm y se depositaron 70 semillas por metro lineal. Se evaluó el rendimiento de forraje a diferentes edades de rebrote (2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas) e intensidades de corte (10 y 20 cm) en un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, en donde las edades de rebrote conformaron la parcela grande y las intensidades de corte la parcela chica. Se determinó el rendimiento de forraje por componente morfológico (hoja, tallo, inflorescencia y materia muerta). Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre edades de rebrote e intensidades de corte, el mayor rendimiento de hoja se obtuvo en la décima semana, con 4883 y 4394 kg MS ha⁻¹ en las intensidades de 10 y 20 cm, respectivamente. La acumulación de tallo e inflorescencia fue mayor en la décima y doceava semana de rebrote en donde no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) entre edades de rebrote e intensidades de corte. En términos de rendimiento, el pasto Mavuno puede ser cosechado en la décima semana, cuando la acumulación de hoja es mayor.

Palabras clave: Pasto Mavuno, acumulación de forraje, edades de rebrote, intensidades de corte.

ABSTRACT

The productive behavior of pastures depends on the agronomic management provided, in this sense the age of regrowth and cutting intensities are parameters that influence the

accumulation of forage. The objective of this research was to evaluate the forage yield of hybrid Mavuno *Urochloa* grass at different regrowth ages and mowing intensities. A plot of one hectare of Mavuno grass sown in trickle furrows with a precision seeder was used. The distance between rows was 15 cm and 70 seeds were deposited per linear meter. Forage yield was evaluated at different regrowth ages (2, 4, 6, 8, 10 and 12 weeks) and cutting intensities (10 and 20 cm) in a randomized complete block design with split plot arrangement, in where regrowth ages formed the large plot and cutting intensities the small plot. Forage yield was determined by morphological component (leaf, stem, inflorescence and dead matter). Significant statistical differences ($p < 0.05$) were obtained between regrowth ages and cutting intensities, the highest leaf yield was obtained in the tenth week, with 4883 and 4394 kg DM ha⁻¹ in the intensities of 10 and 20 cm, respectively. The accumulation of stem and inflorescence was greater in the tenth and twelfth week of regrowth, where no significant statistical differences ($p > 0.05$) were obtained between regrowth ages and cutting intensities. In terms of yield, Mavuno grass can be harvested in the tenth week, when leaf accumulation is greatest.

Keywords: Mavuno grass, forage accumulation, regrowth ages, cutting intensities.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de rumiantes en los sistemas de producción pecuaria está basada en el uso de forrajes, principalmente pastos. Debido a esto, se han desarrollado cultivares híbridos de pastos con la finalidad de incrementar su potencial productivo en términos de rendimiento y calidad, sin embargo, estos pastos son desarrollados para establecerse en determinadas condiciones climáticas y de suelo, por ello, al introducir un nuevo cultivar a determinada región se debe evaluar su comportamiento productivo ante diferentes estrategias de manejo; edades, intervalos e intensidades de corte. De acuerdo con Rojas-García *et al.* (2018) la edad de rebrote e intensidad de corte son factores que inciden en el rendimiento de forraje. Al respecto, Robles-Vega *et al.* (2020) al evaluar diferentes edades de rebrote en cultivares de *Urochloa* obtuvo en el cultivar Mavuno los mayores rendimientos de materia seca 0.89, 1.55 y 2.16 t ha⁻¹ a las 6, 8 y 10 semanas, respectivamente. Por su parte, Rodrigues *et al.* (2021) al evaluar el cultivar mavuno a diferentes intensidades de corte (5 y 15 cm) obtuvo mayor rendimiento de forraje al cosechar a 5 cm (4100 kg ha⁻¹), respecto al obtenido al cosechar a 15 cm (3500 kg ha⁻¹). Por lo anterior, es importante evaluar el comportamiento productivo de las especies forrajeras que se utilizarán en la alimentación animal y determinar el momento óptimo para su aprovechamiento. En este sentido, el objetivo fue evaluar el rendimiento de forraje en pasto Mavuno *Urochloa* híbrido a diferentes edades de rebrote e intensidades de corte.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Posta Zootécnica “Ingeniero Herminio García González” perteneciente a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, ubicada en las coordenadas geográficas 23° 56’ 26.5” N y 99° 05’ 59.9” O, a 193 msnm. Se evaluó el pasto Mavuno *Urochloa* híbrido a diferentes edades de rebrote (2, 4, 6, 8, 10 y 12 semanas) e intensidades de corte (10 y 20 cm de altura residual), mediante un diseño de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas. Se evaluó una pradera de 2500 m² establecida en 2020. Previo a la evaluación, se realizó un corte de uniformidad dependiendo de la intensidad de corte a evaluar y se aplicó una dosis de fertilización de 50-50-50 kg ha⁻¹ de NPK. Los muestreos de forraje fueron al azar, teniendo como parcela útil 1 m², en donde se cosechó el forraje para determinar el rendimiento de materia seca total y por componente morfológico cada una de las edades de rebrote e intensidades de corte antes mencionadas. Del forraje cosechado se tomó una submuestra de 300 g para realizar la separación por componente morfológico (hoja, tallo y material muerto), posteriormente, las muestras de forraje fueron depositadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 55 °C por 72 horas, cumplido el lapso de tiempo indicado las muestras se extrajeron de la estufa y se pesaron registrando el peso de materia seca. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con modelo GLM de SAS (SAS, 2003) en un diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (p=0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la acumulación de hoja se obtuvieron diferencias significativas entre edades de rebrote e intensidades de corte ($p \leq 0.05$). La mayor acumulación de hoja se obtuvo en la décima semana, donde no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) para ambas intensidades de corte (10 y 20 cm) con rendimientos de 4883 y 4394 kg MS ha⁻¹, respectivamente. La mayor acumulación de tallo se obtuvo en la décima y doceava semana de rebrote, en las cuales, no se obtuvieron diferencias significativas entre intensidades de corte ($p \leq 0.05$). De igual manera, en el rendimiento materia senescente, los mayores rendimientos se obtuvieron en la décima y doceava semana de rebrote, en donde no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas tanto para la edad de rebrote como para las intensidades de corte ($p \leq 0.05$).

En general la acumulación de forraje de materia seca en los componentes morfológicos aumenta conforme incrementa la edad de rebrote y cuando alcanza un punto máximo (décima semana) decrece, debido a la maduración y senescencia de los componentes morfológicos. En diferentes investigaciones, se ha reportado un comportamiento similar al evaluar diferentes pastos híbridos del género *Urochloa*, sin embargo, los resultados obtenidos son diferentes a los de esta investigación, los cuales, pueden ser atribuidos al cultivar evaluado,

manejo agronómico y condiciones ambientales donde fueron evaluados los cultivares (Rojas-García *et al.*, 2018; Garay-Martínez *et al.*, 2018).

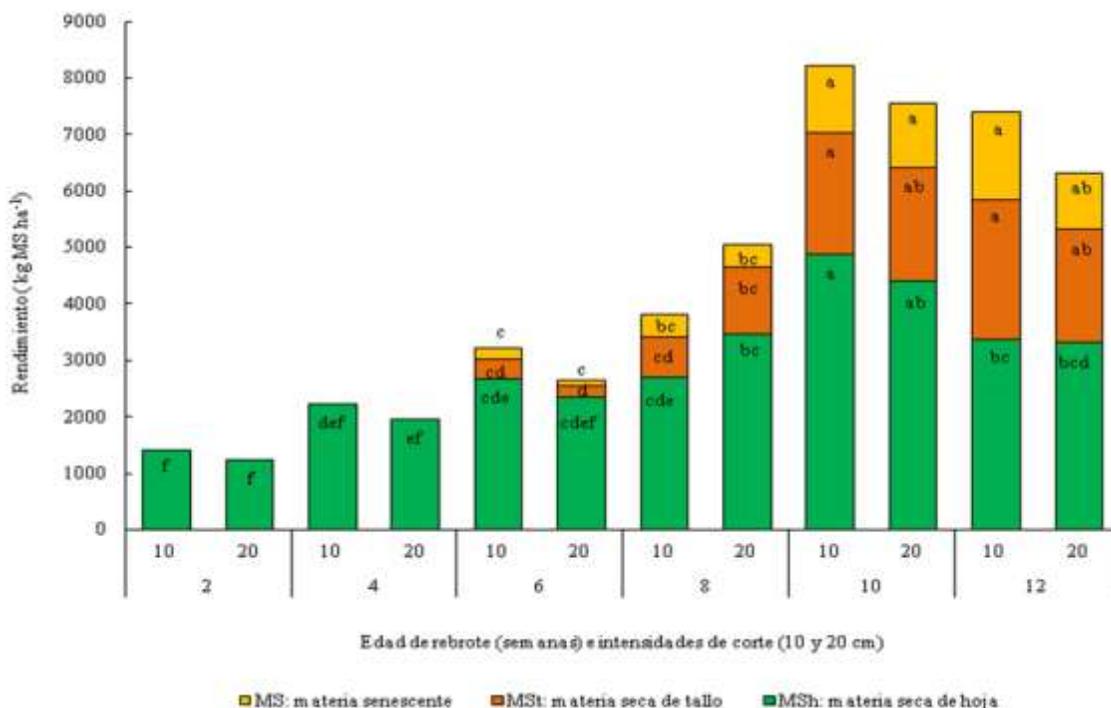


Figura 1. Acumulación de forraje por componente morfológico en pasto Mavuno a diferentes edades de rebrote e intensidades de corte.

CONCLUSIONES

El aprovechamiento de forraje del pasto mavuno se puede realizar en la décima semana, ya que se obtiene la mayor acumulación de forraje y mayor rendimiento de hoja.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por la facilidad brindada en el uso de instalaciones para el establecimiento del proyecto, a la empresa Leguminutre S. A. de C. V. por la aportación del cultivar y a CONACYT por la beca otorgada para la realización del doctorado (CVU: 926708).

LITERATURA CITADA

Garay-Martínez, J. R., S. Joaquín-Cancino, B. Estrada-Drouaillet, J. C. Martínez-González, B. M. Joaquín-Torres, A. G. Limas-Martínez, J. Hernández-Meléndez. 2018. Acumulación de forraje de pasto buffel

- e híbridos de *Urochloa* a diferente edad de rebrote. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 5(15):573-581.
- Robles-Vega, F.J., L. D. Granados-Rivera, S. Joaquín-Cancino, G. Aguado-Lara, M. A. Rivas-Jacobo, J. R. Garay-Martínez. 2020. Forage yield of *Urochloa* cultivars in a warm sub-humid environment. *Agroproductividad*. 13(12):75-81.
- Rodrigues, F., L., J. M. Vendramini B., A. C. Dos Santos, J. C. B. Dubeux J. R., F. R. Miotto C., L. F. Sousa. N. M. Alenkar. 2021. Canopy characteristics of 'Mavuno' hybrid *brachiaria* grass and 'Marandu' palisadegrass harvested at different harvest intensities. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*. 9(3):249-255.
- Rojas-García, A. R., N. Torres-Salado, M. de los A. Maldonado-Peralta, P. Sánchez-Santillán, A. García-Balbuena, S. I. Mendoza-Pedroza, P. Álvarez-Vázquez, J. Herrera-Pérez, A. Hernández-Garay. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra *Brachiaria* híbrido (BR02/1794) a dos intensidades de corte. *Agroproductividad*. 11(5):34-38.

CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA VEGETAL CON BASE EN EL PASTOREO DE TRES RAZAS DE GANADO

CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE VEGETATION BASED ON THE GRAZING OF THREE BREEDS OF LIVESTOCK

David Josue Corral Tena¹, Raúl Corrales Lerma¹, Carlos Raúl Morales Nieto¹, Jaime Neftalí Márquez Godoy¹, Federico Villarreal Guerrero¹, Alfredo Pinedo Álvarez¹, José Humberto vega Mares¹

¹Facultad de Zootecnia y Ecología – Universidad Autónoma de Chihuahua

RESUMEN

El objetivo fue monitorear durante dos años el comportamiento de la vegetación provocado por el pastoreo de tres razas. El área de estudio se localiza en el potrero “Las Lajas” del Rancho experimental Teseachi, Chihuahua. Se seleccionaron 2000 ha y se dividieron en seis potreros. En cada potrero se colocaron tres exclusiones (alta, media y baja). Se seleccionaron tres razas de ganado bovino; criollo, especializado (Hereford-Angus) y una cruce (Angus-Criollo). Para medir los cambios en la vegetación sobre el pastizal se evaluaron variables como porcentaje de suelo desnudo (SD), mantillo (MA), materia seca (MS) y cobertura vegetal (CV). Se detectaron diferencias ($p < 0.05$) en la producción de materia seca y en el porcentaje de cobertura vegetal en el estrato alto y bajo. El ganado cruzado (Angus-Criollo) y el especializado (Hereford-Angus) aumentaron la cobertura vegetal en la parte baja y alta, sin embargo, las tres razas de ganado disminuyeron la producción de materia seca para ambas altitudes. Estos resultados son obtenidos durante el primer año de pastoreo del ganado, por lo tanto, se recomienda seguir la evaluación durante años posteriores, para conocer cuál de las razas podrían ser más beneficiosas con el ecosistema.

Palabras clave: Pastoreo, ganado bovino, cobertura vegetal, suelo desnudo, materia seca.

ABSTRACT

The objective was to monitor for two years the behavior of the vegetation caused by the grazing of three breeds. The study area is located in the "Las Lajas" paddock of the Teseachi Experimental Ranch, Chihuahua. 2000 ha were selected and divided into six paddocks. Three exclusions (high, medium and low) were placed in each paddock. Three breeds of cattle were selected; creole, specialized (Hereford-Angus) and a cross (Angus-Criollo). To measure the changes in the vegetation on the grassland, variables such as bare soil (SD), topsoil (MA), dry matter (DM) and vegetation cover (CV) were evaluated. Differences ($p < 0.05$) were detected in dry matter production and in the percentage of plant cover in the high and low strata. The crossbred cattle (Angus-Criollo) and the specialized one (Hereford-Angus) increased the vegetal cover in the low and high part, however, the three cattle breeds decreased the production of dry matter for both altitudes. These results are obtained during

the first year of cattle grazing, therefore, it is recommended to continue the evaluation during later years, to know which of the breeds could be more beneficial to the ecosystem.

Keywords: Grazing, cattle, plant cover, bare soil, dry matter.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales abarcan entre el 30 y 40 % de la superficie terrestre y cerca del 90 % de esta superficie es utilizada como zonas de pastoreo (Asner et al., 2004; Yan et al., 2015). El pastoreo es el principal causante de los cambios en la estructura de bioma pastizal (Evans et al., 2015; Eldridge et al., 2016). El sobrepastoreo es considerado el principal causante de perturbación en zonas áridas y semiáridas, provocando un descenso en la producción de materia seca (MS), disminuyendo la biodiversidad de especies nativas, invasión de especies exóticas, alterar procesos hídricos y la disminución de procesos ecológicos, como el flujo de nutrientes al suelo (Milchunas et al., 1988; Lunt et al., 2007; Hanke et al., 2014; Eldridge et al., 2016). Todos estos cambios afectan la composición de las especies y ha provocado que el 70 hasta 80 % de los pastizales en todo el mundo se encuentren en malas condiciones debido al sobrepastoreo (Zhang et al., 2015; Rahmaniam et al., 2020). Estos factores son impulsados por el tipo y raza de ganado, intensidad del pastoreo, productividad de la vegetación e historial de pastoreo (Senft et al., 1987; Lunt et al., 2007; Eldridge et al., 2011; Kimuyu et al., 2014). Debido a las condiciones actuales que presentan los pastizales, el manejo adecuado del pastoreo, junto con la selección de la raza de ganado, podrían ser un punto clave para conservar la estructura y composición de especies vegetales. Por lo tanto, el objetivo es monitorear durante dos años el comportamiento de la vegetación provocado por el pastoreo de tres razas de ganado en el rancho experimental Teseachi.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra ubicada en el rancho experimental Teseachi de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en el municipio de Namiquipa. La superficie del rancho cuenta con un área aproximada de 13,500 ha. La temperatura media anual es de 13 °C, con una precipitación anual promedio de 580 mm y una altitud que ronda desde los 1,900 hasta los 2,800 msnm (INEGI, 2015). Su vegetación es variada como especies de pino (*Pinus cembroides* y *Pinus arizonica*), encinos (*Quercus oblongifolia* y *Quercus arizonica*), gramíneas (*Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Muhlenbergia rígida*, *Muhlenbergia pubescens*) y matorrales con especies arbustivas (*Mimosa biuncifera*, *Mimosa dysocarpa* y *Juniperus deppeana*).

El experimento se realizó en el potrero las “Lajas”, ubicado dentro del rancho Teseachi. Se seleccionaron 2,000 ha y se dividieron en seis potreros de diferentes dimensiones de acuerdo a la topografía del terreno. Se utilizaron tres razas de ganado bovino; criollo, una cruce (angus-criollo) y raza especializada (hereford-angus). Se utilizaron animales de la misma edad, provenientes de las mismas condiciones de reproducción desarrolladas dentro del

rancho. En cada potrero se colocaron tres exclusiones distribuidas en diferentes estratos (bajo, medio y alto) y cada una de estas cuenta con una superficie de 60 m², las cuales fueron protegidas con alambre liso para evitar la herbívoría por parte del ganado en pastoreo.

Para estudiar los cambios en la vegetación provocados por el pastoreo de los tres grupos raciales, se analizó la composición florística y la diversidad de especies de plantas. Dos veces por año se realizará un muestreo, dentro la exclusión y zonas fuera de las exclusiones. El muestreo tanto dentro como fuera de la exclusión se realizó utilizando un cuadrante de 1m², donde se registro el porcentaje de suelo desnudo (SD), mantillo (MA), materia seca (MS) y cobertura vegetal (CV). Se realizó una análisis de varianza (ANOVA) con comparación de medias utilizando la prueba Tukey. Los análisis se realizaron con la ayuda del paquete estadístico SAS 9.1.3 (2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra los porcentajes de materia seca, cobertura vegetal, mantillo y suelo desnudo de cada uno de los potreros evaluados. Por otra parte, solo se detectaron diferencias ($p < 0.05$) en la producción de materia seca y en el porcentaje de cobertura vegetal en el estrato alto y bajo en cada uno de los potreros evaluados. El ganado cruzado (Angus-Criollo) y el especializado (Hereford-Angus) aumentaron la cobertura vegetal en la parte baja y alta, sin embargo, las tres razas de ganado disminuyeron la producción de materia seca para ambas altitudes. Estas diferencias se presentaron principalmente al tipo de ganado, la utilización de la vegetación por parte de los animales y a la distribución de agua en el agostadero (Herrera-Congegliano, 2018). Owen-Smith (2008) sugiere que la altitud es un condicionante de la distribución de los animales en pastoreo, debido a que, motivan al traslado de los animales a sitios de condiciones térmicas más favorables. Por otra parte, estos estratos aportan mayor producción de forraje necesarios para mantener el consumo de materia seca presentandose estas características principalmente en la raza criolla (Herrera-Congegliano, 2018).

Estos resultados concuerdan con lo encontrado por Ferrando *et al.* (2001) quienes evaluaron la utilización de la vegetación de un potrero sometido a pastoreo bovino. Estos autores encontraron que al disminuir las especies forrajeras el ganado incrementa su distribución en la búsqueda de alimento a sitios más alejados.

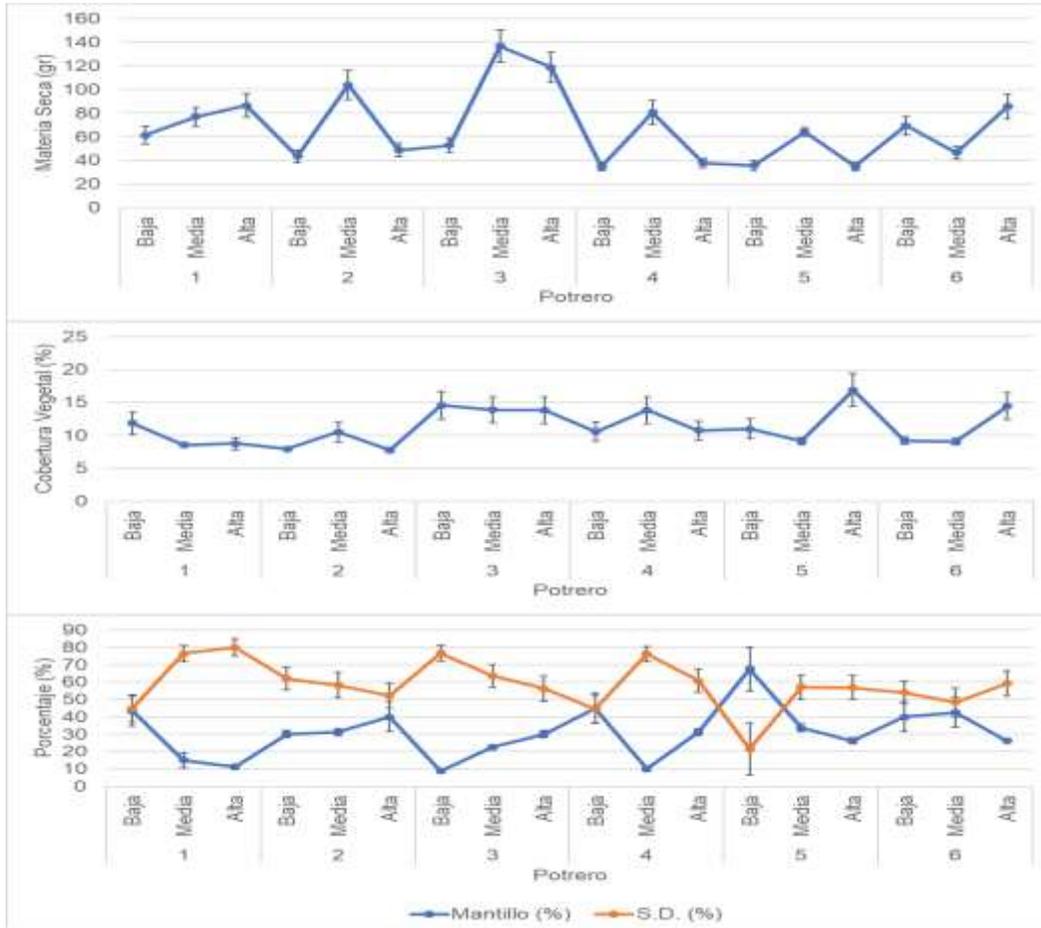


Figura 1. Gramos de materia seca, porcentaje de cobertura vegetal, mantillo y suelo desnudo (S.D.) en diferentes estratos de cada potrero.

CONCLUSIÓN

Se encontró diferenciación para el porcentaje de cobertura vegetal y producción de materia seca en la parte baja y alta con el pastoreo de las tres razas de ganado en los seis potreros. La cruce (Angus-Criollo) y el ganado especializado (Hereford-Angus) mostraron un aumento de la cobertura vegetal, sin embargo, las tres razas evaluadas (Angus-Criollo; Hereford-Angus; Criollo) disminuyeron los gramos de materia seca.

Estos resultados son obtenidos durante el primer año de pastoreo del ganado, por lo tanto, se recomienda seguir la evaluación durante años posteriores, para conocer cual de las razas podrían ser mas beneficiosas con el ecosistema.

LITERATURA CITADA

- Asner, G. P., A. J. Elmore, L. P. Olander, R. E. Martin y A. T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change, *Annu. Rev. Environ. Resour.* 29: 261-299.
- Eldridge, D. J., A. G. Poore, M. Ruiz-Colmenero, M. Letnic y S. Soliveres. 2016. Ecosystem structure, function, and composition in rangelands are negatively affected by livestock grazing. *Ecological Applications.* 26: 1273-1283.
- Evans, D. M., N. Villar, N. A. Littlewood, R. J. Pakeman, S. A. Evans, P. Dennis y S. M. Redpath. 2015. The cascading impacts of livestock grazing in upland ecosystems: a 10-year experiment. *Ecosphere.* 6: 1-15.
- Ferrando, C., V. Burghi, G. Berone, and P. Namur. 2001. Suplementación energético proteica de toritos pastoreando un pastizal del Chaco Árido. *Revista argentina de producción animal.* 21:1-10.
- Herrera-Conegliano, O. A. 2018. Comportamiento en pastoreo del ganado bovino Criollo Argentino y Aberdeen Angus ecotipo Riojano, en pastizales naturales del Chaco Árido. *Disertación Doctoral, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar Plata.*
- INEGI. 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Anuario estadístico y geográfico de Chihuahua.
- Kimuyu, D. M., R. L. Sensenig, C. Riginos, K. E. Veblen y T. P. Young. 2014. Native and domestic browsers and grazers reduce fuels, fire temperatures, and acacia ant mortality in an African savanna. *Ecological Applications.* 24: 741-749.
- Lunt, I. D., D. J. Eldridge, J. W. Morgan y G. B. Witt. 2007. A framework to predict the effects of livestock grazing and grazing exclusion on conservation values in natural ecosystems in Australia. *Australian Journal of Botany.* 55: 401-415.
- Milchunas, D. G., O. E. Sala y W. K. Lauenroth. 1998. A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *The American Naturalist.* 132: 87-106.
- Owen-Smith, N. 2008. Effects of temporal variability in resources on foraging behaviour. *In resource ecology.* 1:159-181.
- Rahmanian, S., M. Hejda, H. Ejtehadi, M. Farzam, P. Pyšek y F. Memariani. 2020. Effects of livestock grazing on plant species diversity vary along a climatic gradient in northeastern Iran. *Applied Vegetation Science.* 23: 551-561.
- Senft, R. L., m. B. Coughenour, D. W. Bailey, L. R. Rittenhouse, O. E. Sala y D. M. Swift. 1987. Large herbivore foraging and ecological hierarchies. *BioScience.* 37: 789-799.
- Yan, R., X. Xin, Y. Yan, X. Wang, B. Zhang, G. Yang y L. Li. 2015. Impacts of differing grazing rates on canopy structure and species composition in Hulunber meadow steppe. *Rangeland Ecology y Management.* 68: 54-64.
- Zhang, Y., D. Huang, W. B. Badgery, D. R. Kemp, W. Chen, X. Wang y N. Liu. 2015. Reduced grazing pressure delivers production and environmental benefits for the typical steppe of north China. *Scientific reports.* 5: 1-11.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE *CLITORIA TERNATEA* EN CONDICIONES DE TRÓPICO

GROWTH ANALYSIS OF *CLITORIA TERNATEA* UNDER TROPICAL CONDITIONS

Joel Ventura Ríos^{1*}, Sarahí Juárez Domínguez¹, Mario Alberto Santiago Ortega², Iliana Barrera Martínez³, Perpetuo Álvarez Vázquez¹, Mario Antonio Vega Loera⁴

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C. P. 25315. ²Centro de Desarrollo Tecnológico "Tantakin" km 4.5 carretera Tzucacab – Escondido Tzucacab, Yucatán, México. C. P. 97960. ³CONACYT-CIATEJ. Camino Arenero 1227, El Bajío, 45019. Zapopan, Jalisco. ⁴INIFAP, CE Altos de Jalisco, Av. Biodiversidad #2470 Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

* joelventur@gmail.com

RESUMEN

En México, las plantas leguminosas forrajeras tropicales no se conocen ampliamente. El objetivo fue evaluar el efecto de la distancia entre plantas sobre la tasa de crecimiento y rendimiento de biomasa de *Clitoria ternatea* sembrada a diferente distancia entre surcos y alturas de corte en condiciones tropicales. Se evaluaron 4 tratamientos y tres repeticiones, durante 88 días después del corte de uniformidad en un diseño de bloques al azar. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando el Proc GLM del SAS. Tratamiento 1: altura 5 cm, distancia 80 cm. Tratamiento 2: altura 10 cm, distancia 80 cm. Tratamiento 3: altura 5 cm, distancia 60 cm. Tratamiento 4: altura 10 cm, distancia 60 cm. La tasa de crecimiento mostro diferencia significativa ($p < 0.05$) en relación a los días de corte entre tratamientos. La mayor producción de biomasa se alcanzó a los 80 d (4825.9 kg MS ha⁻¹) después del corte de uniformidad en las parcelas del tratamiento 1 ($p < 0.05$). De acuerdo con la tasa de crecimiento y rendimiento de biomasa, *Clitoria ternatea* puede ser considerada como una alternativa forrajera para rumiantes en condiciones de trópico.

Palabras clave: *Clitoria ternatea*, leguminosa, días de corte, rendimiento, trópico, crecimiento.

ABSTRACT

In Mexico, tropical forage legume plants are not widely known. The objective was to evaluate the effect of the distance between plants on the growth rate and biomass yield of *Clitoria ternatea* planted at different distance between rows and cutting heights under tropical conditions. Four treatments and three repetitions were evaluated for 88 days after the uniformity cut in a randomized block design. Data were analyzed by analysis of variance (ANOVA) using the SAS Proc GLM. Treatment 1: height 5 cm, distance 80 cm. Treatment 2: height 10 cm, distance 80 cm. Treatment 3: height 5 cm, distance 60 cm. Treatment 4: height 10 cm, distance 60 cm. The growth rate showed difference ($p < 0.05$) at different cutting days. The highest biomass production was reached at 80 d (4825.9 kg DM ha⁻¹) after the uniformity cut in the plots of treatment 1 ($p < 0.05$). According to the growth rate and biomass

yield, *Clitoria ternatea* can be considered as a forage alternative for ruminants in tropical conditions.

Key words: *Clitoria ternatea*, legume, cutting days, yield, tropics, growth.

INTRODUCCIÓN

Las zonas tropicales de México ocupan una superficie del 25% aproximadamente del territorio nacional (equivalente a 55.6 millones de hectáreas), compuestas por una amplia diversidad de ecosistemas con elevado potencial para la ganadería. Las leguminosas forrajeras tropicales han sido muy poco aprovechadas en la alimentación animal y en México, estas plantas han sido poco estudiadas (Sosa *et al.*, 2021). Las leguminosas forrajeras se encuentran de manera abundante en la mayoría de las zonas tropicales de nuestro país, y tienen gran importancia por sus principales atributos como, altos niveles de proteína cruda (12.6 a 25.2%), valores de fibra menores al 40%, lo que permite mejorar el consumo voluntario y la digestibilidad del forraje hasta en un 80% (García-Ferrer *et al.*, 2015) obteniendo mejores índices productivos de carne y leche y composición química de la leche (Villanueva *et al.*, 2004). La planta de *C. ternatea* es una leguminosa tropical y debido a su composición química, rendimiento de biomasa y buena adaptación a condiciones tropicales, favorecen la producción animal a un menor costo (Villanueva *et al.*, 2004). La caracterización morfológica, evaluación agronómica de los recursos fitogenéticos, son actividades importantes que nos permiten describir y diferenciar los atributos cualitativos y cuantitativos de una especie, basados en su utilidad, así como generar conocimiento técnico básico para el manejo, como cultivo en determinadas zonas agroecológicas (Carneiro *et al.*, 2015). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la distancia entre plantas sobre la tasa de crecimiento y rendimiento de biomasa de *Clitoria ternatea* sembrada a diferente distancia entre surcos y alturas de corte en condiciones tropicales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin” propiedad de Fideicomisos instituidos con relación a la agricultura (FIRA), ubicado en el municipio de Tzucacab (19° 38’ y 20° 09’ LN y 88° 59’ y 89° 14’ LO), Yucatán, México a 36 msnm (INEGI, 2000). La zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y con una mínima precipitación en invierno. Las temperaturas fueron monitoreadas por la estación meteorológica del CDT Tantakin. La temperatura máxima oscilo de 32.4 a 33.7 °C mientras que la mínima fue de 17.1 a 19.5 °C. La precipitación acumulada durante esta investigación fue de (655.9 mm), encontrándose mayor precipitación en el mes de agosto (357.1 mm), mientras que junio y julio fueron similares (Figura 1).

Previo a la siembra se realizó un análisis de fertilidad del suelo; pH de 7.2, textura arcillosa (45 % arcilla, 41% arena y 14% limo), los aniones (ppm) fueron: nitrógeno nítrico (N-NO₃) 20.8, fosfatos (P-PO₄) 4.0 y sulfatos (S-SO₄-2) 3.3; cationes (Meq/100 g) fueron: Na (1.5),

K (1.6), Ca (17.2), Mg (5.5) y los microelementos (ppm) fueron: Fe (11.2), Zn (2.1), Cu (2.5), Mn (6.4) y B (0.4). La siembra de *C. ternatea* var. Tehuana se realizó el 12 de febrero del 2021 a razón de 14 kg ha⁻¹ de semilla pura viable, la cual fue proporcionada por Papalotla S.A. de C.V. de México. El suelo se preparó con barbecho y dos pasos de rastra y se surcó a 0.80 y 0.60 m de separación entre sí. Previo a los muestreos se realizó un corte de uniformidad a 5 y 10 cm sobre el nivel del suelo. Los muestreos se realizaron a intervalos de 8 días, dando un total de 11 cortes después del corte de uniformidad. Los tratamientos fueron diseñados en bloques al azar y cada bloque comprendió un área de 5 m². Se evaluaron dos alturas de corte (5 y 10 cm) y dos distancias entre surcos (60 y 80 cm). Para los muestreos se evaluó un metro lineal con tres repeticiones, dando un total de 72 m lineales por tratamiento. Tratamiento 1: altura 5 cm, distancia 80 cm. Tratamiento 2: altura 10 cm, distancia 80 cm. Tratamiento 3: altura 5 cm, distancia 60 cm. Tratamiento 4: altura 10 cm, distancia 60 cm.

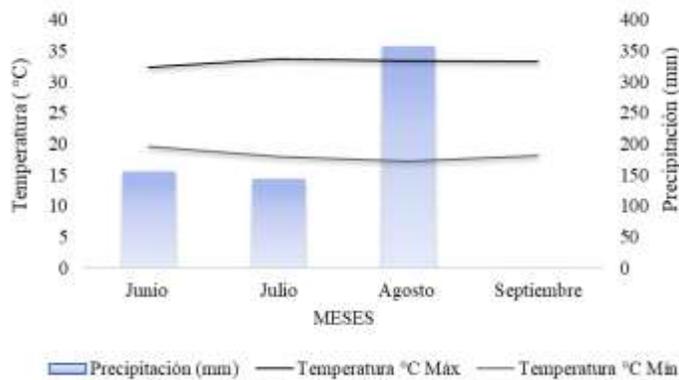


Figura 1. Precipitación, temperatura máxima y mínima durante la fase experimental en el Centro de Desarrollo Tecnológico, “Tantakin”, Tzucacab, Yucatán, México.

La producción de biomasa se determinó por unidad de superficie para cada frecuencia de corte 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88, días después del corte de uniformidad en muestreos destructivos. En cada surco se cortó el forraje total (planta entera), el remanente se dejó a 5 o 10 cm de altura para la recuperación de la planta. La biomasa cosechada se pesó en balanza de precisión (Ohaus, Mod. GT-4000). Después, el peso fresco de una submuestra se registró, se deshidrató en una estufa de convección forzada (Felisa, Mod. FE-243A), a 55 °C hasta peso constante y se obtuvo el peso de la MS. Con los datos de rendimiento de forraje por corte se calculó la tasa de crecimiento (TC) mediante la siguiente fórmula Chapman y Lemaire (1993): $TC = FC/t$, donde; FC = Forraje cosechado (kg MS ha⁻¹) y t = días transcurridos entre un corte y el siguiente. Los datos obtenidos de las variables respuesta se analizaron estadísticamente, utilizando procedimientos del programa estadístico SAS (SAS, 2014), para un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones, mediante un análisis de varianza (ANOVA) usando el Proc GLM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los índices mayores para la tasa de crecimiento se obtuvieron en los muestreos de 72 d, donde en promedio se obtuvo 10.7 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹, las parcelas sembradas a 80 cm y cortadas a 5 y 10 cm de altura no mostraron diferencia estadística (p>0.05), sin embargo, fueron diferente (p<0.05), a la parcela de 60 cm y altura de corte de 5 cm, quien mostro la menor tasa de crecimiento (8.6 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹; Cuadro 1). El rendimiento de biomasa está en función de la tasa de crecimiento, como se demostró en los muestreos a 80 d, donde se alcanzó la mayor producción de biomasa (4825.9 kg MS ha⁻¹) en parcelas de 80 cm entre surcos y altura de corte de 5 cm sobre el nivel del suelo, similarmente, la mejor tasa de crecimiento en promedio (7.0) fue mayor y diferente (p<0.05) para las parcelas sembradas a 80 cm entre surcos y cortadas a 5 cm sobre el nivel del suelo. Generalmente, la tasa de crecimiento está influenciada por factores directos como: agua, nutrientes y luz, estos efectos evidencian la tasa de aparición y elongación del área foliar (Durand *et al.*, 1999). La producción de forraje se incrementó a medida que aumento el corte de uniformidad. La mayor producción se alcanzó a los 80 d (4825.9 kg MS ha⁻¹) después del corte de uniformidad en las parcelas del tratamiento 1 (p<0.05), sin embargo, cuando la planta fue cortada a 10 cm su producción fue de 4278.8 kg de MS ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 1. Tasa de crecimiento de *Clitoria ternatea* a diferentes edades de corte en condiciones tropicales.

Días de corte	n	Distancia en surco / corte (cm)				MEDIA	EEM
		80		60			
		5	10	5	10		
8	12	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0
16	12	1.5	3.2	0.6	1.0	1.6	1.1
24	12	2.0b	5.4a	1.2b	1.7b	2.6	2.1
32	12	5.0	6.6	2.3	3.3	4.3	1.7
40	12	8.1a	7.8a	4.5b	3.8b	6.1	2.5
48	12	7.4a	7.9a	5.2b	3.7b	6.1	2.1
56	12	11.3a	8.3b	5.5c	5.3c	7.6	3.1
64	12	10.9a	7.6b	7.1b	5.5b	7.8	2.9
72	12	11.2a	11.5a	8.6b	11.3a	10.7	1.6
80	12	10.8a	9.6a	7.1b	6.6b	8.5	2.0
88	12	8.3	7.1	6.0	8.3	7.4	1.1
Media		7.0a	6.8ab	4.4bc	4.6c		
EEM	132	4.2	3.2	3.13	3.2		

^{a, b} Diferente literal minúscula, en la misma hilera indican diferencias significativas entre edades de corte (p<0.005).

Cuadro 2. Rendimiento de forraje (kg de MS ha⁻¹) de *Clitoria ternatea* a diferentes edades de corte en condiciones tropicales.

Días de corte	n	Distancia en surco / corte (cm)				MEDIA	EEM
		80		60			
		Altura de corte (cm)	Altura de corte (cm)	Altura de corte (cm)	Altura de corte (cm)		
		5	10	5	10		
8	12	5.6	4.1	5.2	3.3	4.61	1.3
16	12	133.8	292.2	46.0	68.6	135.2	109.5
24	12	278.6	731.2	121.0	178.5	327.3	300.1
32	12	899.9	1189.8	310.6	448.4	712.2	370.8
40	12	1813.5a	1751.6a	758.3b	649.5b	1243.2	667.8
48	12	1996.5a	2122.5a	815.4b	883.3b	1454.4	673.9
56	12	3546.3a	2587.9b	1291.1c	1244.6c	2167.5	1131.0
64	12	3902.4a	2718.4b	1895.1c	1475.5c	2497.9	1152.0
72	12	4493.5ab	4638.3a	2592.5c	3414.8b	3784.8	938.1
80	12	4825.9a	4278.8a	2393.9b	2221.0b	3429.9	1262.8
88	12	3416.3a	2889.2a	2207.1c	3078.5a	2897.8	566.0
Media		2301.1a	2109.5ab	1130.6bc	1242.4c		
EEM	132	1789.0	1517.7	1025.7	1173.2		

^{a, b} Diferente literal minúscula, en la misma hilera indican diferencias significativas entre edades de corte ($p < 0.005$).

Estudios previos han demostrado que se pueden obtener hasta tres cortes al año con producciones de 4 t ha⁻¹ año⁻¹ (Sosa *et al.*, 2008), estos trabajos reportan producciones similares a los resultados obtenidos en los muestreos de 80 d en parcelas sembradas a 80 cm entre surcos. Sin embargo, otros investigadores reportan valores que superan las 4.5 t ha⁻¹ año⁻¹ a 56 d de rebrote, donde *C. ternatea* es usada en heno para la alimentación de bovinos de carne y leche. Otras investigaciones conducidas en México en condiciones tropicales, reportan rendimientos de 3.3 a 5.0 t ha⁻¹ a 63 y 84 d después del rebrote, respectivamente (García-Ferrer *et al.*, 2015). En este estudio, el corte a 56 días después del corte de uniformidad nos permite dar 6.5 cortes al año, alcanzando un rendimiento de 22 795.7 kg de biomasa ha⁻¹, en parcelas sembradas a 80 cm entre surcos y cortadas a 5 cm de altura, mientras que las parcelas sembradas a 60 cm y alturas de corte a 10 cm, nos permitirá obtener un rendimiento de 8 112.1 kg de biomasa ha⁻¹. Por otro lado, las parcelas del tratamiento 3 y 4 sembradas a 60 cm entre surcos mostraron menor producción de forraje en los diferentes muestreos comparado con las parcelas sembradas a 80 cm entre surcos; en estas parcelas, los muestreos a 88 d (3078.5 kg de MS ha⁻¹) alcanzaron el máximo rendimiento cuando la planta fue cortada a una altura de 10 cm sobre el nivel del suelo. Sin embargo, este rendimiento solo fue diferente ($p < 0.05$) a las parcelas que fueron cortadas a 5 cm sobre el nivel del suelo a la misma distancia entre surcos.

CONCLUSIÓN

La menor tasa de crecimiento (8.6 kg de MS ha⁻¹ día⁻¹) se presentó en parcelas sembradas a 60 cm de distancia y altura de corte de 5 cm (p<0.05), sin embargo, la máxima producción de biomasa se alcanzó en parcelas sembradas a distancia de 80 cm y cortadas a una altura de 5 cm a una edad de rebrote de 80 días (4825.9 kg MS ha⁻¹).

LITERATURA CITADA

- Carneiro, Da S.S., Fischer, S.A. y L.E.T. Pereira. 2015. Ecophysiology of C4 forage grasses—understanding plant growth for optimising their use and management. *Agriculture*. 5:598-625. <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>
- Chapman, D. F. y Lemaire G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proceedings of the XVII International Grassland Congress. New Zealand and Australia*. 95 -104.
- Durand, J.L., Schaufele, R. y F. Gastal. 1999. Grass leaf elongation rate as a function of developmental stage and temperatura: Morphological analysis and modeling. *Annals of Botany*. 83:577-588. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0864>
- García-Ferrer L., Bolaños-Aguilar, E.D., Ramos-Juárez, J. Osorio-Arce, M. y Lagunes-Espinoza, LC. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 6(4). 453-468. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v6i4.4105>
- SAS Institute. 201. SAS/STAT User's Guide. Release 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC.
- Sosa, R.E.E., Cabrera, T.E., Pérez, R.D., Ortega, R.L. 2008. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Rev. Tec. Pec. Méx.* 46(4): 413-426.
- Sosa-Montes, E., Alejos-de la Fuente, J. I., Pro-Martínez, A., González-Cerón, F., Enríquez-Quiroz, J. F., y Torres-Cardona, M. G. 2020. Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 24: 211-220. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2371>
- Villanueva, A. J. F. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc. Pecu. Méx.* 42(1):79-96.



SOMOS
ARTE, CIENCIA Y
DESARROLLO
CULTURAL



CONSEJO ZACATECANO DE
CIENCIA, TECNOLOGÍA
E INNOVACIÓN
ESTADO DE ZACATECAS

