MEMORIAS

DEL XIV CONGRESO

INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES Y ENCUENTRO GANADERO DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

CHIHUAHUA, CHIH. OCTUBRE 2025

Instituciones Colaboradoras

XIV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales

"Más allá de la sequía: innovaciones tecnológicas para una ganadería sostenible"

SOCIEDAD MEXICANA DE MANEJO DE PASTIZALES A.C.

Y

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHIHUAHUA

FACULTAD DE ZOOTECNIA Y ECOLOGÍA

COMPILADORES
D. Ph. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez
Dr. Carlos Raúl Morales Nieto
M.C. Jesús Manuel Ochoa-Rivero
D. Ph. Alan Álvarez Holguín

Para citar esta obra: Gutiérrez, G. G. O., Morales, N. C. R., Ochoa-Rivero, J. M., y Álvarez, H. A. (eds.). 2025. Memorias del XIV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Universidad Autónoma de Chihuahua-SOMMAP. Chihuahua, Chih., México.

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

MESA DIRECTIVA

SOCIEDAD MEXICANA DE MANEJO DE PASTIZALES A.C.

SOMMAP 2023-2025

PRESIDENTE

Dr. Francisco Oscar Carrete Carreón

VICEPRESIDENTE

D. Ph. Alan Álvarez Holguín

SECRETARIO EJECUTIVO

Dr. Fernando Sánchez Arroyo

TESORERO

Dr. Carlos Enrique Aguirre Calderón

VOCALES

Dr. Daniel Rodríguez Tenorio

Dr. Héctor Gutiérrez Bañuelos

D. Ph. Raúl Corrales Lerma

M.C. Jesús Manuel Ochoa-Rivero

Dr. Carlos Raúl Morales Nieto

Dr. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez

Ph. D. Pedro Jurado Guerra

COMITÉ ORGANIZADOR

XIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES

PRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR

D. Ph. Alan Álvarez Holguín

VICEPRESIDENTE DEL COMITÉ ORGANIZADOR

D. Ph. Alfredo Pinedo Álvarez

COORDINADOR DEL COMITÉ DE GESTIÓN DE RECURSOS Y DIFUSIÓN

D. Ph. Raúl Corrales Lerma

COLABORADORES

M. C. Alicia Juárez Pérez
Biól. Rogelio Andrés Maciel de la Garza

COORDINADOR DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Carlos Raúl Morales Nieto

COLABORADORES

D. Ph. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez
Ph. D. Pedro Jurado Guerra
Dr. Ricardo Alonso Sánchez Gutiérrez
Ph. D. Héctor Ramírez Garduño
Dra. Edith Ramírez Segura
Ph. D. Gabriel Sosa Pérez
Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz
D. Ph. Jaime Neftalí Márquez Godoy
M. C. Jesús Manuel Ochoa Rivero
Biól. Mario Humberto Royo Márquez
Ph. D. Alicia Melgoza Castillo
M. C. Omar Castor Ponce García
D. Ph. Jesús Alejandro Prieto Amparán
D. Ph. Raúl Corrales Lerma
Ph. D. Federico Villarreal Guerrero
M. C. Pamela Hernández Delgado

COORDINADOR DE PONENCIAS MAGISTRALES
Ph. D. Federico Villarreal Guerrero

COLABORADORES
Biól. Rogelio Andrés Maciel de la Garza
M. C. Humberto Lagos Gómez
Ph. D. Gerardo Arturo Bezanilla Enríquez

COORDINADOR DE PONENCIAS CORTAS
Dr. Martin Martínez Salvador

COLABORADORES
D. Ph. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez
Ph. D. Pedro Jurado Guerra
Ph. D. Héctor Ramírez Garduño
M. C. Nancy Hernández Rodríguez
D. Ph. Jaime Neftalí Márquez Godoy
D. Ph. Sergio Ramírez Ordoñez
Ph. D. Andrés Francisco Martínez Rosales

COORDINADORA PONENCIAS EN CARTEL
Dra. Nathalie Socorro Hernández Quiroz

COLABORADORES
Ph. D. Héctor Ramírez Garduño
Ing. Joshua Álvarez Acacio
Ing. Marianela Echeveste Hernández
Ing. Victor A. Robles Shaffino

COORDINADOR DE TALLERES
D. Ph. Jesús Alejandro Prieto Amparán

COLABORADORES
M. C. Alicia Juárez Pérez
Dr. Martín Martínez Salvador
Ph. D. Gabriel Sosa Pérez

M. C. Karen Meraz Molina
M. I. Daniela Aguilar Urrutia
M. C. David Efraín Hermosillo Roja
Ing. Gerardo Valenzuela Borunda

COORDINADOR DE LA COMPETENCIA DE CONOCIMIENTOS EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE PASTIZALES
M. C. José Guadalupe Martínez Martínez

COLABORADORES
M. C. Jorge Luis Castrellón Montelongo
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

COORDINADOR DE CONCURSO DE IDENTIFICACIÓN DE PLANTAS DE PASTIZAL
Dr. Javier Ochoa Espinoza

COLABORADORES
Dr. José Humberto Vega Mares
Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
M. C. José Guadalupe Martínez
Ing. Joshua Alvarez Acacio
Dr. Abraham Díaz Romo

COORDINADOR DE REDES SOCIALES Y DIVULGACIÓN
D. Ph. Obed Gabriel Gutiérrez Gutiérrez

COLABORADORES
M. S. L. Luis David Castillo Loya

COORDINADOR DEL COMITÉ DE EVENTOS SOCIALES Y DEMOSTRATIVO
M. C. José Alfredo Villarreal Balderrama

COLABORADORES
M. C. Alicia Juárez Pérez
Biól. Rogelio Andrés Maciel de la Garza

Ing. Jesús Alejandro Sandoval Villalobos
D. Ph. Raúl Corrales Lerma
Ph. D. Felipe Alonso Rodríguez Almeida
D. Ph. Alfredo Pinedo Álvarez
D. Ph. Jesús Alejandro Prieto Amparán
Dr. Martín Martínez Salvador
Dr. Carlos Raúl Morales Nieto

COORDINADOR DEL COMITÉ DE LOGÍSTICA
M.A. Elena Olivia Sandoval Romero
Ing. José Miguel Prieto Rivero

COLABORADORES
M. C. Alicia Juárez Pérez
Biól. Rogelio Andrés Maciel de la Garza
Karla Natasha Sáenz Herrera
Audrhet Pilar Hernández Barrallasco
Christopher Levi González Ruiz
Iván Jáquez Loya
Alejandro Ornelas Villagrán
Perla Karina Avilez Herrera
Ximena Mendoza Pérez
Juan Pablo Lechuga Estrada
Santiago Velarde Altamirano
Justine Yahir Fierro García
Naim Alberto Fierro García
José Antonio Sánchez Campuzano
Diego Abram Rosales Herrera

COORDINADOR DEL COMITÉ DE IMAGEN Y DISEÑO
M. C. Jesús Manuel Ochoa Rivero

COLABORADORES
Audrhet Pilar Hernández Barrallasco
M. C. Pamela Hernández Delgado

IMÁGENES DE PORTADA Y CONTRAPORTADA
M. C. Pamela Hernández Delgado

COORDINADOR DEL COMITÉ DEL SIMPOSIO CAPRINOCULTURA Y SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL

Ph. D. Elisabeth Huber-Sannwald

COLABORADORES

M. C. Andrea Valeria Guzmán Miranda

COORDINADOR DEL COMITÉ DE STANDS DEMOSTRATIVOS

Ph. D. Gerardo Arturo Bezanilla Enríquez

COLABORADORES

M. C. Humberto Lagos Gómez
M. C. Manuel Gustavo Chávez Ruíz

COMITÉ ORGANIZADOR DEL III ENCUENTRO GANADERO DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

M. C. Alicia Juárez Pérez
Biól. Rogelio Andrés Maciel De La Garza
Ing. Sara Gabriela Sáenz González
D. Ph. Alan Álvarez Holguín
M. C. Humberto Lagos Gómez
M. C. Eduardo Sánchez Murrieta
Biól. Adriana Elizabeth Mendoza Armendáriz
Ing. Manuel Osvaldo Tarango Ponce
Ing. Gilberto Pérez Arzate
Ing. Paola Maynez Alcalá
Ing. Victoria Herrera Parra
Ing. Gerardo Valenzuela Borunda
Lic. Gabriela Bustillos Nuñez
Ing. Priscila Mendoza Saldívar
Lic. Carolina Muñoz Cervantes
Ph. D. Arvind Panjabi

PRESENTACIÓN

La Sociedad Mexicana de Manejo de Pastizales, A.C. (SOMMAP) designó este año a la ciudad de Chihuahua como sede del XIV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales, celebrado del 24 al 26 de septiembre de 2025. Este encuentro reunió a investigadores, productores, estudiantes, técnicos y tomadores de decisiones para dialogar y compartir experiencias bajo el tema central: "*Más allá de la sequía: innovaciones tecnológicas para una ganadería sostenible*". Esta temática nació de la necesidad de reconocer que las sequías en el norte de México no son eventos aislados ni pasajeros, sino fenómenos recurrentes que exigen preparación constante basada en ciencia, tecnología y saberes tradicionales. Este año 2025 ha sido más lluvioso en distintas regiones del norte del país; sin embargo, la lluvia no significa que la sequía haya terminado, sino que estamos simplemente un paso más cerca de la siguiente. Esta realidad nos motiva a anticiparnos y construir estrategias que fortalezcan la resiliencia de nuestros sistemas ganaderos y ecosistemas.

Los pastizales del Desierto Chihuahuense, que se extienden a lo largo de Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas y estados vecinos, son ecosistemas clave para la ganadería extensiva, la biodiversidad y los servicios ambientales. Su conservación es vital, pues sostienen la economía de miles de familias ganaderas y proveen servicios, como la infiltración de agua para recarga de mantos freáticos y la captura de carbono para mitigar el cambio climático. El Estado de Chihuahua resultó un escenario ideal para este congreso por su vasta superficie de 247,460 km^2, de los cuales 63.4 % corresponden a zonas áridas y semiáridas, donde predominan los sistemas de vaca-cría y exportación de becerros al destete, actividades estrechamente ligadas al manejo de pastizales y agostaderos. Este contexto permitió reunir en un mismo espacio a académicos, estudiantes de licenciatura y posgrado, ganaderos y tomadores de decisiones para intercambiar conocimiento y experiencias. Una de las principales fortalezas de esta edición fue la integración del III Encuentro Ganadero del Desierto Chihuahuense, lo que permitió acercar el conocimiento científico a los productores y abrir un diálogo directo entre el sector académico y quienes viven y trabajan en los pastizales. Las conferencias magistrales, paneles de discusión, talleres, ponencias orales y carteles ofrecieron una visión integral de los retos y oportunidades para enfrentar el cambio climático, restaurar áreas degradadas, mejorar la rentabilidad de las unidades de producción y promover una ganadería regenerativa.

Estas memorias reúnen los trabajos académicos presentados durante el evento y son testimonio del esfuerzo colectivo por avanzar hacia una ganadería más resiliente, innovadora y sostenible, en equilibrio con los ecosistemas de pastizal del norte de México. El comité organizador agradece profundamente la participación y apoyo de las

instituciones, organizaciones y empresas que hicieron posible este Congreso: Pronatura Noreste A.C., Evaluación Integral y Restauración de Hábitat, Universidad Autónoma de Chapingo, Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua, Desarrollo Rural del Municipio de Chihuahua, Buró de Convenciones del Estado de Chihuahua, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Universidad Autónoma de Zacatecas, Instituto Tecnológico de El Salto, Universidad Juárez del Estado de Durango, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Colegio de Postgraduados, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza a través del proyecto CONECTA, Bird Conservancy of the Rockies, Society for Range Management-Sección México, Tonkawa Consulting, Rio Grande Joint Venture, Rancho Tres Papalotes, Universidad Agraria Antonio Narro, Clúster Minero de Chihuahua, Agnico Eagle México, Iniciativa para el Año Internacional de Pastizales y Pastores, así como la Universidad Autónoma de Chihuahua a través de la Facultad de Zootecnia y Ecología.

Gracias al compromiso de todas estas instancias y a los comprometidos miembros del comité organizador fue posible celebrar este magno evento.

Es un honor para el comité organizador presentar las Memorias del XIV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales y III Encuentro Ganadero del Desierto Chihuahuense, celebrados en la ciudad de Chihuahua, México.

D. Ph. Alan Álvarez Holguín

Presidente de la SOMMAP 2025-2028

ÍNDICE

EVALUACIÓN ESTOMÁTICA DE CINCO LEGUMINOSAS FORRAJERAS PRESENTES EN MÉXICO 2

Jaime N. Márquez-Godoy[1]*, Edith Ramírez-Segura[2], Erickson Basave-Villalobos[3], Celi Gloria-Calixto[4], Abieser Vázquez-González[5] 2

EFICIENCIA GERMINATIVA EN SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., CON SHOCK TÉRMICO 7

Raúl Plascencia-Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Salvador Carranza-González[1], Leonor Miranda Jiménez[1]; Adrián Hernández Livera[1]. 7

PASTOS ASOCIADOS A UNA NOGALERA Y SU IMPORTANCIA EN LA DIETA DE LA TUZA ARENERA (*Geomys arenarius*) 12

Rueda Torres J. Rolando[1]*, Martínez Calderas Jesús Manuel[2], Gatica Colima Ana B.[1] 12

DISPERSIÓN DE SEMILLAS POR BISONTE AMERICANO EN EL NORTE DE COAHUILA 16

José de Jesús Romero Sánchez[1], Javier Ochoa-Espinoza[1]*, Aida Isabel Leal Robles[2], Juan A. Encina Domínguez[1], José Antonio Hernández Herrera[1], Perpetuo Álvarez Vázquez[1] 16

RADIACIÓN SOLAR EN LA PRODUCCIÓN DE *Tripsacun dactyloides* L., EN LA REGIÓN TEMPLADA 21

Raúl Plascencia Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], José Alberto Salvador Escalante Estrada[1], Leonor Miranda Jiménez[1], Cándido López Castañeda[1]. 21

POTENCIAL FORRAJERO DE *Elymus trachycaulus* Y *Bromus carinatus* EN ALMOLOYA, HIDALGO 26

José Manuel Olvera Aguilar[1]*, José Guadalupe Martínez Martínez[1] 26

DINÁMICA TEMPORAL DE ESPECIES CLAVE DE GORRIONES EN RESPUESTA A ACCIONES DE MANEJO DE PASTIZALES 30

Neyla P. Nieto Gutiérrez[1], J. Javier Ochoa-Espinoza[1]*, Isamar González García[2], J. Antonio Hernández Herrera[1], Nestor Ascención Ríos[3] y Luis Lauro de León González[1] 30

DIVERSIDAD DE DIETA DEL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) DE SIERRA DE MORONES EN ZACATECAS 35

Juan Manuel Galván-Saucedo[1], Eduardo Valdéz-Romero[1], Héctor Emanuel Valtierra-Marín[2], Lucia Degadillo-Ruiz[1], Marisa Mercado-Reyes[1]*. 35

DETERMINACIÓN DE FDN Y FDA EN ENSILADOS DE MAÍZ (Zea mays) ACIDIFICADOS, TRATADOS CON DIFERENTES ADITIVOS 41

Luis Gabriel Garcia-delaPuerta[1], Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas[1*], Alejandro Espinoza-Canales[1], Daniel García-Cervantes[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1] 41

EFECTO DEL PASTOREO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO 46

Janeth Esmeralda Barraza Domínguez[1*], Alicia Melgoza Castillo[1]. 46

MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL ALGODÓN SILVESTRE *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. EN MÉXICO 50

Alma Delia Baez-González[1*], Alicia Melgoza-Castillo [2], Mario Humberto Royo-Márquez [3*], James R. Kiniry [4] y Manyowa N. Meki[5] 50

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE SOTOL (*Dasylirion* spp.) OBTENIDAS DE UNA POBLACIÓN NATURAL EN EL ESTADO DE DURANGO 55

Deysy Alejandra Gutiérrez-Armijo[1], Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán[1], Amaury Esquivel-Romo[1], Apolinar González-Mancilla[1], María Esther Ríos-Vega[1]* 55

SUPLEMENTACIÓN CON FORRAJES AMONIFICADOS EN ÉPOCA SECA SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE BECERROS EN PASTOREO 61

Manuel Jesús Franco Astorga[1], Amaury Esquivel Romo[1*], Jorge Arturo Bustamante Andrade[1], Luis Jesús Barrera Flores[1], Apolinar Gonzales Mancilla[1] 61

EVALUACIÓN DE DIFERENTE RESOLUCIÓN ESPACIAL EN IMÁGENES DE DRONES PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN PASTIZALES 65

Gabriel Sosa Pérez[1*], José Luis García Pérez[1], Pedro Jurado Guerra[1] 65

PRUEBA DE GERMINACIÓN DE UN "COMPUESTO DE SEMILLAS" RECOLECTADAS EN UN PASTIZAL NATIVO 70

Francisco Antonio Rubio Aguirre[1] Francisco G. Echavarría Chairez*[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[3] 70

EVALUACIÓN DE ECOTIPOS NATIVOS DE *Panicum virgatum* L. EN EL ALTIPLANO ZACATECANO 75

Francisco Antonio Rubio Aguirre[1], Francisco G. Echavarría Chairez[2]*, José Francisco Villanueva Avalos[3], Adrián R. Quero Carrillo[4] 75

MANEJO AGRONÓMICO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE KENAF (*Hibiscus canabinus*) 80

Daniel González González[1*], Miguel Ángel Gastelum Delgado[2], José Antonio Aguilar Quiñonez[2] 80

CALIBRACIÓN DEL MODELO "CarbonPast" EN UN PASTIZAL DE ZACATE AFRICANO (*Eragrostis lehmanniana*) EN CHIHUAHUA 84

Pedro Jurado Guerra[1]*, Gabriel Sosa Pérez[1], Héctor Ramírez Garduño[1], José Luis García Pérez[1] 84

RENDIMIENTO DEL PASTO PANGOLA (*Digitaria eriantha* Steud) BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA 89

Anadelia Antonio-Medina[1], Abigail Castro-González[1*], Aurelio Morales-Rivera[2], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[3], Eusebio Ortega-Jiménez[4], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[5] 89

POTENCIAL GERMINATIVO EN PASTOS FORRAJEROS MEDIANTE TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE LATENCIA 94

Yesly Lizbeth Cazares-Villanueva[1*], Lidia Rosaura Salas-Cruz[1], Carlos Alberto Hernández-Martínez[1], Maginot Ngangyo-Heya[1], Juan Emmanuel Segura-Carmona[1] y Jesús Andrés Pedroza-Flores[1]..... 94

GERMINACIÓN Y RESPUESTA DE PLANTULAS DE GUAJILLO (*Senegalia berlandieri*) A LA APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA 98

Mersedes Espino-Moreno[1], María Esther Ríos-Vega[1], Amaury Esquivel-Romo, Apolinar González-Mancilla[1], Ignacio Orona-Castillo[1], Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán[1]* 98

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE LA VEGETACIÓN (VCI) EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO 103

Karen Meraz-Molina[1], Federico Villarreal-Guerrero[1], Alfredo Pinedo-Alvarez[1], Raúl Corrales-Lerma[1], Alan Álvarez-Holguín[1], Nathalie S. Hernández-Quiroz[1], Jesús A. Prieto-Amparán[1]* 103

ETAPAS FENOLÓGICAS DE SEMILLA DE *Bouteloua curtipendula* (MICHX.) TORR., MEDIANTE CLASIFICACIÓN POR REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES 108

Axel Reggy Pérez Francisco[1], Juan Pablo Ambrosio Ambrsio[2], Nancy Cadena Ramírez[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Juan Manuel González Camacho[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[2]*.....108

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CALIDAD EN SEMILLA DE *Megathyrsus maximus* (JACQ.) BK SIMON & SWL JABOBS..... 113

Wilber López Sánchez[1], Yael Esbeydy Valenzuela Haro[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Juan Pablo Ambrosio Ambrosio[2], Juan Manuel González Camacho, Adrián R. Quero Carrillo*[2]113

GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE PROPÁGULOS DE *Sporobolus airoides* (TORR.) TORR 118

Francisco Santiago Hernández[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], Paulino Pérez Rodríguez[1] 118

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE EXTENSIONISMO GANADERO EN PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO 123

Manuel Osvaldo Tarango Ponce [1], Eduardo Sánchez Murrieta[1*], Gilberto Pérez Arzate[1], Alicia Juárez Pérez[1], Adriana Mendoza Armendáriz[1], Arvind Panjabi[2].....123

CAPTURA DE CARBONO Y COBERTURA VEGETAL DE UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO 127

Daniel Sierra Franco[1], Carlos Enrique Aguirre Calderón[1*] 127

VALOR NUTRITIVO DE TRES VARIEDADES DE *Pennisetum purpureum* EN DIFERENTES EDADES DE REBROTE..... 131

José Antonio Aguilar-Quiñonez[1], Daniel Gonzalez-González[2], Pablo Carlos Arellano-Piña[1], Emiliano Alejandro Corrales-Navarro[1], Miguel Antonio Cárdenas-Contreras[1], Carlos Vladimir Lopez-Aispuro[1]. Miguel Ángel Gastélum-Delgado[1*] 131

REVISIÓN: GRAMÍNEAS NATIVAS PARA RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO 135

Victoria Guadalupe Fierro Candia[1], Raúl Corrales Lerma*[1], Alan Álvarez Holguín[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Martín Martínez Salvador[1], Jesús Alejandro Prieto Amparán[1], Alfredo Pinedo Alvarez[1], Federico Villarreal Guerrero 135

GERMINACIÓN DE SEMILLA DE NAVAJITA SILVESTRE [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth.)] COSECHADA EN UN RANCHO CONSERVADO ANTE DOS AÑOS ANTERIORES DE SEQUÍA 140

Candelario Iván Jaquez Loya[1], Raúl Corrales Lerma*[1], Alan Álvarez Holguín[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Martín Martínez Salvador[1], Jesús Alejandro Prieto Amparán[1], Alfredo Pinedo Alvarez[1], Federico Villarreal Guerrero[1].....140

PERFIL DE LA BIOMASA AÉREA ACUMULADA EN VERANO DE *Crotalaria pumila* Ort. 145

Jesús Adán Martínez Zaragoza[1], Pedro Arturo Martínez Hernández[1], José Luis Zaragoza Ramírez[1], Enrique Cortés Díaz[1] 145

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) 150

Álvaro Alan Villarreal Gándara[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1*], Alan Álvarez Holguin[1], Raúl Corrales Lerma[1], Carlos Avendaño Arrazate[2], Eulogio De La Cruz Torres[3]. 150

PRESENCIA DE AVES MIGRATORIAS CON RELACIÓN A LA VEGETACIÓN DISPONIBLE EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA 155

Carlos Gustavo Monzón Burgos[1], Alan Álvarez Holguín*[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Alicia Melgoza Castillo[1], Arvind O. Panjabi[2], Nelson Aguilar Palma[1] 155

POLINIZACIÓN DE CULTIVOS POR *Apis Mellifera* (L.) Y LA CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA A LOS APICULTORES EN CHIHUAHUA 159

Mario Humberto Royo Márquez[1]*, Elizabeth Pérez Ruiz[1], Mercedes Borja Bravo[2] 159

EL LÚPULO MEJORA RETENCIÓN DE NITRÓGENO Y MICROBIOTA EN POLLINAZA PARA SUPLEMENTAR ANIMALES EN PASTOREO 164

Oscar Ruiz-Barrera[1*], Lianne Romero-Vilorio[1], Yamicela Castillo-Castillo[1], Francisco Castillo-Rangel[1], Einar Vargas-Bello-Perez[1], Robin Anderson[2] y Michael D. Flythe[2]. 164

PRESENCIA DE AVES MIGRATORIAS CON RELACIÓN A LA VEGETACIÓN DISPONIBLE EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA 169

Carlos Gustavo Monzón Burgos[1], Alan Álvarez Holguín*[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Alicia Melgoza Castillo[1], Arvind O. Panjabi[2], Nelson Aguilar Palma[1] 169

POTENCIAL ALIMENTICIO DE HOJAS DE ESPECIES DE HUIZACHE EN FUNCIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA 174

Diana Sofía Torres Velázquez[1*], Karina Araiza Ponce[1], Manuel Murillo Ortiz[1], Jesús Bernardo Páez Lerma[2], Damián Reyes Jáquez[2] 174

IMPACTO NUTRICIONAL POR INVASIÓN DE CARRETERO (*Bothriochloa pertusa*) EN PRADERAS DE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris*) 179

Juan Emmanuel Segura Carmona[1], Nydia Corina Vásquez Aguilar[1], Humberto González Rodríguez[2], Hugo Bernal Barragán[1*] 179

EFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VAQUILLAS DE REEMPLAZO CON DIETAS DE BAJA CALIDAD 184

Oliver Yaotzin Sánchez-Barboza[1], Octavio Carrillo-Muro[1], Pedro Hernández-Briano[1], Daniel Rodriguez-Cordero[1], Gabriel Encarnación Romero-Ocampo[1], Rosalba Lazalde-Cruz[2]. ...184

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROPIONATO DE CALCIO EN VAQUILLAS ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA CALIDAD: PESOS 189

Gabriel Encarnación Romero Ocampo[1], Alejandro Rivera Villegas[1*], Octavio Carrillo Muro[1], Pedro Hernández Briano[1], Carlos Aurelio Medina Flores[1], Alejandra Ríos Domínguez[1] 189

MAÍZ (*Zea mayz*) FORRAJERO EN SUELOS CONTAMINADOS: EFECTOS DEL PLOMO EN SU DESARROLLO 194

Eduardo Rodríguez-Gutiérrez[1], Víctor Manuel Escot-Espinoza[1], Juan Armando Flores de la Torre[1], Alejandro Espinoza-Canales[2], Daniel García-Cervantes[2], Héctor Gutiérrez-Banuelos[2]*.....194

FLUJO DE ÓXIDO NITROSO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD ANIMAL 199

Josué Jonathan Ríos Hilario[1*], Claudia María Isabel Hidalgo Moreno[2], Sergio Iban Mendoza Pedroza[1], Adelaido Rafael Rojas García[3], Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca[1], Arturo Pro Martínez[1], Fernando González Cerón[4] 199

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROPIONATO DE CALCIO EN VAQUILLAS ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA CALIDAD: CONSUMO Y EFICIENCIA 203

Alejandra Ríos Domínguez[1], Octavio Carrillo Muro[1*], Pedro Hernández Briano[1], Alejandro Rivera Villegas[1], Oliver Yaotzin Sánchez-Barbosa[1], José Alfredo Domínguez Gallegos[1] 203

MECANISMOS MORFOFISIOLÓGICOS IMPLICADOS EN LA ADAPTACIÓN DE ZACATES FORRAJEROS 208

Edith Ramírez-Segura[1*], Jaime Neftalí Márquez-Godoy[2], Mauricio Velázquez-Martinez[3], Jonathan Raúl Garay-Martínez[4], Obed Gabriel Gutierrez-Gutierrez[2]. 208

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO VEGETAL DE *Tripsacun dactyloides* L., EN EL ALTIPLANO CENTRAL 213

Raúl Plascencia Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], José Alberto Salvador Escalante Estrada[1], Leonor Miranda Jiménez[1], Cándido López Castañeda[1]. 213

PRODUCTIVIDAD Y DIVERSIDAD DE PLANTAS EN UN MATORRAL XERÓFILO CON DOS HISTORIALES DE PASTOREO 218

Carlos Daniel Nieves-Prado[1*]; Genaro Olmos-Oropeza[1]; Juan Antonio Encina-Domínguez[2]; Jorge Palacio-Núñez[1]; Luis AntonioTarango-Arámbula[1]; Jorge Luis Castrellón-Montelongo[3]; Saúl Ugalde-Ledezma[3] 218

SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MIXTOS EN ZACATECAS, MÉXICO 222

Ma. Enriqueta Luna-Coronel[1], Claudia M. Cortés-Vega[1], Gloria E. Dorado-González[1], Daniel García-Cervantes[1], Luis C. Muñoz-Salas[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]* 222

DISTRIBUCIÓN DE *Melanoplus lakinus* (Scudder) *y Boopedon nubilum* (Say) (ORTOPTERA: ACRIDIDAE) EN PASTIZALES DE DURANGO 227

J. Natividad Gurrola-Reyes[1*], Daniel Ochoa-García[1]; María Berenice González Maldonado[1] 227

PROPIONATO DE CALCIO SUPLEMENTADO A VAQUILLAS CON DIETAS FIBROSAS: RESERVAS DE GRASA Y DESARROLLO MUSCULAR 232

José Alfredo Domínguez Gallegos[1], Octavio Carrillo Muro[1], Alejandro Rivera Villegas[1], Oliver Yaotzin Sánchez-Barbosa[1], Gabriel Encarnación Romero Ocampo[1], Pedro Hernández Briano[1*] 232

PRODUCCIÓN DE PASTOS Y PRADERAS EN CHIHUAHUA BAJO UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO 237

Venancio Cuevas-Reyes[1*], Edith Jiménez-Muñoz[1], Obed G. Gutiérrez-Gutiérrez[2], Alfredo Loaiza-Meza[2], Cesar A. Rosales-Nieto[3]. 237

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN EN UN PASTIZAL RESTAURADO CON OBRAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO 242

Gabriela Chaverría Méndez[1*], Catarina Loredo Osti[1], Sergio Beltrán López[2], Ángel Natanael Rojas Velázquez[1], Pablo Delgado Sánchez[1] 242

CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO 247

Jesús Canek Nogales Ramos[1], Eduardo Daniel Bolaños Aguilar[2]*, Francisco Meléndez Nava[1], Isidro López Noverola[1] 247

PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE VAINA DEL HUIZACHE 252

Karina Araiza Ponce[1*], Diana Sofía Torres Velázquez[2], Manuel Murillo Ortiz[1], Brenda Lizeth Ríos Campos[1] 252

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE VARIEDADES DE ZACATE BANDERILLA (*Bouteloua curtipendula*) USANDO MODELADO DE NICHO ECOLOGICO CON MAXENT 257

Álvarez Acacio Joshua[1], Álvarez Holguín Alan*[1] 257

EVALUACIÓN DE PLANES DE MANEJO INTEGRAL DE PASTIZALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMÍ 264

Gabriel Ivan Alaniz Garfías[1*], Baldomero Ramos Peña[1], Samuel Mariano Guzmán[2], Jaime Eliberio Hernández Martínez[1], Juan Carlos Ibarra Flores[1]. 264

FACTORES CLIMÁTICOS Y MAÍZ DE TEMPORAL EN TLAXCALA, MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1985-2023. 269

Venancio Cuevas-Reyes[1*], Dolores Briones-Reyes[1], Edith Jiménez-Muñoz[1], Enrique Buendia-Rodriguez[1], Obed G. Gutiérrez-Gutiérrez[2]. 269

MODELOS Y MÉTODOS RÁPIDOS PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DEL PASTO BUFFEL (*Pennisetum ciliare*). 274

Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez[1*], Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez[1], Alan Álvarez-Holguín[2], Edith Ramírez-Segura[3], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[4]. 274

EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN UTILIZANDO EL NDVI ASOCIADO A FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN 279

José Contreras Bañuelos[1]*, Israel Casas Flores[2], Daniel Rodríguez Tenorio[1], Ramón Gutiérrez Luna[2], Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez[2] y Alfonso Serna Pérez[2]. 279

INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO SOBRE LA BIOMASA VEGETAL Y LA COLONIZACIÓN MICORRÍZICA DE *Bouteloua gracilis* EN UN PASTIZAL DE OJUELOS, JALISCO..... 284

Edith Ramírez-Segura[1], Uriel Solís-Rodríguez[2]*, Juana Elia Escobar-Sánchez[2], Jimena Andrea Canché-Pacheco[3], José Alberto Ramos-Zapata[3].....284

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y PERFIL NUTRICIONAL DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN PASTOREO NO SELECTIVO 289

Perpetuo Álvarez-Vázquez[1*], Fabián Hervert-Cruz[2], Josué I. García-López[1], José E. García-Martínez[1], Xóchitl Ruelas-Chacon[1], Joel Ventura-Ríos 289

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO PANGOLA BAJO DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA 293

Anadelia Antonio-Medina[1], Aurelio Morales-Rivera*[2], Rubén López-Salazar[3], Abigail Castro-González[1], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[4], Eusebio Ortega-Jiménez[5], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[6] 293

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Brosimum alicastrum* Sw. EN NAYARIT PARA SU INTEGRACIÓN EN SISTEMAS SILVOPASTORILES 298

Abieser Vázquez-González [1, 4*], Juan Ignacio Valdez-Hernández[2,] Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Raquel Roque-Ruvalcaba[4], Imelda Vázquez-González [3] 298

EFICACIA DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE PGF2α EN UN PROTOCOLO COSYNCH DE 5 DÍAS EN VACAS CHAROLAIS CON CRÍA AL PIE..... 303

Pedro Velázquez Gómez[1], Joel Ventura Ríos[2], Alejandro Espinoza Canales[1]*, Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas[1], José Manuel Silva Ramos[1], Héctor Gutiérrez Bañuelos[1], Daniel García Cervantes[1] 303

RESULTADOS PRELIMINARES EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO DE BOVINOS CRIOLLOS EN AGOSTADERO 306

Bernardino Espinoza-Velasco[1*], Elizabeth Pérez-Ruiz [1*], Edgar Valencia Franco[2], Sergio Román-Ponce[1], Marco Aurelio Aragón Magadan[3], Agustín Corral-Luna[4], J. Carlos López-Ojeda[5]. 306

POTENCIALIDAD DEL PASTO BUFFEL (*Pennisetum ciliare*) ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO 311

Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez[1]*, Alicia Melgoza-Castillo [2], Alfredo Loaiza Meza[1], Jaime Neftalí Márquez-Godoy[1] 311

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO EN PASTIZALES DEL ESTADO DE CHIHUAHUA..... 316

Martín Martínez-Salvador[1]*, Raúl Corrales-Lerma[1], Humberto Vega-Mares[1], José Alfredo Villarreal-Balderrama[1], Alfredo Pinedo-Álvarez[1], Hipólito Hernández-Cano[1], Carlos Raúl Morales-Nieto[1] 316

CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS DE CINCO GRAMÍNEAS FORRAJERAS PRESENTES EN UN BOSQUE DE PINO-ENCINO 321

Edith Ramírez-Segura1, Jaime Neftalí Márquez-Godoy2*, Carlos Raúl Morales-Nieto3, José Humberto Vega-Mares3, Raúl Corrales-Lerma3, Alan Álvarez-Holguin3. 321

ALGORITMOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA CLASIFICACIÓN DE CÚPULAS, CONTENIENDO CARIÓPSIDE, EN *Tripsacum dactyloides* L. 326

Hever López López[1], Juan Manuel González Camacho[2], Juan Pablo Ambrosio Ambrosio[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[2]* 326

SECUESTRO DE CARBONO CON RELACIÓN AL MANEJO DE PASTIZALES: EXPERIENCIAS EN EL OESTE DE EUA..... 332

Ricardo Mata-González[1,2,*], Serkan Ates[2], David E. Prado-Tarango[2] 332

VULNERABILIDAD ECOLÓGICA Y REORGANIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL EN PASTIZALES GIPSOFILOS..... 337

Lilith Contreras-Olivar[1], Juan Antonio Encina-Domínguez[2], J. Javier Ochoa-Espinoza[2*]. ...337

ADAPTACIÓN DEL MÉTODO “EVALUACIÓN VISUAL DE LA ESTRUCURA DEL SUELO”: DESARROLLO DE RANGELANDVESS”..... 342

Pamela Fernanda Mejía-Leyva[1], Alfredo Pinedo-Álvarez[1*], Jesús Alejandro Prieto-Amparan[1], Federico Villarreal-Guerrero[1], Carlos Morales-Nieto[1].....342

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA DEL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL DE JEREZ, ZACATECAS..... 347

Ana Karen Villaneda-Hurtado[1], Ma. Enriqueta Luna-Coronel[1], Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez[2], Daniel García-Cervantes[1], Luis C. Muñóz-Salas[1], Alejandro Espinoza-Canales[1], Juan C. López-García[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]*. 347

MICROBIOLOGÍA DEL SUELO EN CULTIVOS DE MAÍZ FORRAJERO: CLAVE PARA LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS GANADEROS MIXTOS 352

Gloria E. Dorado-González[1], Alberto Muro-Reyes[1], Daniel García-Cervantes[1], Jesús Gerardo García-Olivares[2], Héctor M. Robles-Berlanga[3], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]* 352

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO PANGOLA BAJO DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA 358

Anadelia Antonio-Medina[1], Aurelio Morales-Rivera*[2], Abigail Castro-González[1], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[3], Eusebio Ortega-Jiménez[4], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[5] 358

LATENCIA Y SHOCK TÉRMICO EN SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. 363

Raúl Plascencia-Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Salvador Carranza-González[1], Leonor Miranda Jiménez[1]. 363

CONTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL BOVINO CRIOLLO DE CHIHUAHUA AL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VACA-BECERRO EN ZONAS DE MONTAÑA 368

Adriana Floriano López*, Felipe Alonso Rodríguez Almeida, José Alfredo Martínez Quintana, Jesús Sandoval Villalobos, José Octavio Roacho-Estrada, Javier Antillón Ruiz, Alan Álvarez Holguín, Carlos Raúl Morales Nieto, Jesús Alejandro Prieto Amparán, José Alfredo Villarreal-Balderrama 368

EL PASTORALISMO CAPRINO EN LA MIXTECA DE OAXACA 375

José Carlos López-Ojeda[1*], J. Efrén Ramírez Bribiesca[1], Ramon Soriano Robles[2], Ladislao Arias Margarito[2].....375

AGROFORESTERÍA DE ZONAS ÁRIDAS: BANCO DE PROTEÍNA EN LA MIXTECA BAJA OAXAQUEÑA 379

Ramón Soriano Robles[1]*, Ladislao Arias Margarito[1] y Carlos López López[1] 379

AVANCES PARTICIPATIVOS DE TECNOLOGÍAS DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA, MÉXICO. 383

Ladislao Arias Margarito[1]*, Carlos López Ojeda[2], Leidy Rivera Sánchez[1], Ramón Soriano Robles[1], William Burgos Paz[3] 383

Isaac Almaraz Buendía*, Juan José Hernández Ruíz, Martin Amador Meza Nieto, María Guadalupe Torres Cardona, J. Jesús Germán Peralta Ortiz, Uriel González Lemus. 387

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOGEOQUÍMICO DE ARBUSTOS NATIVOS PARA LA RESTAURACIÓN DE AGOSTADEROS EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO. 392

Nguyen Esmeralda López Lozano[1]*, Marcela Leticia Corpus Hernández[1,2], Andrea Valeria Gúzman Miranda[1], Julián Osvaldo Ovis Sánchez[1].....392

CARACTERIZACIÓN DE LAS RUTAS DE PASTOREO CAPRINA EN EL ALTIPLANO POTOSINO Y SU RELACIÓN CON LA SALUD DEL AGOSTADERO 397

Roberto I. Márquez Hernández [1]*, Andrea V. Guzmán Miranda[2], Natalia Martínez Tagüeña[2], Claudia Lorena Lauterio Martínez[2], Ziadany Mayoral Solis[2], Juan Hernández Medrano [3] y Elisabeth Huber-Sannwald [2] 397

DIÁLOGOS MULTISECTORIALES PARA MAPEAR LA VULNERABILIDAD SOCIOECOLÓGICA DE LA CAPRINOCULTURA EN EL ALTIPLANO POTOSINO..... 403

Andrea Valeria Guzmán Miranda[1], Elisabeth Huber-Sannwald[1]*, Natalia Martínez Tagüeña[2], Fredy Roberto Alvarado[1], Ma. Isabel Mora Ledesma[3], Mauricio Velázquez Martínez[4] 403

CO-CREACIÓN DE UN OBSERVATORIO-PARTICIPATIVO SOCIO-ECOLÓGICO PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPRINOCULTURA EN EL ALTIPLANO POTOSINO 409

Elisabeth Huber-Sannwald[1*], Andrea Valeria Guzman Miranda[1], Roberto I. Márquez Hernández [2], Luis David González Cruz[1], Gerardo Equivel Arriaga[3], Natalia Martínez Tagüeña[4], Sergio Armando Campos Villavicencio[5] 409

PRESENTACIONES EN MODALIDAD CARTEL

EVALUACIÓN ESTOMÁTICA DE CINCO LEGUMINOSAS FORRAJERAS PRESENTES EN MÉXICO

STOMATAL EVALUATION OF FIVE FORAGE LEGUMES PRESENT IN MEXICO

Jaime N. Márquez-Godoy[1]*, Edith Ramírez-Segura[2], Erickson Basave-Villalobos[3], Celi Gloria-Calixto[4], Abieser Vázquez-González[5]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valle de Culiacán, [2]INIFAP Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar; [3]INIFAP Campo Experimental Valle del Guadiana; [4]INIFAP Campo Experimental Iguala; [5]INIFAP Campo Experimental Santiago Ixcuintla. *Autor de correspondencia: marquez.jaime@inifap.gob.mx

RESUMEN

Las leguminosas forrajeras son esenciales por su habilidad de fijar nitrógeno atmosférico y su alto contenido nutricional para la alimentación del ganado en pastoreo. Sin embargo, aun escasea la información sobre su aparato estomático. Por tal motivo, el objetivo fue caracterizar los estomas de cinco leguminosas forrajeras presentes en los agostaderos de México. Se utilizaron cinco especies de leguminosas forrajeras Mucuna, Pata de vaca, Veranera, Cacahuiananche y Moringa. Las evaluadas fueron longitud, ancho, densidad e índice estomático. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey). Las especies evaluadas fueron hipoestomáticas. Pata de vaca presento la mayor DE (42 estomas mm^2), mientras que Mucuna y Moringa presentaron la menor. La caracterización estomática permite identificar especies con potencial de adaptación a diversas condiciones cambiantes del clima.

Palabras clave: epidermis, estrés hídrico, resistencia.

ABSTRACT

Forage legumes are essential for their ability to fix atmospheric nitrogen and their high nutritional content for grazing livestock. However, information on their stomatal apparatus is still scarce. Therefore, the objective was to characterize the stomata of five forage legumes present in Mexican rangelands. Five forage legume species were used: Mucuna, Pata de vaca, Veranera, Cacahuiananche, and Moringa. The length, width, density, and stomatal index were evaluated. An analysis of variance (ANOVA) and a Tukey test of means were performed. The species evaluated were hypostomatic. Pata de vaca had the highest DE (42 stomata mm^2), while Mucuna and Moringa had the lowest. Stomatal characterization allows for the identification of species with the potential to adapt to diverse changing climate conditions.

Keywords: epidermis, resistance, water stress.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas forrajeras desempeñan un papel fundamental debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico y, además, son un recurso alimenticio de alto valor nutricional para los herbívoros en pastoreo (Phelan *et al.*, 2015). Sin embargo, a pesar de su importancia ecológica, el conocimiento sobre las adaptaciones anatómicas y fisiológicas que permiten a estas especies prosperar en condiciones ambientales adversas sigue siendo limitado.

La caracterización estomática implica el estudio detallado de estructuras foliares microscópicas como son los estomas, pequeños poros en la epidermis de la hoja, los cuales regulan el intercambio de dióxido de carbono (CO_2) y agua entre la planta y la atmosfera (Márquez-Godoy *et al.*, 2024). Debido a que los agostaderos de México albergan una amplia variedad de especies de leguminosas forrajeras adaptadas a diferentes condiciones edafoclimáticas. Este estudio contribuye a ampliar el conocimiento sobre la ecología funcional de estas especies y poder servir de guía para desarrollar estrategias de manejo y conservación. Por tal motivo, el objetivo fue caracterizar los estomas de cinco leguminosas forrajeras presentes en los agostaderos de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización estomática se realizó en el Posgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados de febrero a mayo de 2025. Se usaron cinco especies de leguminosas forrajeras presentes en el trópico de México: Mucuna (*Mucuna pruriens*), Pata de vaca (*Bauhinia divaricata*), Veranera (*Cratylia argentea*), Cacahuananche o Cocuite (*Gliricidia sepium*) y Moringa (*Moringa oleifera*). Se seleccionaron hojas jóvenes y libres de daños, de cada especie y se llevaron al laboratorio. Posteriormente, se tomó un cm^2 de la parte media de la hoja, librando la nervadura central, para obtener las impresiones epidérmicas del haz y del envés. Se aplicó una capa del compuesto comercial de cianocrilato (Kola Loka®) sobre un porta-objetos, posteriormente se colocó un cm^2 de la hoja en el sentido de las nervaduras, se dejó secar el pegamento por cinco minutos, posteriormente con pinzas de disección se retiró el segmento de la hoja. Por cada especie se realizaron diez repeticiones de las cuales se observaron ocho campos en un microscopio óptico (Carl Zeiss, Alemania) con aumento de 40x. Se tomaron fotografías de las impresiones obtenidas con la cámara de un teléfono celular adaptado a uno de los objetivos. Finalmente, las imágenes fueron analizadas con el programa "ImageJ". **Variables evaluadas:** longitud de los estomas (LE, µm); ancho de los estomas (AE, µm); densidad estomática (DE; número de estomas mm^{-2}), la densidad de células epidérmicas (DCE; número de células epidérmicas mm^{-2}) y el índice estomático (IE) usando la expresión IE = [DE/(DE + DCE)] x 100. **Análisis estadístico**. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, donde el tratamiento fue la especie. Las variables LE, DE e IE se les realizó un análisis de

varianza (ANOVA) y prueba de medias (Tukey). Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (2013), con un nivel de significancia de α=0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las especies evaluadas presentaron de estomas en el envés de la hoja por lo que se clasifican como especies hipoestomáticas (Figura 1). La disposición y tamaño de estomas está asociada a la protección de la radiación solar y la pérdida de agua por desecación (Azcón-Bieto y Talón, 2008). De todos los órganos de la planta, la hoja es el más sensible a las condiciones del ambiente y en respuesta presenta alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés; en leguminosas forrajeras es vital, ya que estas células mantienen la homeostasis de la planta.

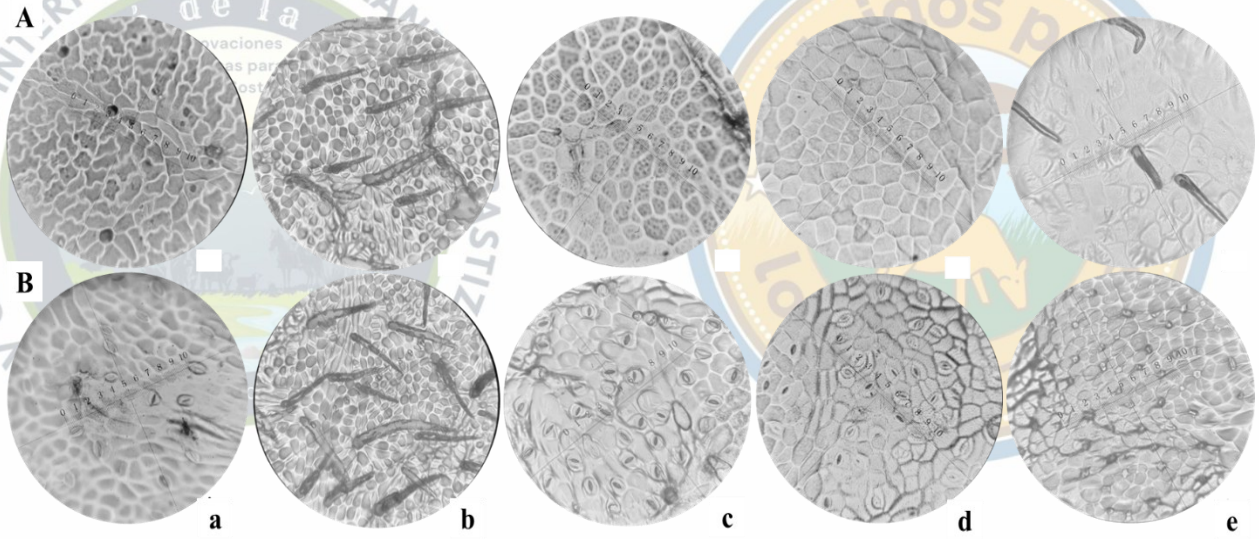


Figura 1. Estomas de leguminosas forrajeras presentes en agostaderos de México. A) haz; B) envés observados a 40 x en microscopio óptico. a) Mucuna (*Mucuna pruriens*), b) Pata de vaca (*Bauhinia divaricata*), c) Veranera (*Cratylia argentea*), d) Cacahuiananche o Cocuite (*Gliricidia sepium*), e) Moringa (*Moringa oleífera*).

La especie con mayor DE fue Pata de vaca (42 estomas mm^2), mientras que Mucuna (11) y Moringa (12) presentaron la menor. Se observaron diferencias estadísticas para todas las variables en todas las especies (Cuadro 1). La longitud media de los estomas varió entre 5.81 y 24.40 µm en envés, estadísticamente hubo diferencia entre las especies evaluadas. Mientras que el ancho de los estomas oscilo entre 5.34 y 18.07 µm, para Pata de vaca y Mucuna, respectivamente. La especie con mayor número de células epidérmicas fue Pata de vaca, mientras que Veranera presentó el menor número.

Cuadro 1. Valores ± error estándar y agrupación Tukey de la caracterización estomática de cinco especies de leguminosas forrajeras presentes en México.

Especie	DE	LE	AncE	AE	IE	NC
Mucuna	11±0.8^{b}	24.40±4.6^{a}	18.07±2.5^{a}	140.43±386.1^{a}	9.73±0.7^{b}	102±1.6^{cb}
Pata de vaca	42±16.5^{a}	6.19±0.6^{b}	5.34±1.1^{cb}	104.28±19.2^{b}	12.82±4.5^{b}	288±5.2^{a}
Veranera	32±7.5^{ab}	10.19±0.9^{b}	9.28±1.0^{b}	300.2±51.4^{b}	24.98±4.5^{a}	94±8.1^{c}
Cacahuiananche	27±4.5^{ab}	10.70±1.1^{b}	6.96±0.7^{cb}	234.3±32.8^{b}	17.28±2.1^{ab}	131±17.9^{cb}
Moringa	12±2.5^{b}	5.81±0.8^{b}	4.60±0.7^{c}	84.87±16.5^{b}	8.43±0.9^{b}	130±15.7^{b}

LE = largo de estoma (µm), AE = Ancho de estoma (µm), DE = Densidad de estomas (número mm^{-2}), IE = Índice estomático, NC= número de células epidérmicas. Medias con letras diferentes representan diferencia estadística ($P < 0.05$)

El IE en envés los valores oscilaron entre 8.43 y 24.98 para Moringa y Veranera, respectivamente. El índice estomático mostró diferencias significativas entre especie (Cuadro 1).

La morfología estomática, incluyendo la densidad y el tamaño estomáticos, desempeña un papel fundamental en la regulación del intercambio de gases y la pérdida de agua. La densidad estomática muestra mayor plasticidad fenotípica que el tamaño estomático en respuesta a las condiciones de precipitación o al estrés hídrico. Por lo tanto, son más visibles cambios en la morfología estomática relacionados a la densidad estomática que en el tamaño (Petrik *et al.*, 2022). Reducción de la densidad estomática ayuda a las plantas a regular la pérdida de agua de forma más eficaz en previsión de futuras sequías, reduciendo la superficie efectiva a través de la cual se puede perder agua por transpiración. La exposición a sequías también puede conducir a una reducción prolongada de la longitud de las células oclusivas estomáticas, lo que también puede estar relacionado con una mayor eficiencia en el uso del agua por parte de las plantas.

CONCLUSIÓN

Las especies evaluadas son hipoestomáticas. La especie Moringa (*Moringa oleífera*) presentó baja densidad estomática y área estomática, lo que la convierte en una especie clave para zonas con baja precipitación ya que limita el intercambio de la fotosíntesis y la perdida de agua. Por otra parte, Veranera (*Cratylia argentea*) presento valores altos en densidad estomática, área estomática e índice estomático, lo que la convierte en una especie favorable para el intercambio de gases, siempre y cuando el agua no sea una limitante. Estos datos son útiles para identificar especies con potencial de adaptación a diversas condiciones cambiantes del clima y con potencial para desarrollar programas de estrategias de manejo, conservación, aprovechamiento, mejoramiento genético y conservación de recursos.

LITERATURA CITADA

Azcón-Bieto, J., y Talón, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. 2nd ed. Mc Graw-Hill Interamericana.

Márquez-Godoy, J. N., Nieto, C. R. M., Lerma, R. C., & Holguín, A. Á. (2024). Caracterización estomática de poblaciones de pasto Lobero [Muhlenbergia phleoides (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México: Stomatal characterization of wolfgrass [Muhlenbergia phleoides (Kunth) Columbus] populations in northern Mexico. *TECNOCIENCIA Chihuahua 18*(1), e1376-e1376.

Petrik, P., Petek-Petrik, A., Kurjak, D., Mukarram, M., Klein, T., Gömöry, D., & Konôpková, A. (2022). Interannual adjustments in stomatal and leaf morphological traits of European beech (Fagus sylvatica L.) demonstrate its climate change acclimation potential. Plant Biology, 24(7), 1287-1296.

Phelan, P., Moloney, A. P., McGeough, E. J., Humphreys, J., Bertilsson, J., O'riordan, E. G., & O'Kiely, P. (2015). Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. Critical Reviews in Plant Sciences, 34(1-3), 281-326.

EFICIENCIA GERMINATIVA EN SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., CON SHOCK TÉRMICO

GERMINATIVE EFFICIENCY IN SEED OF *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., UNDER HEAT SHOCK

Raúl Plascencia-Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Salvador Carranza-González[1], Leonor Miranda Jiménez[1]; Adrián Hernández Livera[1].

[1]Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230. *Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

Para caracterizar los efectos sobre diversas variables de germinación en semilla de Leucaena, se evaluaron 21 tratamientos de escarificación, con cuatro repeticiones de 100 semillas. Las variables incluyeron para germinación (Ge): diaria acumulada (GeDA), tasa diaria máxima (TGeDM), tasa diaria (TGeD), tasa media diaria final (TGeMDF); similarmente, energía germinativa (EG), valor germinativo (VG), eficiencia germinativa (EF) y poder germinativo (PG). Se evaluó hasta 21 días post-siembra (dds), los datos fueron transformados al arcoseno y analizados bajo diseño Completamente al Azar, utilizando GLM y Tukey. Las muescas manuales mejoraron GeDA, TGeDM, TGeD, EF, PG. El T_{10} mejoró EG y VGe; T_{11} mejoró TGeMDF. El uso de agua a 70 °C por 3' y 5´, con shock térmico, como escarificación, resultan opciones prácticas para alcanzar la mayor germinación, cercana a valores posibles.

Palabras clave: valor germinativo, eficiencia germinativa, poder germinativo.

ABSTRACT

In order to define germination's atributes performance in response to 21 scarification procedures, 21 treatments with four replicates of 100 seeds were applied. Evaluated variables included for germination (Ge): daily cumulative (GeDA), maximum daily rate (TGeDM), mean final rate (TGeMDF); similarly, germinative energy (EG), germinative value (VG), germinative efficiency (EF), and germinative power (PG). After 21 evaluation days (dds), data was arcsine transformed and analyzed through a Completely Randomnized Design with GLM and Tukey. Manual scarification improved GeDA, TGeDM, TgeD, EF, PG. T_{10} treatment improved EG and VGe. T_{11} increased TGeMDF. Water to 70°C seed immersion during 3' and 5' combined with thermal shock (5°C, 5") represent practical options comparable to manual scarification values.

Keywords: germination value, germination efficiency, germinative power.

INTRODUCCIÓN

El Guaje *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit., es un árbol nativo de usos múltiples, presenta ventajas importantes: rápido crecimiento, fijación de N, forraje de calidad, abono; madera para leña, postes o espaldera en hortalizas, conservación del suelo, usos en sistemas agroforestales y silvopastoriles (plantación en callejones, bancos de proteína, cercas vivas, árboles dispersos), reducción de GEI por rumiantes, etc. Actualmente, se realizan esfuerzos para la rehabilitación de tierras y producción de biomasa con esta especie. Se le considera maleza en países donde se ha introducido. Estos usos y beneficios combinados con la producción de semilla con fuerte latencia; lo cual, ha sido ampliamente estudiado, con grandes avances; sin embargo, aún requiere manipulación en pro de un establecimiento asertivo en campo. Existen diferentes métodos para eliminar latencia en Leucaena; además, diversas variables miden la eficiencia de la germinación; por tanto, para determinar, con mayor precisión, el método de escarificación adecuado se debe evaluar. La energía germinativa puede evaluar la velocidad de germinación y vigor de semilla; así mismo, de la velocidad de germinación y oportunidad de establecimiento en plántulas resultantes. El interés de evaluar eficiencia germinativa se basa en que solo las semillas que germinan con rapidez y vigor tendrán la capacidad de generar plántulas resilientes y capaces de permear en ambientes desafiantes. El objetivo fue evaluar tratamientos para romper latencia en semilla de Leucaena, sobre variables que influyen atributos contundentes e inherentes a la germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27’ N y 98° 54’ O, a 2220 msnm. Se colectó semilla de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., manualmente, en febrero del 2023 en el Sitio Experimental “El Verdineño” del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Santiago Ixcuintla, Nayarit, a 40 msnm, con clima tropical subhúmedo (Aw_2), precipitación media de 1201 mm y temperatura media anual de 24º C. La época de estiaje fluctúa de siete a ocho meses al año (SEMAN, 2007). Se recolectaron al azar vainas maduras (coloración café oscuro); las cuales, se depositaron en recipiente plástico abierto para colectar semillas de forma natural. Posteriormente, se eliminó hoja y ramas y la semilla se depositó en bolsas de tela a temperatura ambiente, para su posterior análisis. La semilla se almacenó en San Pedro Lagunillas, Nayarit (entre 21°13’54’’-21°11’06´´N y 104°50’24’’-104°39’59’’O) a 1283 msnm, durante 14 meses. Antes de realizar las pruebas, las semillas se desinfectaron en Cloro al 10%, durante un minuto y se enjuagaron en agua destilada durante tres minutos. Se determinó viabilidad de semilla (VT) y calidad fisiológica, mediante prueba de germinación (PGe). Para determinar VT. Se evaluaron cuatro repeticiones de 100 semillas. Se colocó semilla en agua destilada para osmoacondicionamiento, por 18 h a temperatura ambiente; posteriormente, se removió la testa de esta y se desechó uno de los cotiledones, conservando aquel con el embrión adherido. Este último se colocó en vaso de precipitado con solución de cloruro-2-3, 5-trifenil tetrazolio (1% p/v; Delouche *et al.* 1971); lo anterior, de tal forma

que la semilla se cubriera por completo con dicha solución. Los vasos de precipitado conteniendo semilla y solución, se colocaron en estufa a 25 °C, en oscuridad, por 18 h; posteriormente, el cotiledón con embrión se enjuagó con agua destilada y se depositó en cajas Petri con agua destilada, para evitar deshidratación y, rápidamente, se realizó la evaluación de tinción de semilla y de esta forma se clasificaron en viables y no viables. Las observaciones se realizaron en estructuras del embrión y cotiledón con apoyo de microscopio estereoscópico. Para PGe, se evaluaron cuatro repeticiones de 100 semillas seleccionadas al azar, las pruebas se establecieron utilizando el método "sobre papel" (ISTA, 2005), las semillas se colocaron en cajas petri usando como sustrato papel toalla tipo "sanitas". El sustrato de germinación fue humedecido inicialmente con agua destilada y durante el ensayo se mantuvieron constantes los niveles de agua. Las pruebas se realizaron en cámara germinadora de ambiente controlado, a 25 ±1°C constantes. Se efectuaron tres conteos de plántula germinada: a 7 (G7), 14 (G14) y germinación acumulada, a 21 dds (G21). Se registraron plántulas normales (PN), anormales (PA21), semillas duras (SD21), semillas frescas (SF21) y semillas muertas (SM21). Se consideraron plántulas normales aquellas que presentaron raíz y plúmula bien desarrolladas, sanas y libres de malformaciones. Las variables evaluadas incluyeron para germinación (Ge): la diaria acumulada (GeDA; %), como la sumatoria del porcentaje de germinación diario, al día de conteo; tasa diaria máxima (TGeDM), momento en que los tratamientos alcanzaron su máxima tasa de germinación diaria; tasa diaria (TGeD; semillas d^{-1}), la división de GeDA entre los DDS al muestreo; tasa media diaria final (TGeMDF; semillas d^{-1}), la TGeD calculada a 21 DDS. Similarmente, periodo de energía (PE; días), cantidad de días requeridos para alcanzar la TGeDM; energía germinativa (EG; %), se estima de manera indirecta en la GeDA al momento en que la mayoría de los tratamientos alcanzaron su PE (Sánchez *et al.*, 2018), el día 14 después de iniciado el estudio; valor germinativo (VG), con la ecuación VG= TGeMDF x EG; eficiencia germinativa (EF), la multiplicación de TGeDMxTGeMDF; poder germinativo (PG), la multiplicación de TGeDxTGeMDF. La escarificación evaluada (Cuadro 1) incluyó métodos manuales y tiempos en agua caliente (AC), con o sin contraste (shock) térmico por inmersión inmediata en agua fría a 5°C, por 5´´ (Cuadro 1). Se utilizó un diseño completamente al azar, con 21 tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semillas, se empleó el procedimiento GLM y prueba de Tukey (P<0.05) para comparación de medias; previamente, los datos se transformaron al arco seno mediante el paquete estadístico SAS (2010).

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

Método de escarificación	Tiempo de inmersión	Contraste térmico*	Tratamiento
Sin escarificación	Testigo natural	No	TNSE; (T_1)
Agua 80°C	Un minuto	No	T80°C; (T_2)
Agua fría 5°C	Sin agua caliente	No	T5°C; (T_3)
Manual con pinzas	Sin agua caliente	No	Pinzas; (T_4)
Agua 60°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	60°C, (1',3',5',7') + 5", 5°C; (T_5-T_8)
Agua a 70°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	70°C, (1',3',5',7') + 5",5°C; (T_9-T_{12})
Agua a 80°C	1, 3, 5 7 minutos	Si	80°C, (1',3',5',7') +5",5°C; (T_{13}-T_{16})

Agua a 90°C	1, 3, 5 7 minutos	Si	90°C, (1',3',5',7') + 5",5°C;(T_{17}-T_{20})
Agua a 100°C	1 minuto	Si	100°C, 1' + 5", 5°C; (T_{21})

*Inmersión por 5 segundos en agua a 5°C. T_1, T_2, T_3, ...T_{21}, tratamiento de escarificación correspondiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para VT, se obtuvo 77%. Todos los porcentajes de germinación reportados, para las variables evaluadas, se ajustaron a esta viabilidad. Para GeDA, se observaron diferencias (*P*<0.01; Cuadro 2), siendo T_4, 13.6 veces mayor respecto a los demás tratamientos; sin embargo, el uso de agua desde 70 a 90 °C con shock térmico incrementó los promedios de GeDA. Romper la testa de la semilla es la meta a alcanzar con otros métodos de escarificación. Para TGeDM, los mayores valores fueron para T_4 (*P*<0.01; Cuadro 2), hasta 15.8 veces mayor, comparado con los demás tratamientos. Para TGeD, se obtuvieron diferencias significativas (*P*<0.01; Cuadro 2) y T_4 fue hasta 13.5 veces mayor, respecto a los demás tratamientos. Para TGeMDF, los myores valores fueron para T_{11} (*P*<0.01 Cuadro 2), hasta 14.1 veces mayor que los demás tratamientos. Para EG, se obtuvieron diferencias significativas (*P*<0.01; Cuadro 2), T_{10} fue 13.1 veces mayor respecto a los demás tratamientos. Con T_{10} se alcanzó hasta 92% de las semillas germinables a 14 dds. Sánchez *et al.*, (2018), evaluaron diferentes tratamientos para escarificar semilla de Leucaena e indican 10.3% para EG con agua a 80 °C por 3 min, resultado 5.3 veces menor al observado en el presente estudio con agua a 80 °C, por 1 min (T_{13}). Para VGe, se encontraron diferencias entre tratamientos (*P*<0.01; Cuadro 2), los mayores promedios fueron para T_{10} y, los menores, para el testigo, promedio 175.7 veces mayor. Sánchez *et al.*, (2018), estudiaron diferentes tratamientos para romper latencia en semilla de Leucaena e indicaron valores que variaron de 4 a 8.9, muy inferiores a los encontrados en el presente estudio. Para EF, los mayores valores fueron para T_4 (*P*<0.01; Cuadro 2) hasta 164 veces mayor. Para PG, se obtuvieron diferencias (*P*<0.01; Cuadro 2), siendo en T_4 donde se encontraron los mayores valores, 195.4 veces mayor.

Cuadro 2. Variables evaluadas en semilla de Leucaena con shock térmico.

T*	GeDA	TGeDM	TGeD	TGeMDF	EG	VG	EF	PG
1	6.3 ^{i}	0.75 ^{g}	0.55 ^{i}	0.35 ^{b}	7 ^{b}	2.5 ^{u}	0.3 ^{t}	0.13 ^{i}
2	55.5 ^{bcde}	4.25 ^{bcdef}	3.8 ^{cdefg}	4.25 ^{ab}	55 ^{ab}	231.6 ^{m}	18.1 ^{l}	17.5 ^{cde}
3	8.3 ^{hi}	1.10 ^{fg}	0.72 ^{i}	0.45 ^{b}	8 ^{b}	3.6 ^{t}	0.5 ^{s}	0.28 ^{i}
4	85.7 ^{a**}	11.85 ^{a**}	7.42 ^{a**}	4.15 ^{ab}	87 ^{ab}	361.1 ^{h}	49.2^{a**}	25.4 ^{a**}
5	17.2 ^{ghi}	1.75 ^{efg}	1.37 ^{hi}	0.95 ^{b}	20 ^{b}	18.5 ^{s}	1.7 ^{r}	0.93 ^{i}
6	47.0 ^{def}	4.05^{bcdef}	3.55 ^{defg}	2.7 ^{ab}	55 ^{ab}	148.5 ^{o}	10.9 ^{n}	10.5 ^{fg}
7	30.3 ^{fg}	3.15 ^{cdefg}	2.42 ^{fgh}	1.6 ^{ab}	35 ^{b}	55.2 ^{q}	5.0 ^{p}	3.83 ^{hi}
8	41.7 ^{ef}	4.15 ^{bcdef}	3.28 ^{efg}	2.3 ^{ab}	47 ^{b}	108.1 ^{p}	9.5 ^{o}	8.34 ^{gh}
9	53.3 ^{cde}	4.70 ^{bcde}	3.87 ^{cdef}	3.25 ^{ab}	66 ^{ab}	212.9 ^{n}	15.3 ^{m}	13.3 ^{efg}
10	76.7 ^{ab}	6.55 ^{b}	5.62 ^{b}	4.8 ^{a}	92 ^{a**}	439.2 ^{a**}	31.4 ^{b}	24.83 ^{ab}
11	72.5 ^{abc}	6.15 ^{bc}	5.0 ^{bcd}	4.95 ^{a**}	87 ^{ab}	428.2 ^{b}	30.4 ^{c}	24.13 ^{ab}
12	65.5 ^{abcd}	5.55 ^{bcd}	4.72 ^{bcde}	4.2 ^{ab}	78 ^{ab}	327.6 ^{j}	23.3 ^{i}	19.58 ^{bcd}
13	57.5 ^{bcde}	5.15 ^{bcd}	4.0 ^{bcdef}	3.8 ^{ab}	72 ^{ab}	271.7 ^{l}	19.6 ^{k}	17.37 ^{cde}
14	70.8 ^{abc}	6.05 ^{bc}	4.97 ^{bcd}	4.7 ^{a}	85 ^{ab}	397.2 ^{c}	28.4 ^{d}	21.51 ^{abc}

15	71.7 abc	5.90 bc	5.32 bc	4.45 a	83 ab	367.1 g	26.3 g	22.18 abc
16	68.3 abcd	5.90 bc	4.88 bcde	4.3 ab	83 ab	356.9 i	25.4 h	20.7 abc
17	67.2 abcd	5.95 bc	4.58 bcde	4.55 a	84 ab	379.9 f	27.1 f	21.79 abc
18	70.2 abc	6.25 bc	5.0 bcd	4.4 a	88 ab	385.0 e	27.5 e	21.0 abc
19	64.3 abcd	5.60 bcd	4.6 bcde	4.1 ab	79 ab	321.9 k	23.0 j	14.78 def
20	28.0 fgh	2.55 defg	2.15 ghi	1.6 ab	33 b	52.0 r	4.1 q	2.84 hi
21	71.8 abc	6.40 bc	5.22 bcd	4.3 ab	90 ab	387.0 d	27.5 e	22.68 abc

Tratamientos (T); AC, Agua Caliente; Germinación diaria acumulada (GeDA; %); Tasa de germinación diaria máxima (TGeDM; plántulas d^{-1}); Tasa de germinación diaria (TGeD, plántulas d^{-1}); Tasa de germinación media diaria final (TGeMDF; plántulas d^{-1}); Energía germinativa (EG; %); Valor germinativo (VG); Eficiencia germinativa (EF); Poder germinativo (PG). ** Literales diferentes, dentro de columna, indican diferencia significativa (P<0.01).

CONCLUSIONES

Romper manualmente la testa de la semilla de Leucaena incrementó los promedios de las diferentes variables y representa la germinación a alcanzar; sin embargo, es impráctico. La inmersión en agua a 70 °C durante 3 y/o 5 minutos, con shock térmico incrementó los promedios en las diferentes variables expresadas en la germinación; por tanto, son la opción práctica a utilizar.

AGRADECIMIENTOS. A la Línea de Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados. A CONACyT

LITERATURA CITADA

Delouche, J. C.; T. Wayne; M. Raspet; M. Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de semillas con tetrazol. CRAT, AID. Buenos Aires, Argentina. p.256.

ISTA (International Seed Testing Association). (2005). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switz. 243p.

Sánchez, G. A., Ponce, A. R., Vargas, J. M., Rosales, R. F., Platas, D. E., & Becerril, C. M. 2018. Energía germinativa en guaje (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) con diferentes métodos de escarificación de la semilla. *Agrociencia*, 52, 863-874.

SAS (Statistical Analysis System). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.

SEMAN (Sistema Estatal de Monitoreo Agroclimático Nayarit). 2007. Estación Meteorológica: El Verdineño-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit.

PASTOS ASOCIADOS A UNA NOGALERA Y SU IMPORTANCIA EN LA DIETA DE LA TUZA ARENERA (*Geomys arenarius*)

Rueda Torres J. Rolando[1]*, Martínez Calderas Jesús Manuel[2], Gatica Colima Ana B.[1]

[1]Departamento de Ciencias Químico-Biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas, [2]Departamento de Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. *E-mail: juan.rueda@uacj.mx

RESUMEN

En el Área Natural Protegida Médanos de Samalayuca, se han establecido parcelas de cultivo de nogal, donde las tuzas areneras se alimentan activamente de pastos. Se evaluó el consumo de pastos nativos e introducidos por parte de la tuza arenera en tres temporadas en el Rancho Arantxa. Se extrajeron los tractos digestivos de 40 tuzas para conocer el contenido estomacal y compararlo con el material botánico de referencia por medio de análisis microhistológicos. Se registraron un total de ocho especies de pastos en la nogaleras, seis fueron nativos y dos introducidos. Las tuzas consumieron seis especies, cinco nativas y uno introducido. La vegetación asociada a la nogalera provee una fuente de recurso alimenticio que permite el establecimiento de *G. arenarius* y además de que se alimenta activamente de pastos.

Palabras claves: tuzas; nogaleras; dieta

ABSTRACT

In the Médanos de Samalayuca Protected Natural Area, walnut tree plots have been established, where sand gophers actively feed on grasses. Sand gopher consumption of native and introduced grasses was evaluated over three seasons at Rancho Arantxa. The digestive tracts of 40 gophers were extracted to determine stomach contents and compare them with reference botanical material through microhistological analysis. A total of eight grass species were recorded in the walnut groves: six were native and two were introduced. The gophers consumed six species: five native and one introduced. The vegetation associated with the walnut grove provides a food source that allows *G. arenarius* to establish itself and actively feeds on grasses.

Keywords: gophers; walnut trees; diet

INTRODUCCIÓN

En la ecorregión del desierto Chihuahuense se encuentra una amplia variedad de gramíneas, las cuales sirven de fuente de alimento para diversos organismos. Una de las principales causas de los cambios en la estructura vegetal y disminución de la cobertura de pastos es el cambio de las actividades productivas, por lo que grandes extensiones de tierra son modificadas para el establecimiento de zonas agrícolas,

como las nogaleras. Debido a que se incrementa el riego y el aporte de nutrientes para el desarrollo de las plantas sembradas, diferentes especies de plantas empiezan asociarse al cultivo del nogal (*Carya illinoinensis*), entre las que se encuentran los pastos tanto nativos como introducidos. Estas sirven de alimento para algunas especies de fauna, que logran tolerar estos cambios y tienen la capacidad de aprovechar nuevas fuentes de alimento, como es el caso de la tuza arenera (*Geomys arenarius*), el cual es un mamífero fosorial que establece su sistema de madrigueras en suelos arenosos (>40%) cerca de canales de riego o zonas agrícolas.

En el Área de Protección de Flora y Fauna Médanos de Samalayuca (APFFMS), se han establecido parcelas para el cultivo de nogal (*Carya illinoinensis*) por riego, en donde se han asociado diversas especies de pastos y una población estable de tuzas arenera. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las especies de pastos nativos e introducidos como parte de la dieta de la tuza arenera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El Rancho Arantxa (31°12'2.13"N, -106°28'11.36"O) se ubica al sur del APFFMS en el municipio de Ciudad Juárez, Chihuahua con una elevación media de 1308 msnm. Presenta un tipo de suelo arenoso con vegetación de matorral desértico microfilo, la cual ha sido desmontado para el establecimiento de cultivos por riego de vid (*Vitis vinífera*), pistache (*Pistacia vera*) y nuez (*Carya illinoinensis*).

Trabajo de campo

Durante la temporada seca (marzo a junio), húmeda (julio a septiembre) y posthúmeda (octubre a febrero) del 2020. Se estableció un transecto de 1400 m (inicio: 31°12’0.66’’N, -106°29’59.86’’O, final: 31°12’2.29’’N, -106°29’6.18’’O), el cual comprende el área de mayor producción de nuez. Se colocaron ocho trampas comerciales para tuza (Sweeney´s since 1892, Senoret Chemical Co., Inc., China), y se recuperaron los cadáveres de tuza arenera que se generan como parte de los métodos de control de plagas del rancho, mediante el uso de 10 trampas para tuza tipo McAllen. Cuando se capturaron ejemplares vivos se les realiza la eutanasia a través de la dislocación cervical con base en Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research (Sikes y Gannon, 2011). A los ejemplares se les extrajo el tracto digestivo el cual fue colocado en un frasco con formol al 10% se preservó el cráneo y se incluyó en la Colección Científica de Vertebrados de la UACJ (CHI-VER 189-08-06) registrada ante la SEMARNAT.

Material botánico de referencia

Los pastos fueron obtenido a través del Inventario Multitaxonomico Médanos de Samalayuca (PJ018). Donde emplearon la metodología de Ricker (2019) para su colecta. Se empleó la base de datos de SEINet Arizona-New México Chapter (2020). Para la determinación de género y especie para posteriormente realizar la microhistología.

Procesamiento de tractos digestivos de Geomys arenarius

El estómago fue separado del tracto digestivo para posteriormente extraer su contenido, las cuales se molieron en un mortero de porcelana con pistilo (COORS TEK, Coors USA 60313, U.S.A) y se tamizaron (Screen Sieve Set, GEO9310, U.S.A) con una malla de 1mm de diámetro. El material procesado se almacenó en frascos con sus debidas etiquetas para posteriormente realizar la técnica microhistológica.

Técnica microhistológica

Para la elaboración de las laminillas del contenido estomacal de *G. arenarius* se utilizó la metodología de técnica microhistológica de Castellaro *et al.* (2004) y para elaborar las laminillas de material botánico de referencia se empleó la metodología propuesta por Gallina-Tessaro (2011) con modificaciones para el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la dieta se realizó con 40 estómagos de *G. arenarius* de los cuales, el 35% (n=14) son de la temporada seca, 52.5% (n=21) de la húmeda y 12.5% (n=5) de la posthúmeda 2020. Se registraron un total de seis géneros y ocho especies de pastos en el área total del transecto de muestreo (siete ha). Las tuzas consumieron las seis especies, representando el 40% de su dieta. Del total de pastos consumidos, cinco especies eran nativas del desierto Chihuahuense (*Panicum hallii*, *Setaria macrostachya*, *Setaria leucopila*, *Sporobolus airoides*, *Sporobolus contractus*) y una era introducida (Cuadro 1; *Cenchrus spinifex*). El consumo general de pastos para las tres temporadas fue de un 29.73%, en la temporada seca los pastos conformaron 35.43% de la dieta, el 24.78% húmeda y el 27.95% en posthúmeda.

Cuadro 1. Pastos nativos e introducidos en el desierto Chihuahuense como parte de la dieta general y por temporada de *Geomys arenarius* en la nogalera del Rancho Arantxa.

			Temporada		
Estatus	**Género/especie**	**General**	**S**	**H**	**Ph**
Introducido	*Cenchrus spinifex*	14.40	27.96	5.63	2.11
Nativo	*Chloris virgata*				
Introducido	*Eragrostis cilianensis*				
Nativo	*Panicum hallii*	6.45		15.29	
Nativo	*Setaria macrostachya*	4.82		1.61	25.84
Nativo	*Setaria leucopila*	2.92	5.04	1.93	
Nativo	*Sporobolus airoides*	1.01	2.43		
Nativo	*Sporobolus contractus*	0.81	0.97		

*Todos los valores expresados anteriormente corresponden al porcentaje (%) en la dieta.

En la dieta general las especies de pastos nativas conformaban el 15.33% de la dieta y los introducidos el 14.40%. En la temporada seca los pastos nativos conformaron el 7.47% de la dieta y *Cenchrus spinifex* el 27.96%, mientas que en la temporada húmeda los nativos conformaban el 19.15% y los introducidos el 5.63% y en la temporada posthúmeda el 25.84% y el 2.11% correspondían a nativos y a introducidos respectivamente. Aunque *G. arenarius* consumió activamente especies de la familia

Poaceae en las tres temporadas se ha reportado para *G. attwateri* que suele rechazar a monocotiledóneas perennes como *Schizachyrium scoparium* (Poaceae) (Williams y Cameron, 1986), mientras que *G. bursarius* suele rechazar a las Poaceae (monocotiledóneas perennes) y prefiere a las herbáceas (Williams y Cameron, 1990; Rezsutek y Cameron, 2011). Sin embargo, Hunt (1992) menciona que *T. bottae* presentó preferencia por *Bromus* sp., durante el verano; así como lo reportado por Witmer (2016) en *T. talpoides*, el cual prefiere a *Bromus inermis* en el comienzo del verano y esto con cuerda con el consumo de pastos en la temporada seca por parte de *G. arenarius*.

CONCLUSIONES

La tuza arenera (*Geomys arenarius*) se alimenta activamente de pastos nativos como introducidos. El pasto introducido fue la gramínea más consumida por la tuza arenera (*Geomys arenarius*). Existen diferencias en el consumo estacional de los pastos.

LITERATURA CITADA

Castellaro, G., Ullrich, R., Wackwitz, B. y Raggi, S. 2004. Composición botánica de la dieta de alpacas (Lama pacos L.) y llamas (Lama glama L.) en dos estaciones del año, en praderas altiplánicas de un sector de la Provincia de Parinacota, Chile. Agricultura técnica. 64: 353-363.

Gallina-Tessaro, S. 2011. Técnicas para conocer la dieta. Manual de técnicas para el estudio de la fauna. Volúmen I. (S. Gallina & C. López-González, eds.). Universidad Autónoma de QuerétaroInstituto de Ecología, Querétaro, México. p. 221-234

Rezsutek, M. J. y Cameron G. N. 2011. Diet selection and plant nutritional quality in Attwater’s pocket gopher (Geomys attwateri). Mammalian Biology. 76: 428-435.

Sikes, R. S. y Gannon, W. L. 2011. Guidelines of the American Society of Mammalogists for the use of wild mammals in research. Journal of mammalogy. 92: 235-253.

Williams, L. R. y Cameron, G. N. 1990. Dynamics of burrows of Attwater's pocket gopher (Geomys attwateri). Journal of Mammalogy. 71: 433-438.

DISPERSIÓN DE SEMILLAS POR BISONTE AMERICANO EN EL NORTE DE COAHUILA

SEED DISPERSAL BY AMERICAN BISON IN NORTHERN COAHUILA

José de Jesús Romero Sánchez[1], Javier Ochoa-Espinoza[1]*, Aida Isabel Leal Robles[2], Juan A. Encina Domínguez[1], José Antonio Hernández Herrera[1], Perpetuo Álvarez Vázquez[1]

[1] UAAAN- División de Ciencia Animal, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah. CP 25315. [2] UAAAN – División de Agronomía, Departamento de Botánica, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah. CP 25315.

RESUMEN

La endozocoria es el proceso interno de transporte y dispersión de semillas por parte de los animales. El objetivo fue conocer la densidad y tipos de semillas transportadas por el bisonte y su porcentaje de germinación. Se colectaron excretas de bisonte al norte de Coahuila en abril, agosto y octubre del 2023. Las excretas fueron secadas a temperatura ambiente, fraccionadas manualmente para reducir su tamaño y se extrajeron las semillas presentes en estas. Encontrando 15 tipos de semillas germinadas en cajas de Petri, de estas, 10 tipos no germinaron, agosto no presentó germinación. El mayor porcentaje fue en alfalfa (35%). Octubre y abril no fueron diferentes, en abril sólo germinaron gramíneas y fue la primavera la temporada con más germinación.

Palabras clave: Bisonte, endozoocoria, germinación.

ABSTRACT

Endozochory is the internal process of seed transport and dispersal by animals. The objective was to know the density and types of seeds transported by the bison and their germination percentage. Bison dungs were collected in the northern Coahuila in april, august and october of 2023. Dungs were dried at air temperature, manually fractionated to reduce their size, and the seeds in them were extracted. Finding 15 types of germinated seeds in Petri dishes, from those,10 types did not germinate, august has not germination. The highest percentage was in alfalfa (35%). October and april were no different, in april only grasses germinated, and was spring the season with the most germination rate.

Keywords: Bison, endozochory, germination

INTRODUCCIÓN

El bisonte americano (*Bison bison*) es una especie representativa de las grandes planicies de Norteamérica, cuenta con registros de hábitat histórico en estados del norte de México. Durante décadas, se creyó extinto en el territorio mexicano, pero se descubrió de la presencia de una manada silvestre en los límites de Chihuahua y Nuevo México (Arita y Ceballos, 1997). Actualmente, el bisonte está incluido en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como una especie en peligro de extinción. En las últimas décadas, se han llevado a cabo varias reintroducciones en distintas áreas donde históricamente habitó, uno de los sitios donde se dio su reintroducción es la Reserva Natural El Carmen al Norte de Coahuila, dada la importancia ecológica que representa en el ecosistema (FMCN, 2025). Desde su reintroducción se ha venido generando información básica que permita a los manejadores conocer y tomar mejores decisiones, aspectos como la adaptación al hábitat, preferencias alimenticias y el impacto que los bisontes generan por apacentamiento se están abordando.

Una de las funciones ecologices de lo herbívoros es la dispersión de semilla, mediante procesos como la endozoocoria, donde el bisonte juega un papel clave en la movilización de semillas a través de los paisajes del pastizal. Las semillas atraviesan el tracto digestivo y son excretadas a largas distancias del lugar donde fueron ingeridas, manteniéndose algunas viables y logrando germinar en nuevos espacios (Rosas *et al.,* 2009). Este mecanismo se ve influenciado por las características de las semillas, la mayoría de estas herbáceas, ya que son pequeñas y duras teniendo mayor probabilidad de sobrevivir a la digestión (Gill y Baerdall, 2001). Por lo anterior, se empleó una prueba de germinación como alternativa para cuantificar la capacidad germinativa de las semillas excretadas. El objetivo de este trabajo es evaluar la capacidad de dispersión de diversas especies de semillas consumidas por los bisontes, y determinar si conservan su potencial germinativo. Esto permitirá comprender el papel que juega el bisonte y otros grandes herbívoros en la configuración del mosaico estructural de los pastizales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural El Carmen (RNEC), ubicada al norte del estado de Coahuila, donde traslapa parte de su polígono con las Áreas de Protección de Flora y Fauna Maderas del Carmen y Ocampo. Las muestras se obtuvieron por oportunidad en las áreas de apacentamiento de los bisontes dentro de la RNEC. Las colectas ocurrieron entre abril y octubre. Se seleccionaron excretas frescas que no presentaran signos de deshidratación, presencia de insectos o contaminación con suelo, evitando aquellas impactadas por pisoteo. En algunos casos, la colecta se efectuó momentos después de la deposición para minimizar la exposición ambiental. Para cada mes, la cantidad de muestras recolectadas varió en

función del desplazamiento de la manada, obteniendo entre tres y siete muestras por mes en distintos puntos del área de estudio. Las excretas recolectadas fueron almacenadas inicialmente en bolsas de plástico debido a su alto contenido de humedad.

Se evitó el uso de estufa para la deshidratación, reduciendo el riesgo de activación de la germinación por temperatura. Una vez secas, se hizo una mezcla compuesta por mes y se fragmentó manualmente para facilitar la búsqueda de semillas. Para cada período de muestreo, se pesaron tres submuestras cada una de 100 g destinadas a la extracción de semillas. Se realizó una inspección visual detallada con apoyo de lupas e iluminación para extraer las semillas, que posteriormente fueron sometidas a pruebas de germinación.

Las semillas se clasificaron de acuerdo con sus características morfológicas, identificando un total de 15 tipos; la mayoría de las semillas encontradas fueron de gramíneas (9 tipos), mientras que seis pertenecían a especies dicotiledóneas, entre las cuales se logró identificar la alfalfa *(Medicago sativa)* y el mezquite *(Neltuma glandulosa)*. De los distintos tipos de semillas encontrados, solo cinco presentaron germinación y son los datos que se presentan en este trabajo.

Se realizaron ensayos de germinación en cajas de Petri siguiendo la metodología descrita por Pérez y Pita (2001). Se utilizaron cajas de Petri, papel secante, agua destilada y una cámara de crecimiento programada para simular las condiciones térmicas del lugar de colecta durante primavera-verano, con un fotoperiodo de 12 h de luz a 30°C y 12 h de oscuridad a 15°C. Los riegos fueron constantes para evitar el secado del papel, requiriendo monitoreo diario, durante 25 días, donde se registró el número de semillas germinadas por caja y tipo sembrado, considerando una respuesta positiva cuando se observó la formación de la radícula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se estimó la densidad promedio de los principales tipos de semillas presentes (Ta, Tb, Tc, Td, Te; Figura 1), siendo las más abundantes: Ta= 102.3 $\pm$ 11.4; Td= 115.4 $\pm$ 35.3 semillas/kg de excreta, seguidas de: Tb= 40 y Tc y Te con menos de 10 semillas/kg de excreta. En cuanto al porcentaje de germinación, Td (alfalfa) fue la mayor (52.17%) al considera el número de semillas en proporción a la muestra, ya que para el caso de Tc y Te que se tuvo el 100% de germinación, esto fue porque sólo se sometió al proceso una semilla de cada tipo, en ese sentido el Ta que fue el de mayor densidad registró <10% de germinación, mientras que el Tb tuvo el 50%. Es decir, la germinación en semillas de gramíneas fue muy variable, mientras que la alfalfa, la cual se identificó que se ofrece en pacas es alta.

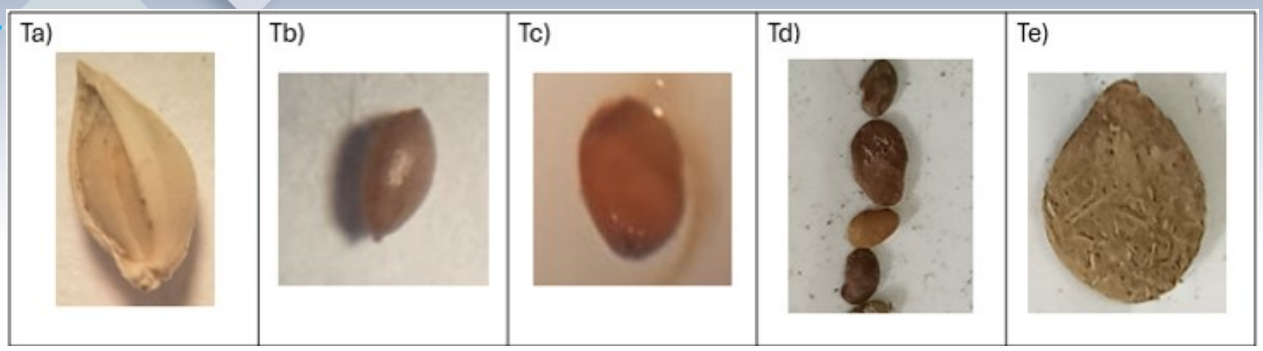


Figura 1. Tipos de semillas que presentaron germinación. Ta, Tb y Tc son cariópsides de gramíneas, Td alfalfa y Te es una dicotiledónea no identificada.

En relación a la temporada de deposición, es decir el mes de colecta, en abril (primavera) se obtuvo una densidad promedio de 37.67 ± 11.5 semillas/100 g que fue diferente estadísticamente ($P<0.05$) con los otros meses, siendo la temporada con menor densidad, contrastando con el mes de agosto (verano) con 148.67 ± 38.9 semillas/100 g y octubre que representa el otoño con 94.67 ± 33.9 semillas/100 g. Contrastantemente, en la muestra de agosto no se presentó germinación (Figura 2) y el mayor porcentaje se presentó en octubre. En relación a la proporción de semillas encontradas en las excretas, es importante mencionar que esto no es necesariamente un reflejo de la dieta, ya que en el proceso de digestión ruminal una importante proporción de alimento se degrada, por lo que resulta muy relevante la plasticidad de cambio en la selección de la dieta entre temporadas que si refleja una preferencia por gramíneas (Bergmann *et al.*, 2015; Rosas *et al.*, 2008). Por otro lado, el proceso de dispersión mediante la excreción favorece la germinación pues las semillas son escarificadas y no sólo transportadas como en el exterior del animal (Craine, 2021).

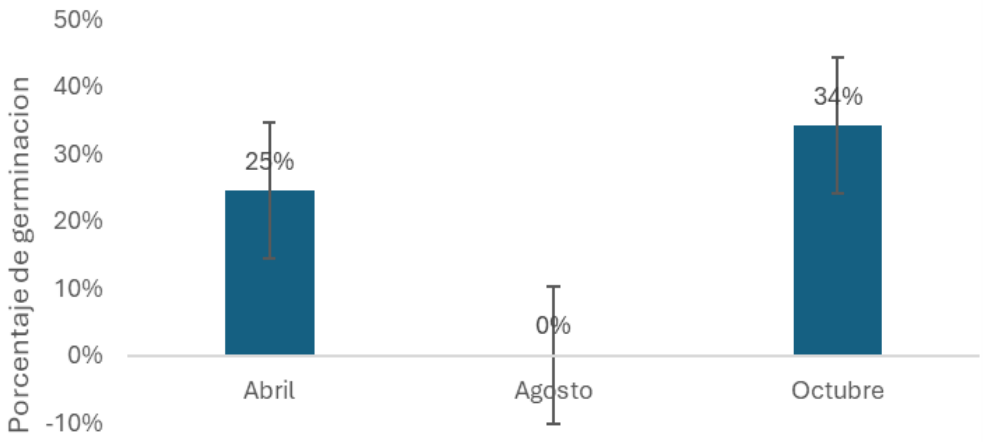


Figura 2. Germinación por mes de muestreo sin diferenciar tipo de semillas presentes en excretas de bisontes en el norte de Coahuila.

CONCLUSIONES

De las diferentes semillas encontradas la alfalfa (Td) tuvo el mayor porcentaje de germinación esto teniendo en cuenta la suplementación que reciben los bisontes en los meses críticos con baja precipitación. Mientras que las semillas de gramíneas (Ta, Tb y Tc) dispersadas en el mes de abril completaron su etapa de maduración en la planta en meses anteriores logrando tener un potencial de germinación mayor. La mayor germinación mensual fue en octubre y en agosto no se presentó, atribuible al estado de maduración de las plantas, que si bien abundantes aún con inflorescencias incipientes y semillas inmaduras. El papel del bisonte como agente de dispersión de semillas y modelador del paisaje mediante la endozoocoria constituye una oportunidad clave para el manejo de pastizales, sobre todo en áreas sujetas a conservación. A pesar de eso, la variación de los factores que afectan este proceso como el clima, la diversidad vegetal o la competencia alimenticio con otras especies hace fundamental su estudio continuo, así como una evaluación a fondo que permita entender el proceso, sus dinámicas y maximizar sus beneficios ecológicos.

LITERATURA CITADA

Arita, H. T., y Ceballos, G. (1997). Los mamíferos de México: Distribución y Estado de Conservación. Revista Mexicana de Mastozoología, 33-71.

Bergmann GT, Craine JM, Robeson MS, II, Fierer N. (2015). Seasonal Shifts in Diet and Gut Microbiota of the American Bison (*Bison bison*). PLoS ONE 10(11): e0142409.

Craine, J.M. (2021). Seasonal patterns of bison diet across climate gradients in North America. *Sci Rep* **11**, 6829

Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN). 2025. Noticia. Consultado en Línea: 22.04.2025 https://www.fmcn.org/es/noticia/las-manadas-de-conservacion-de-bisontes-en-mexico

Rosas, C. A., Engle, D. M., Shaw, J. H., & Palmer, M. W. (2008). Seed dispersal by *Bison bison* in a tallgrass prairie. *Journal of Vegetation Science, 19*(6), 769–778.

Gill, R. M., & Beardall, V. (2001). The impact of deer on woodlands: the effects of browsing and seed dispersal on vegetation structure and composition. *Forestry*, 74(3), 209-218.

Pérez García, F., & Pita Villamil, J. M. (2001). *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas* (Hojas Divulgadoras, No. 2112). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaría General Técnica.

RADIACIÓN SOLAR EN LA PRODUCCIÓN DE *Tripsacun dactyloides* L., EN LA REGIÓN TEMPLADA

SOLAR RADIATION IN THE PRODUCTION OF *Tripsacun dactyloides* L., IN THE TEMPLATE REGION

Raúl Plascencia Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], José Alberto Salvador Escalante Estrada[1], Leonor Miranda Jiménez[1], Cándido López Castañeda[1].

[1]Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230. *Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de *Tripsacun dactyloides*, en tres épocas del año. El estudio se realizó en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo. Los muestreos fueron a 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días. Las variables incluyeron: circunferencia de corona (CC), biomasa total (BT), área foliar (AFT), porcentaje de radiación interceptada con dos fórmulas, % RIC=(RIC/LI)*100, % RI=100-(LT/LI*100). Los datos se analizaron con GLM y Tukey. Para CC, se obtuvieron valores de 13.1 a 70.2 cm (P<0.01). Para BT, valores fluctuaron de 12.3 a 306.8 g planta^{-1} (P<0.01). El AFT, varió de 12.6 a 163.3 dm^{-2}. Para % RIC y % RI se alcanzó 89 y 95%. La mejor época fue primavera-verano, con mayor CC, BT, AFT y % RIC y % RI.

Palabras clave: circunferencia de corona, biomasa, área foliar.

ABSTRACT

In order to define productive behaviour of *Tripsacum dactyloides* during three periods of the year, the present study was developed at the Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Cutting evaluations were based on days of regrowth at 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, and 112 days. Response variables included: plant's basal circunference (CC), total biomass (BT), foliar area (AFT). Also the percentage of intercepted radiation was calculated based in two formules: %RIC= (RIC/LI)*100 and RI=100-(LT/LI*100). Data was analyzed through GLM and Tukey. For CC, values ranged from 13.1 to 70.2 cm (P<0.01). BT values ranged from 12.3 to 306.8 g plant^{-1} (P<0.01). AFT values ranged from 12.6 to 163.3 dm^{-2}. For %RIC and % RI values reached 89 and 95%. Spring-Fall period showed highest CC, BT, AFT, %RIC, and %RI.

Key words: plant crown circunference, biomass, foliar área.

INTRODUCCIÓN

Tripsacum, es un género nativo con atributos forrajeros y no ha recibido la importancia para el establecimiento de praderas; así mismo, se desconoce su potencial productivo bajo pastoreo y los mecanismos para obtener altos porcentajes de establecimiento y producción. Kiniry *et al.* (2023), señalan que *Tripsacum dactyloides* (Poaceae), es perenne, de verano y usos múltiples (agricultura y servicios ecosistémicos), distribuida

en la mitad oriental de E.U.A.; además, no requiere altas cantidades de fertilizante, posee alta apetencia por ganado y es resistente a sequía. *Tripsacum dactyloides* L., posee alta calidad nutricional y amplia plasticidad genética. A pesar de sus cualidades forrajeras, existe desconocimiento del manejo agronómico; uno de los más importantes para los sistemas de pastoreo, es la persistencia de la pradera, debido a la elevada preferencia del ganado por esta especie, en praderas mixtas. La persistencia de praderas en monocultivo se reduce bajo elevada carga animal o baja altura de forraje remanente (Boerman *et al.*, 2023). El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo de *Tripsacum dactyloides* L., en tres épocas del año.

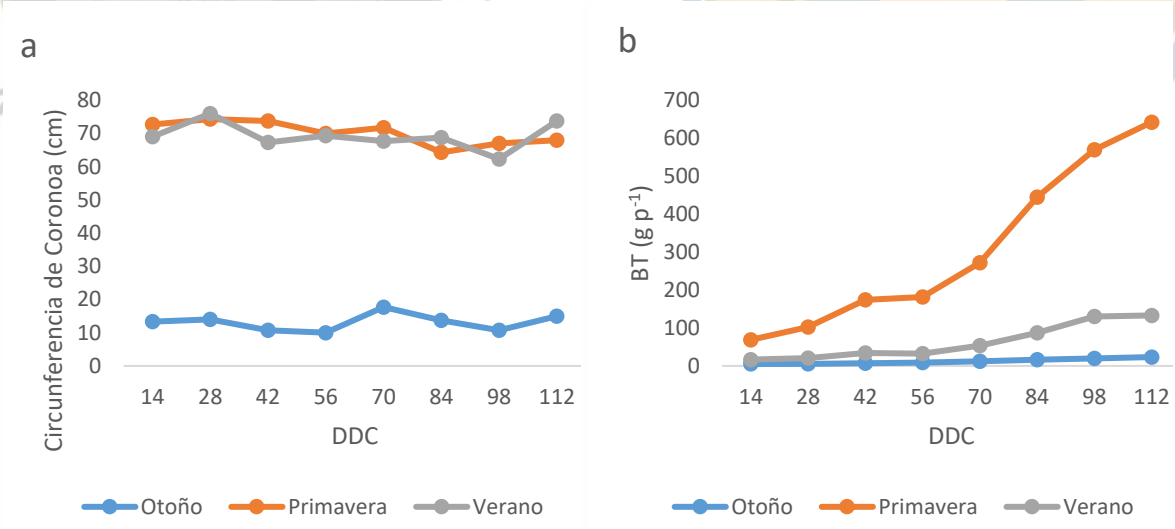
MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en parcelas experimentales del área de forrajes en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27' N y 98° 54' O, a 2220 msnm clima templado subhúmedo, fórmula climática (Cb(wo)(w)(i´)g), lluvias en verano, precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15 °C (García, 2004). Coronas de la misma edad y mismo manejo de un ecotipo selecto de *Tripsacum dactyloides* L., se multiplicaron vegetativamente y se establecieron, en febrero del 2023, en parcelas experimentales de 28 m^2 (5 m de ancho por 5.6 m de largo), con 12 hileras con 15 plantas por cada hilera (37x40 cm; 2.7 plantas m $lineal^{-1}$ y 6.756 plantas m^2). Estas plantas se mantuvieron bajo riego desde febrero a junio del mismo año para promover su rápido establecimiento. Durante el temporal (junio-septiembre, 2023) las parcelas se fertilizaron con dosis de 50 unidades de NPK, respectivamente, usando como fuente triple 17. Se evaluaron tres épocas del año, de octubre a febrero [2023-2034; otoño-invierno (O-I)], de abril a julio [2024; primavera-verano (P-V)] y julio a octubre [2024; verano-otoño (V-O)]. Los cortes de homogenización por época se aplicaron, dejando 35 cm de rastrojo remanente, el 25 de octubre de 2023 (O-I), 04 de abril (P-V) y 25 de julio del 2024 (V-O), para el primero, segundo y tercer ciclo, respectivamente. La biomasa total (BT; g MS pl^{-1}) se evaluó a 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días después de cada corte de homogeneización (DDC). Los muestreos de forraje fueron al azar teniendo como parcela útil la corona de planta, se cosechó el forraje para determinar rendimiento de MS total, en cada edad de rebrote. Se determinó circunferencia de corona (CC), midiendo con una cinta métrica, la circunferencia de corona en la base de la misma (cm). El forraje cosechado se separó por componente morfológico (tallo, hoja, material muerto, tallos reproductivos, espiga y cúpula), lo proporcionó biomasa total (BT); posteriormente, las muestras se colocaron en estufa de aire forzado a 80 °C por 72 h y se determinó peso de MS. El área foliar (AFT; dm^2) se determinó con integrador de área foliar electrónico (LI 3100 LI-COR Inc), en todas las fechas de corte se utilizaron tres repeticiones (coronas). Se evaluaron dos ecuaciones para determinar radiación interceptada por el cultivo. La radiación interceptada por el dosel del cultivo (% RIC y % RI), se determinó con Ceptómetro (LP-80-AccuPAR) esta lectura se realizó entre las 12:00 y 13:00 h, debido que es el momento óptimo, cercano al Zenith. Para % RIC=(RIC/LI)*100, donde: % RIC: porcentaje de radiación interceptada por el cultivo; RIC=(LI-LR-LT; µmol m^{-2} s^{-1}), donde: RIC=Radiación Interceptada por el Cultivo; LI: Luz Incidente (Luz que llega al cultivo); LR: Luz Reflejada

(luz obtenida al colocar el ceptómetro con los sensores hacia el suelo); LT: Luz Transmitida por el cultivo. Para %RI=100-(LT/LI*100), donde: %RI: porcentaje de radiación interceptada por el cultivo; LI: Luz Incidente (Luz que llega al cultivo); LT: Luz Transmitida por el cultivo. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con el procedimiento GLM en un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la época del año y, la parcela chica, las fechas de muestreo. Se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (P<0.05; SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para CC, se obtuvieron valores de 13.1, 70.2 y 69.3 cm (P<0.01) para O-I, P-V y V-O, respectivamente (P<0.01; Figura 1a). Los mayores promedios se obtuvieron en P-V y V-O, comparado con la época de O-I. Para BT, se observaron diferencias significativas (P<0.01; Figura 1b) por época del año, con 12.3, 306.8 y 63.5 g p^{-1}, para O-I, P-V y V-O, respectivamente. Para dinámica de crecimiento, P-V mostró los mayores valores, con 642 g $corona^{-1}$ (P<0.01; Figura 1b), con 43, 373 kg de MS ha^{-1} disponible a 112 DDC y densidad de 67, 560 coronas ha^{-1}. Rodríguez *et al.*, (2021) obtuvieron rendimiento de 434 kg MS ha^{-1} de *Tripsacum dactyloides* L., con densidad de 8, 333 coronas ha^{-1} y a 90 DDC; mientras que, en el presente estudio se observaron 1, 351 kg de MS ha^{-1} a densidad de 67, 560 coronas ha^{-1}, a 90 DDC y en la misma época del año (otoño-invierno).



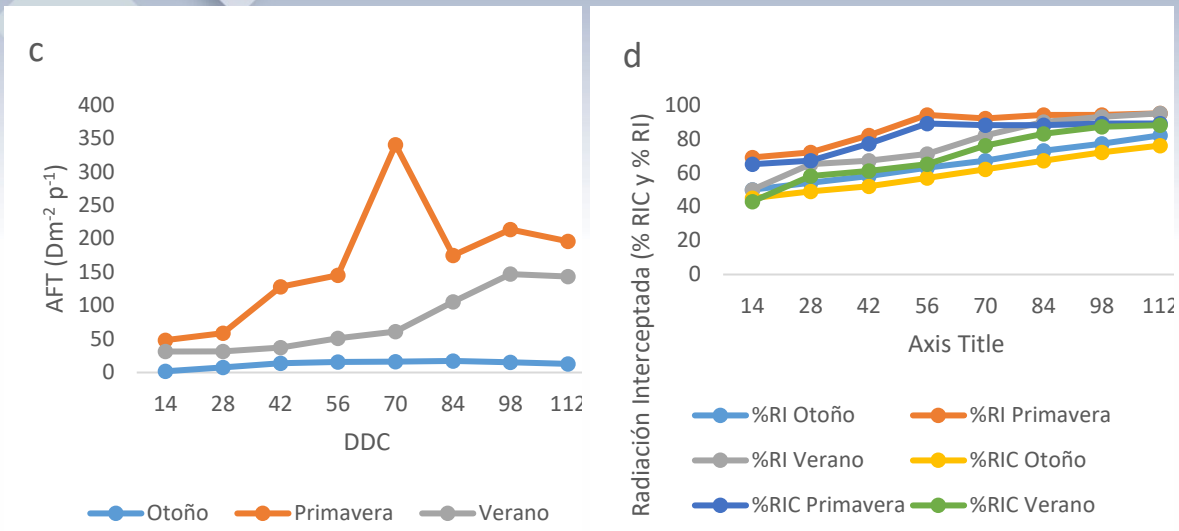


Figura 1. a) Circunferencia de corona (CC; cm); b) biomasa total por época del año (BT; g p^{-1}); c) área foliar por época del año (AF; dm^{-2}); d) radiación interceptada por el cultivo y época de muestreo (% RIC y % RI).

Para AFT, los valores promedio por época del año mostraron diferencias significativas (P<0.01) con 12.6, 163.3 y 76.2 dm^{-2}, para O-I, P-V y V-O, respectivamente. Para dinámica de AFT, la época P-V mostró los mayores valores (P<0.01; Figura 1c); así mismo, los mayores promedios se obtuvieron a 70 DDC (P<0.01; Figura 1c) en la misma época del año. En la época de V-O, los mayores promedios se observaron a 98 DDC (Figura 1c; P<0.01).

Para % RIC y % RI, se observaron diferencias significativas (P<0.01), la diferencia entre ambas variables osciló entre 4 y 7 %, durante el periodo de muestreo. Para % RI, P-V y V-O se alcanzó 95 % de interceptación luminosa a 112 DDC. Por el contrario, para % RIC, no se alcanzó 95 % de radiación interceptada; por tanto, el % RIC, puede ser más riguroso y donde las plantas manifestarán su potencial genético. Para % RI, se alcanzó el 94 % de radiación a 56 DDC durante P-V (P<0.01; Figura 1d).

CONCLUSIONES

Las condiciones favorables de crecimiento se presentan durante primavera-verano, alcanzando la mayor CC, producción de BT, AFT y mayor radiación solar interceptada. Este ecotipo de *Tripsacum dactyloides* L., es responsivo a la temperatura del año y la dinámica de coronas varia por época del año; por tanto, es necesario, determinar la tasa de aparición de macollos por época y en respuesta al manejo agronómico.

LITERATURA CITADA

Boerman, N. A., Moffet, C. A., Gunter, S. A. 2023. Is it feasible to improve stand persistence of eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides* L.) through breeding? Agrosyst. Geosci. Environ. 6:e20335. https://doi.org/10.1002/agg2.20335.

García E. Modificaciones al sistema climático de Köppen. 2004. 5ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. DF. 90 p.

Kiniry, J. R., Williams, A. S., Jacot, J., Shadow, A., Brakie, M., Burson, B., Jessup, R., Cordsiemon, R., Kim, S., Avila, A., Elias, S. G. 2023. Diverse eastern gamagrass ecotypes: General characteristics, ploidy levels, and biogeography. Crop Science 63:3545-3556. DOI: 10.1002/csc2.21103.

Rodríguez-Ortega, L.T. Verde-Villegas, D.A. Hernández-Guzmán, F.J. Castellón-Montelongo, G.J. Rodríguez-Ortega, A. 2021. Producción forrajera y semillas de *Panicum virgatum*, *Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides* en Tulancingo, Hidalgo. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios *Esp. II*: e2861. https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2861.

Statistical Analysis System (SAS). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.

POTENCIAL FORRAJERO DE *Elymus trachycaulus* Y *Bromus carinatus* EN ALMOLOYA, HIDALGO

FORAGE POTENTIAL OF *Elymus trachycaulus AND Bromus carinatus* IN ALMOLOYA, HIDALGO

José Manuel Olvera Aguilar[1]*, José Guadalupe Martínez Martínez[1]

1 Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia, Carretera México-Texcoco Km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. *a19117623@chapingo.mx

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar un análisis agrostológico en el municipio de Almoloya, Hidalgo, para identificar especies de gramíneas con potencial forrajero que puedan contribuir a mejorar la alimentación animal en la región. Se llevaron a cabo recolectas botánicas de gramíneas en floración, las cuales fueron secadas, prensadas e identificadas mediante el uso de claves dicotómicas y literatura especializada. Se seleccionaron dos especies de interés: *Elymus trachycaulus* y *Bromus carinatus*, las cuales fueron evaluadas en cuanto a viabilidad y germinación de semillas, además de variables morfológicas y composición bromatológica. *Elymus trachycaulus* presentó una viabilidad del 94% y una nacencia del 90%. El análisis bromatológico mostró un contenido de 2.37% de proteína cruda en estado de senescencia. Los resultados sugieren que existen especies nativas con potencial forrajero en la región, que podrían ser aprovechadas para mejorar los sistemas ganaderos locales.

Palabras clave: Gramíneas nativas, viabilidad de semillas, composición bromatológica.

ABSTRACT

This study aimed to conduct an agrostological analysis in the municipality of Almoloya, Hidalgo, to identify grass species with forage potential that could contribute to improving animal feeding in the region. Botanical collections of flowering grasses were carried out, which were subsequently dried, pressed, and identified using dichotomous keys and specialized literature. Two species of interest were selected: *Elymus trachycaulus* and *Bromus carinatus*, which were evaluated for seed viability and germination, as well as morphological variables and bromatological composition. *Elymus trachycaulus* showed a viability of 94% and an emergence rate of 90%. Bromatological analysis revealed a crude protein content of 2.37% in senescence

stage. The results suggest that native species with forage potential exist in the region and could be utilized to enhance local livestock systems.

Keywords: Native grasses, seed viability, bromatological composition.

INTRODUCCIÓN

La producción ganadera en México enfrenta retos importantes relacionados con la disponibilidad de forrajes de calidad, especialmente en zonas rurales como Almoloya, Hidalgo. La identificación de especies nativas con potencial forrajero representa una alternativa sostenible para mejorar la alimentación animal y reducir la dependencia de insumos externos costosos. Según Rojas *et al.* (2005), la alimentación representa uno de los factores más relevantes en la rentabilidad de las empresas ganaderas.

El estudio de la diversidad agrostológica permite conocer las especies disponibles en la región y seleccionar aquellas con mayor adaptabilidad, valor nutritivo y potencial productivo. Investigaciones previas han demostrado que las especies forrajeras responden significativamente a las condiciones climáticas y al manejo agronómico, por lo que es crucial conocer su comportamiento específico en cada localidad (Castro *et al.*, 2012).

El objetivo de este trabajo fue realizar un estudio agrostológico en Almoloya, Hidalgo, mediante recolectas botánicas, identificación taxonómica y evaluación bromatológica de especies con potencial forrajero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Almoloya, Hidalgo, municipio localizado en el Eje Neovolcánico. Se realizaron recolectas botánicas durante la temporada de lluvias, seleccionando plantas en floración con estructuras vegetativas y reproductivas completas. Las muestras se prensaron entre hojas de periódico, se secaron al natural con cambios constantes de papel para evitar la aparición de hongos.

La identificación taxonómica se efectuó mediante claves dicotómicas, microscopio estereoscópico y literatura especializada. Se construyó un climograma con datos de temperatura y precipitación proporcionados por el Sistema Meteorológico Nacional.

Se seleccionaron las especies *Elymus trachycaulus* y *Bromus carinatus* por su abundancia y potencial forrajero. Las semillas de *Elymus trachycaulus* se evaluaron mediante la prueba de cloruro de tetrazolio al 4% en cuatro lotes de 100 semillas cada uno. La germinación se realizó en charolas con sustrato Peat Moss bajo condiciones óptimas de humedad, luz y temperatura, con siete lotes de 100 semillas.

Se realizaron muestreos mensuales para análisis bromatológico, evaluando proteína cruda (PC) mediante el método de Kjeldahl y determinando el contenido de fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina detergente ácida (LDA) y cenizas, según AOAC (1990) y Van Soest (1963, 1967).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 27 especies de gramíneas, de las cuales 24 coinciden con los registros de Villaseñor *et al.* (2021). *Elymus trachycaulus* no había sido previamente reportada en la región, lo que resalta su importancia como hallazgo nuevo. *Elymus trachycaulus* demostró alta viabilidad y germinación (Cuadro 1), lo que indica su adaptabilidad a las condiciones ambientales de la región. El contenido de proteína cruda fue bajo en estado de senescencia (Cuadro 2), lo cual es consistente con lo reportado por Castro *et al.* (2012) para gramíneas en etapas avanzadas de desarrollo. Es necesario evaluar su composición en etapas vegetativas tempranas para confirmar su calidad nutricional. La presencia de *Elymus trachycaulus* y *Bromus carinatus,* ambas especies conocidas por su adaptabilidad, reafirma la importancia de conservar y aprovechar la diversidad vegetal local.

Cuadro 1. Viabilidad y nacencia de semillas recolectadas.

Especie	Viabilidad (%)	Nacencia (%)
Elymus trachycaulus	94± 0.16	90± 0.34
Bromus carinatus	96± 0.07	92± 0.15

Fuente: Datos obtenidos de las pruebas de viabilidad y nacencia.

Cuadro 2. Composición bromatológica de *Elymus trachycaulus* en estado de senescencia.

VARIABLE	RESULTADO (%)
Materia Seca	9.88 ± 0.05
Proteína Cruda	2.37 ± 0.17
FDA	66.58 ± 3.07
FDN	83.19 ± 1.35
CENIZAS	6.24 ± 0.29

Fuente: Datos obtenidos del análisis bromatológico

CONCLUSIONES

En Almoloya, Hidalgo, se encontraron diversas especies de gramíneas con potencial forrajero, entre ellas *Elymus trachycaulus* y *Bromus carinatus*. *Elymus trachycaulus* presentó alta viabilidad y germinación, lo que la convierte en una candidata para programas de aprovechamiento y mejoramiento forrajero en la región.

LITERATURA CITADA

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15th ed. *Association of Official Analytical Chemists*. *Arlington*, VA. USA.

Castro Rivera, R., Hernández Garay, A., Vaquera Huerta, H., Hernández Girón, J. de la P., Quero Carrillo, A. R., & Martínez Hernández, P. A. (2012). Comportamiento productivo de asociaciones de gramíneas con leguminosas en pastoreo. Revista Fitotecnia Mexicana, 35(1): 87-95.

Quero Carrillo, A. R., Enríquez Quiroz, J. F., & Miranda Jiménez, L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o status quo. *Interciencia*, 32(8): 566-571.

Rojas Hernández, S., Olivares Pérez, J., Jiménez Guillén, R., & Hernández Castro, E. (2005). Manejo de praderas asociadas de gramíneas y leguminosas para pastoreo en el trópico.

Villaseñor, J. L., Ortiz, E., & Sánchez-González, A. (2022). Riqueza y distribución de la flora vascular del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 93.

DINÁMICA TEMPORAL DE ESPECIES CLAVE DE GORRIONES EN RESPUESTA A ACCIONES DE MANEJO DE PASTIZALES.

SEASIONAL DYNAMIC OF KEY SPECIES OF SPARROWS RESPONDING RANGE MANAGEMENT ACTIONS.

Neyla P. Nieto Gutiérrez[1], J. Javier Ochoa-Espinoza[1]*, Isamar González García[2], J. Antonio Hernández Herrera[1], Nestor Ascención Ríos[3] y Luis Lauro de León González[1].

[1]UAAAN-Departamento de Recursos Naturales Renovables, Calz. Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coah. CP. 25315. [2] Consultora Independiente, Saltillo, Coah. CP. 25180. [3]Pronatura Noreste A.C. Loma Grande #2623, Col. Loma Larga, Monterrey, N.L. CP. 64710.

Autor de correspondencia: jjochoae@gmail.com

RESUMEN

El pastoreo es una herramienta que modifica el hábitat de las aves. El objetivo fue documentar durante 2022-2024, como los cambios en variable estructurales del hábitat influyeron en la abundancia de especies de gorriones. El estudio se realizó al suroeste de Coahuila, se seleccionaron 10 especies clave de aves, se evaluó cobertura y altura de herbáceas y arbustos y mediante transectos se estimó la abundancia de aves. Posterior al pastoreo, igualmente para herbáceas y arbustos la cobertura disminuyo (51.06-31.33% y 17.58-7.74%), como resultado aumento *Spizella passerina* (7.72-72.81 individuos/km^2), mientras que *Peucaea cassinii* (12.19-2.39 individuos/km^2) disminuyo su abundancia. Los cambios estructurales por el pastoreo influenciaron positivamente el incremento en la abundancia de ciertas especies de gorriones; el pastoreo puede ser una herramienta valiosa para la conservación de estas especies.

Palabras clave: Abundancia, hábitat, pastoreo.

ABSTRACT

Grazing is a tool that modifies bird habitats. The objective of this study was to document how changes in structural habitat variables influenced the abundance of sparrow species during 2022-2024. The study was conducted in southwestern Coahuila, where 10 key species of birds were selected. Herbaceous and shrub cover and height were evaluated, and bird abundance was estimated using transects. Following grazing, the cover of both herbaceous plants and shrubs decreased (51.06-31.33%, 17.58-7.74%). As a result, the abundance of *Spizella passerina* increased significantly (7.72-72.81 individuals/km^2), while the abundance of *Peucaea cassinii* decreased (12.19-2.39 individuals/km^2). The structural changes induced by grazing positively influenced the increase in abundance for some sparrow species; strategic grazing can be a valuable tool for the conservation of these species.

Keywords: Abundance, habitat, grazing.

INTRODUCCIÓN

Las aves son importantes indicadoras de la salud de los pastizales, ya que su diversidad y abundancia reflejan la calidad del hábitat, para el caso particular del grupo de los gorriones migratorios, estos seleccionan de manera específica las estructuras que es proveerán de cobertura y alimento en épocas críticas como el invierno (Wiens, 1989; Furness y Greenwood, 1993; Vickery *et al.*, 1999). Por otro lado, la ganadería extensiva puede impactar a las poblaciones de aves de diversas maneras (Vickery *et al.*, 1999; Musitelli *et al.*, 2016), por lo que la ausencia de esquemas sostenibles de pastoreo, como lo puede ser el pastoreo continuo, o una deficiente planeación en esquemas rotacionales (Briske *et al.*, 2011) pueden conducir a la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad, desafortunadamente en México la combinación de estos dos factores y otros se conjugan en a tierras de uso comunal como los ejidos debido a la complejidad en la toma de decisiones (Bray *et al.*, 2003; Bestelmeyer *et al.*, 2012). Así pues, orientar el manejo de las tierras hacía esquemas planificados que involucren la rotación, no sólo beneficia la salud del terreno, si no las condiciones estructurales del hábitat y dado que el grupo de las aves es un bioindicador sensible de la calidad del hábitat, este estudio busca evaluar cómo el manejo rotacional con descanso influye en la abundancia de especies de gorriones, con algún estatus de riesgo en el suroeste de Coahuila, analizando también la relación con los cambios en la estructura del hábitat, específicamente la cobertura y altura de herbáceas y arbustivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural Voluntaria Loma del Gorrión, ubicada en el municipio de Saltillo, Coahuila. Se analizó información de monitoreos invernales de aves de tres ciclos comprendidos entre 2022 y 2024. El invierno de 2022 funcionó como la línea base de comparación tanto para la abundancia de gorriones, como para la estructura de la vegetación previo a la implementación del pastoreo rotacional, el cual se empezó a implementar en la primavera de 2023, los dos ciclos invernales subsecuentes ya presentaron modificaciones estructurales por efecto de este sistema de pastoreo. Se seleccionaron 10 especies clave de gorriones lo mismo residentes que migratorias, con observaciones constantes dentro del periodo mencionado, el análisis se centró en la abundancia estacional de seis especies de la familia *Passerellidae*, tres de *Emberizidae* y una de *Fringillidae*. Para monitorear aves y evaluar su hábitat, se establecieron 12 transectos de 800 metros de longitud cada uno, espaciados 200 metros y orientados de este a oeste, los muestreos se realizaron en invierno, iniciando 15 minutos después del amanecer y extendiéndose hasta por cuatro horas, con un observador por transecto utilizando binoculares y GPS para registrar aves de manera visual o por cantos.

La evaluación del hábitat se llevó a cabo en parcelas anidadas de 5, 50 y 100 metros de radio, en la primera subparcela se evaluó a detalle la cobertura y altura de la vegetación herbácea, en la parcela de 50 metros de radio se hizo énfasis en la

vegetación arbustiva evaluando igualmente cobertura y altura y finalmente en la parcela de 100 metros de radio, se hiso una descripción general del paisaje. Se planteó como hipótesis que la aplicación del sistema rotacional modifica la cobertura y altura de la vegetación herbácea y arbustiva y que al menos el 50% de las especies seleccionadas aumentan su abundancia. Para conocer las diferencias entre la abundancia de las especies de aves en las tres temporadas evaluadas se graficaron intervalos de confianza al 95% para cada especie y para conocer las diferencias entre la cobertura y altura de la vegetación se hiso un ANOVA de una vía y la prueba Post Hoc Cochran's ($\alpha<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la primera temporada invernal la especie más abundante fue *A. savannarum*, seguida de *P. cassinii* (Cuadro 1), en los inviernos subsecuentes a la implementación del pastoreo rotacional *P. gramineus* y *S. passerina* aumentaron su abundancia, posiblemente debido a una preferencia por espacios abiertos, ya que la cobertura de pastos, si bien disminuyo en el 2023 (de 51.06% ± 27.01 en 2022 a 31.33% + 23.70; $P>0.05$), también la cobertura de arbustos lo hiso constantemente hasta el 2024 (de 17.58% ± 11.19 en 2022 a 3.82% ± 3.50; $P<0.05$)(Figura 1). En ese sentido para hábitat como los ocupados por gorriones Smith *et al.* (2010) destacaron la importancia de la cobertura arbustiva dispersa que promueve la abundancia este grupo de aves, sugiriendo una preferencia por arbustos medianos para forrajeo y anidación.

Cuadro 1. Abundancia de aves por kilómetro cuadrado (promedio y desviación estándar) en tres años de evaluación invernal en la Reserva Natural Voluntaria Loma del Gorrión, Saltillo, Coahuila.

Especie	2022	2023	2024
		Passerellidae	
Amphispiza bilineata	4.06 ± 3.92	8.97 ± 4.97	0.63 ± 3.53
Peucaea cassinii	12.19 ± 8.21*	1.86 ± 3.97	2.39 ± 6.31
Poocetes gramineus	8.23 ± 9.83	55.89 ± 16.36*	58.89 ± 22.27*
Spizella breweri	1.57 ± 8.18	11.13 ± 17.83	24.36 ± 23.85*
Spizella pallida	1.10 ± 6.18	3.81 ± 8.84	1.08 ± 6.83
Spizella passerina	7.72 ± 20.05	12.43 ± 22.41	72.81 ± 58.21*
		Emberizidae	
Ammodramus savannarum	25.78 ± 13.64*	20.54 ± 11.16*	3.55 ± 9.00
Centronyx bairdii	8.36 ± 7.71	2.61 ± 5.64	15.23 ± 11.00*
Passerculus sandwichensis	0.74 ± 3.50	3.20 ± 4.28	0.72 ± 3.60
		Frigillideae	
Haemorhous mexicanus	11.97 ± 12.36	2.00 ± 5.46	6.08 ± 12.31

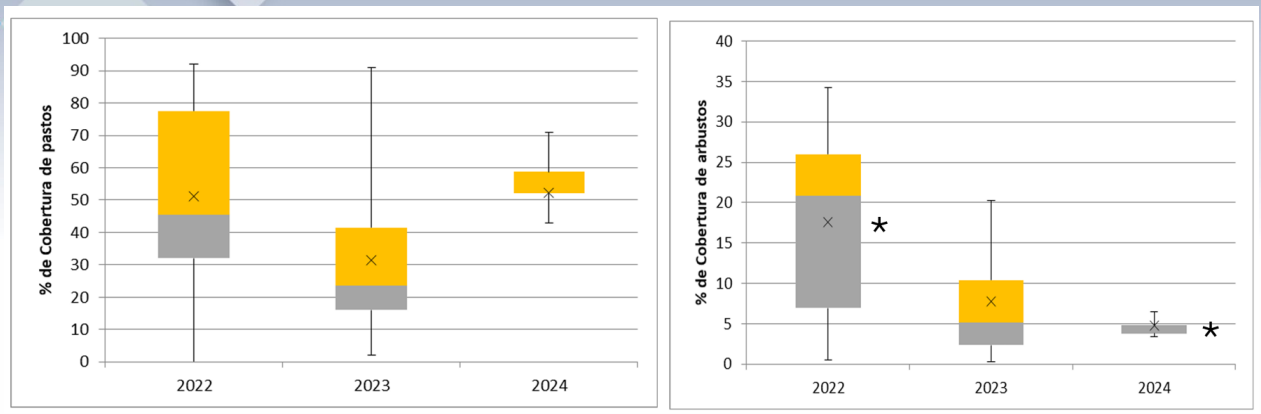


Figura 1. Modificaciones en el porcentaje de cobertura de pastos y de arbustos en el periodo de implementación de pastoreo rotacional. (*) Indica diferencia significativa (P <0.05)

Las especies que disminuyeron su abundancia significativamente fueron *P. cassinii* declinando a razón del 80% (P <0.05), mientras que las especies residentes como *A. bilineata* y *H. mexicanus* mantuvieron sus abundancias fluctuantes, pero sin diferencias de invierno a invierno.

CONCLUSIONES

La estrategia de pastoreo rotacional aplicada, promovió tres tendencias en la abundancia anual de las especies estudiadas: 1) no se observó una tendencia definida para *A. bilineata, S. pallida* y *P. sandwichensis*, ya que sus abundancias fluctuaron; 2) disminución significativa y paulatina, como es el caso de *P. casinii*; y 3) aumento en la abundancia inmediata, es decir, en el siguiente invierno posterior a la implementación del esquema de pastoreo (*A. savannarum, S. passerina, S. breweri y P. gramineus*), y aumento en la abundancia en el segundo invierno (*C. bairdii y H. mexicanus*). Este tipo de pastoreo afectó positivamente a seis de 10 especies de aves migratorias indicadoras de cambios estructurales del hábitat de pastizal, mientras que a tres especies no les afectó significativamente.

En cuanto a la estructura del hábitat, el pastoreo rotacional sí produjo cambios en la cobertura de arbustos, disminuyendo significativamente este estrato de la vegetación; mientras que, para la cobertura de pastos inicialmente disminuyó significativamente y para el segundo invierno se recuperó, lo que señala que el pastoreo estaría favoreciendo la cobertura de gramíneas al no disminuirla y mantenerla estable.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Pronatura Noreste A.C. por su colaboración y a la Dirección de Investigación de la UAAAN.

LITERATURA CITADA

Bestelmeyer, B. T., Briske, D. D., Brown, J. R., Havstad, K. M., Alexander, M. S., y Pyke, D. A. (2012). A critical barrier to progress in rangeland ecology and management. BioScience, 62(8), 752-760.

Bray, D. B., Ellis, E. A., y Armijo-Canto, N. (2003). Social dimensions of sustainable forestry in Mexican community forests. Society y Natural Resources, 16(7), 555-576.

Briske, D. D., Bestelmeyer, B. T., Brown, J. R., y Polley, H. W. (2011). The Savory paradigm shatters: Broadening the debate of grazing and grassland health. Rangeland Ecology y Management, 64(1), 24-31.

Furness, R. W., y Greenwood, J. J. D. (1993). Birds as monitors of environmental change. Chapman and Hall.

Musitelli, F., Mahler, B., y Filloy, J. (2016). Livestock grazing and bird diversity in pampean grasslands of Argentina. The Condor: An International Journal of Avian Biology, 118(4), 821-833.

Smith, C. D., Brown, E. F., y Garcia, H. I. (2010). Habitat use and nesting ecology of Cassin's Sparrow (*Peucaea cassinii*) in a desert grassland ecosystem. The Southwestern Naturalist, 55(1), 78-85.

Vickery, P. D., Herkert, J. R., Knopf, F. L., Ruthrauff, J. R., Schnase, J. L., Dale, B. C., Tews, J., y Shaffer, T. L. (1999). Grassland birds: An overview of threats and conservation actions. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division.

Wiens, J. A. (1989). Spatial scaling in ecology. Functional Ecology, 3(4), 385-397.

DIVERSIDAD DE DIETA DEL VENADO COLA BLANCA (*Odocoileus virginianus*) DE SIERRA DE MORONES EN ZACATECAS

DIET DIVERSITY OF WHITE-TAILED DEER (*Odocoileus virginianus*) FROM SIERRA DE MORONES IN ZACATECAS

Juan Manuel Galván-Saucedo[1], Eduardo Valdéz-Romero[1], Héctor Emanuel Valtierra-Marín[2], Lucia Degadillo-Ruiz[1], Marisa Mercado-Reyes[1]*.

[1] Laboratorio de Biología y Medicina de la Conservación, Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas. [2] Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. * Autor de correspondencia: marisa.mercado@uaz.edu.mx

RESUMEN

La biología del venado cola blanca es fundamental para su manejo poblacional, el estudio tuvo como objetivo determinar la diversidad de especies vegetales consumidas por el venado cola blanca de la Sierra de Morones en Zacatecas para lo cual se colectaron muestras fecales de venado cola blanca en vida libre, y especies vegetales referencia del área durante dos periodos: seco y lluvioso. Las muestras (heces y plantas) fueron analizadas microhistológia para identificación por estructuras vegetales; posteriormente se estimó frecuencia de ocurrencia y densidad relativa y diversidad con el índice Shannon-Weiner. Observamos la presencia de 25 especies vegetales (11 familias); en el periodo seco predominaron especies arbustivas y para el periodo de lluvias fueron herbáceas, sugiriendo que el venado cola blanca es una especie con dieta altamente selectiva.

Palabras clave: Dieta, venado cola blanca, Sierra de Morones.

ABSTRACT

The biology of white-tailed deer is critical for their population management. The study aimed to determine the diversity of plant species consumed by white-tailed deer in the Sierra de Morones in Zacatecas, for which fecal samples were collected from free-living white-tailed deer and reference plant species in the area during two periods: dry and rainy. Samples (feces and plants) were analysed by microhistological for identification by plant structures; frequency of occurrence and relative density and diversity were then estimated using the Shannon-Weiner index. We observed the presence of 25 plant species (18 families); shrub species predominated in the dry period and herbaceous species in the rainy period, suggesting that white-tailed deer is a species with a highly selective diet.

Key words: Diet, white-tailed deer, Sierra de Morones.

NTRODUCCIÓN

El venado cola blanca es una especie importante para el hombre, ya que tiene trascendencia económica y cultural en el continente americano; es una especie que presenta una gran capacidad de adaptación a diversos ecosistemas, por lo que tiene una amplia distribución geográfica en todo el país (Retana y Lorenzo, 2016); en Zacatecas es una especie de importancia cinegética (Mercado, 2006) en donde se ha identificado la ocurrencia de dos subespecies: *O. v. couesi* y *O. v. miquihuanensis*. Su problemática en México son principalmente la pérdida de hábitat y la cacería furtiva, lo anterior aunado a la introducción de otras subespecies de venado como el texano (*O. v. texanus*) son causas del deterioro de sus poblaciones naturales en sus diferentes áreas de distribución (Galindo-Leal y Weber, 1998), para las poblaciones de la especie en el Estado de Zacatecas, además de la problemática descrita anteriormente, la escasez de agua son las principales causas de deterioro de sus poblaciones en vida libre. La Sierra de Morones conforma la porción sur de la Sierra Madre Occidental, su vegetación esta caracterizada por bosque de encino-pino, manzanilla y pastizal natural (Mercado, 2006), pertenece al hábitat en donde ocurre la subespecie de venado cola blanca llamado de la Sierra Madre o venado de Coues (*Odocoileu virginianus couesi*), que es la subespecie de mayor distribución geográfica en México (Galindo-Leal y Weber, 1998).

La calidad del hábitat es uno de los principales factores para la sobrevivencia de las poblaciones de venado cola blanca en vida libre; la disponibilidad de alimento, cobertura vegetal, espacio y agua son las necesidades básicas del hábitat de venado cola blanca (Fulbrigth y Ortega., 2016); estas condiciones influyen en las condiciones óptimas de poblaciones de la especie en vida libre. El venado cola blanca es un rumiante selectivo (Arceo *et al.*, 2005), ya que los requerimientos nutricionales pueden variar en base al estado de desarrollo que se encuentre el venado (cervato, juvenil, adulto) o la época estacional en la que se encuentre; su dieta se basa principalmente en el ramoneo donde consume principalmente hojas y tallos de especies vegetales arbustivas (Villareal 1999; Ramírez 2004). Las diferencias en la diversidad de las especies vegetales consumidas se encuentran determinadas por la distribución geográfica, las especies vegetales disponibles, condiciones del hábitat, calidad nutricional y época del año (González y Briones-Salas., 2011); las preferencias de alimentación por cierto grupo de plantas, se encuentran determinadas por la abundancia relativa y disponibilidad de cada especie en el hábitat (Villarreal, 2009). La vegetación se compone de comunidades biológicas que varían considerablemente en tiempo y espacio, por lo anterior, para determinar lo que consumen los herbívoros en vida libre, es importante establecer los índices de selectividad y su variación de especies vegetales consumidas a través de las distintas temporadas anuales; así como el comportamiento animal al seleccionar su dieta (Ramírez, 2004). Para determinar la composición botánica de la dieta en herbívoros silvestres, la utilización

de las técnicas microhistológicas es una técnica que consiste en la obtención de tejidos epidérmicos de las especies vegetales que se encuentran en el entorno natural del animal; y su posterior comparación con las obtenidas de muestras fecales, contenido ruminal o fístula esofágica; todo lo anterior mediante la identificación de los patrones de las estructuras morfológicas en los fragmentos epidérmicos de las especies vegetales (Castellaro *et al.*, 2007). En base a lo anterior, el estudio tiene como objetivo determinar

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación: El área de estudio se localiza dentro del municipio "El Plateado" de Joaquín Amaro, a 165 km al oeste de la ciudad de Zacatecas, entre las regiones de los cañones de Juchipila y Tlaltenango, en la parte alta de la Sierra de Morones con coordenadas 102º 54´ y 103º11' Longitud Oeste y 21º51`y 22º09´ Latitud Norte (Figura 1)

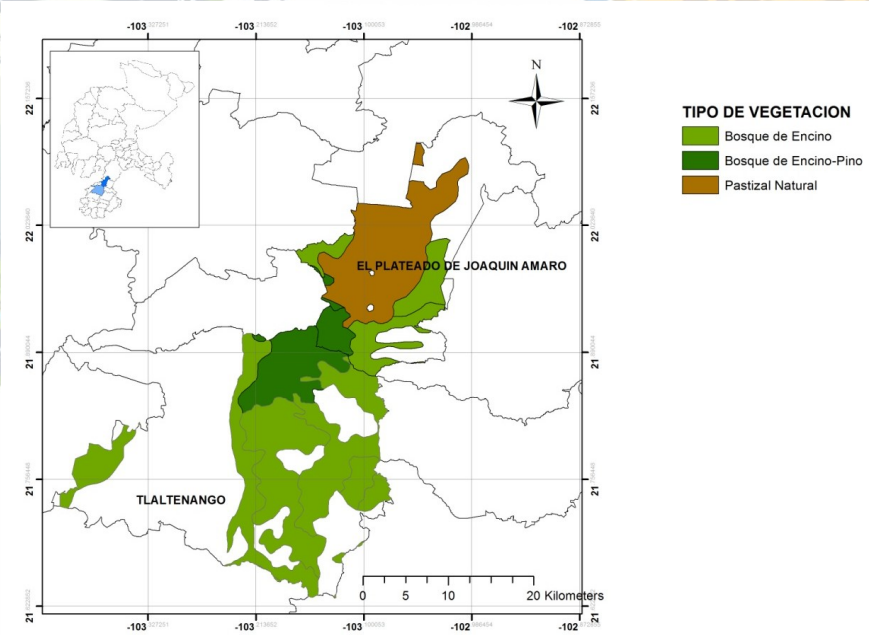


Figura 1. Área de Estudio

Se realizó la colecta de muestras fecales de venado cola blanca mediante el uso de la técnica en transectos lineales en los cuales se establecieron parcelas de 10 m^2 en los cuales se colectaron muestras, la separación entre parcelas fue de 500 m; para la identificación taxonómica de las especies vegetales del área de estudio, se realizó la colecta de las especies con mayor presencia en la zona (González *et al.,* 1995), las cuales fueron colocadas en prensas botánicas y trasladadas al herbario de la Unidad Académica de Agronomía para su identificación, esto con el fin de conformar el grupo de especies vegetales de referencia para la identificación de especies consumidas; el muestreo se realizó en dos periodos establecidos como periodo seco (marzo a abril

2014) y periodo de lluvia (septiembre y octubre 2013). Tanto las plantas como las muestras fecales fueron procesadas para la obtención de patrones de estructuras vegetales mediante la técnica de microhistológia (Sparks y Malechk, 1968). Se determinó la frecuencia de ocurrencia y porcentaje de presencia de las especies vegetales identificadas presentes en las muestras fecales; para determinar la diversidad de especies vegetales en la dieta del venado cola blanca se estimó el índice de Shannon-Weiner por periodo de muestreo y la prueba estadística *t* de Student para comparación entre las especies vegetales identificadas en la dieta del venado cola blanca para cada periodo muestreado.

RESULTADOS

Se identificaron 25 especies vegetales que conformaron la dieta del venado cola blanca de la Sierra de Morones, 16 especies representaron la dieta durante el periodo de lluvia, las especies *Arcostaphylos pungens, Quercus rugosa, Trifolium goniocarpum y Verbena menthaifolia* conformaron el 49% de la dieta, 7.7% de los fragmentos vegetales no fueron identificados. Para el periodo seco, se observaron 9 especies representativas consumidas por el venado cola blanca, *Helianthemum glomeratum, Arctostaphylos pungens, Dalea leporina, Arbutus xalapensis y Quercus rugosa* representaron el 65.2% del porcentaje en la dieta, 10.6% no fueron identificados.

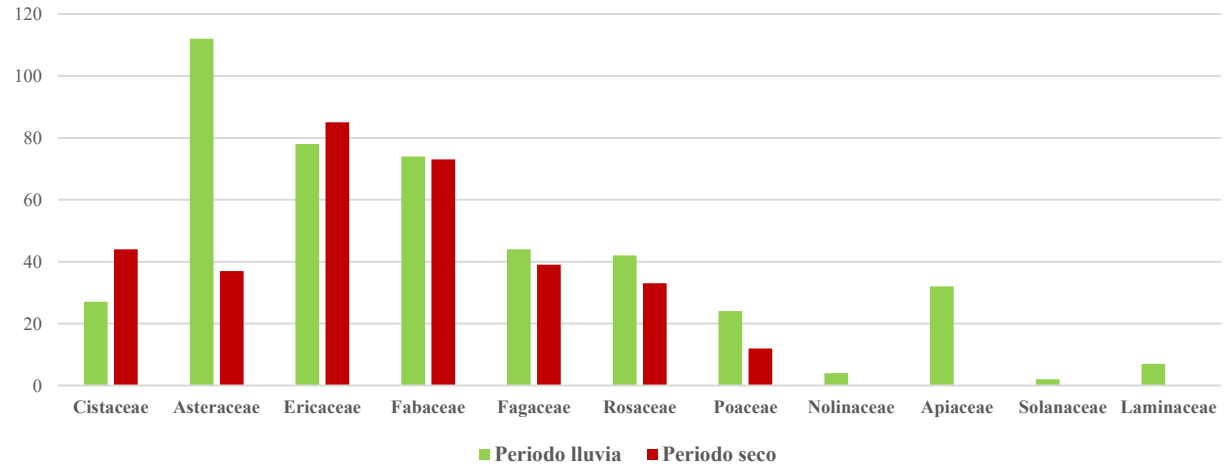


Figura 2. Frecuencia absoluta de familias botánicas de las especies vegetales identificadas en las muestras fecales del venado cola blanca de la Sierra de Morones, Zacatecas.

De acuerdo a los resultados, se observó que durante el periodo seco, las especies arbustivas tuvieron una frecuencia mayor en la dieta del venado cola blanca; mientras que durante el periodo de lluvia fueron las especies herbáceas (Cardona *et al.*, 2018); el consumo de arbustivas durante el periodo seco debido a que presentan mayor estabilidad aun en los periodos secos (Galindo-Leal y Weber, 2005); la selección de

arbustos en la dieta del venado cola blanca podría ser la conexión nutricional entre los periodos de escasez cuando la disponibilidad de herbáceas es baja (Ramírez, 2004).

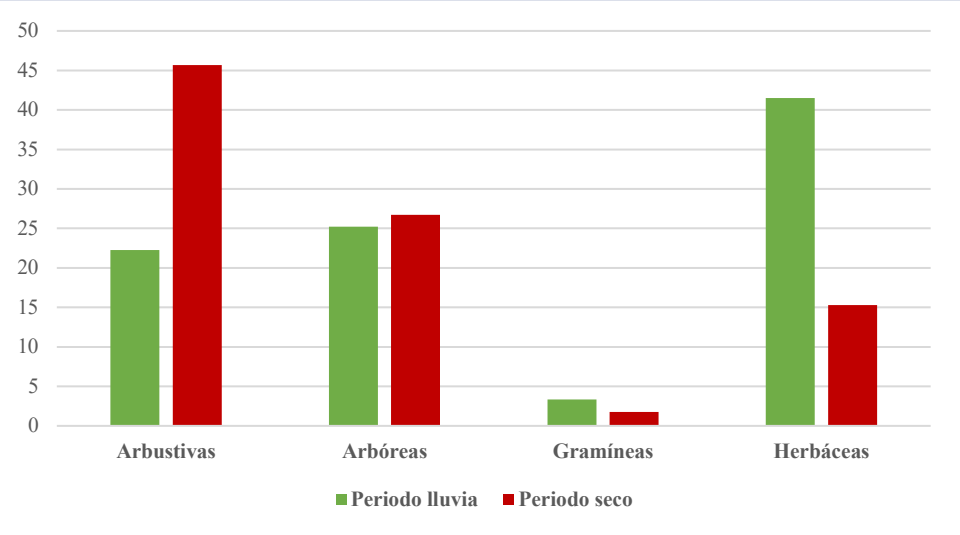


Figura 3. Porcentajes de presencia de especies vegetales en las heces fecales de venado cola blanca.

De acuerdo al índice Shannon-Weiner, se obtuvo un índice de diversidad de H` = 2.513 para el periodo de lluvia lo cual indicó que este periodo presentó una riqueza de especies vegetales mayor que el obtenido para el periodo seco H` = 2.195; al realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos, la prueba *t* de Student indicó que existe una diferencia significativa entre el número de especies vegetales identificados entre los dos periodos analizados ($p < 0.05$); Cardona *et al.* (2018) establece que la mayor biomasa vegetal para el venado cola blanca se presenta en la época de lluvia en poblaciones en vida libre al sur del Estado de Zacatecas.

CONCLUSIONES

La dieta del venado cola blanca consta de 25 especies vegetales, de las cuales, 16 son consumidas durante el periodo de lluvia y solo 9 durante el periodo seco; por lo que presenta una mayor diversidad de especies vegetales consumidas durante el periodo de lluvia en el área de estudio, o que sugiere una mayor disponibilidad de especies vegetales durante este periodo. Las especies arbustivas estuvieron presentes en la dieta del venado cola blanca durante ambos periodos analizados, siendo más abundantes durante el periodo seco, la especie arbustiva *Arctostaphylos pungens* fue la especie vegetal presente en ambos periodos.

LITERATURA CITADA

Arceo G., Mandujano S., Gallina S. y Pérez-Jiménez L. A. (2005). Diet diversity of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a tropical dry forest in Mexico. Mammalia 69 (2): 159-168.

Castellaro G. G., Squella F. N., Ullrich R. T., León C. F. y Raggi S. A. (2007). Algunas técnicas microhistológicas utilizadas en la determinación de la composición botánica de dietas de herbívoros. Agricultura técnica (Chile) 67 (1): 86-93.

Fulbright T. E. y Ortega S. A. (2016). Ecología y manejo de venado cola blanca. 2da Ed. Editorial Colpos Colegio de Postgraduados.

Galindo-Leal C. y Weber M. (1998). El venado de la Sierra Madre Occidental, ecología, manejo y conservación. EDICUSA-CONABIO.

Galindo-Leal y M. Weber. (Venado Cola Blanca Odocoileus virginianus (Zimmermann, 1780). En: Ceballos, G. y G. Oliva. (2005). Los Mamíferos Silvestres de México. CONABIO-Fondo de Cultura Económica, México. Pp: 517-521.

González G. y Briones-Salas M. (2011). Diera de *Odocoileus virginianus* (Artiodactyla: Cervidae) en un bosque templado del Norte de Oaxaca, México. Revista Biología Tropical 60 (1):447-457.

González E. A., Guzmán N. y Díaz O. A. Composición botánica del bosque tropical caducifolio en el municipio de Concordia, Sinaloa. En: López H. A. y Palacios V. O. (1995). Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del sur de Sinaloa. Universidad Autónoma de Chapingo, México. Pp: 135-170.

Mercado R. M. (2006). Estructura poblacional de venado cola blanca en el Estado de Zacatecas. Informe técnico. Unidad Académica de Biología Experimental UAZ. Zacatecas, México.

Navarro-Cardona J. A., Olmos-Oropeza G., Palacio-Nuñez J., Clemente-Sánchez F. y Vital-García C. (2018). Dieta, población y capacidad de carga del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en dos condiciones de hábitat en Tlachichila, Zacatecas, México. Agroproductividad 11(6): 15-23.

Ramírez R. G. (2004). Nutrición de venado cola blanca. Universidad Autónoma de Nuevo León. Unión Ganadera Regional de Nuevo León, Fundación Produce. Nuevo León, Monterrey, México.

Retana G. O. G. y Lorenzo M. C. (2016). Valor cinegético y cultural del venado cola blanca en México. Revista Etnobiología 14 (3): 60-70.

Sparks D. R. y Malecheck J. C. (1968). Estimating percentage dry weight in diet using a microscope technique. Journal of Range Management 21: 264-265.

Villarreal J. (1999). Venado cola blanca. Manejo y aprovechamiento cinegético. Unión Ganadera Regional de Nuevo León. México.

DETERMINACIÓN DE FDN Y FDA EN ENSILADOS DE MAÍZ (*Zea mays*) ACIDIFICADOS, TRATADOS CON DIFERENTES ADITIVOS.

DETERMINATION OF NDF AND ADF IN ACIDIFIED CORN SILAGE (Z*ea mays*) TREATED WITH DIFFERENT ADDITIVES.

Luis Gabriel Garcia-delaPuerta[1], Luis Cuauhtémoc Muñoz-Salas[1*], Alejandro Espinoza-Canales[1], Daniel García-Cervantes[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas. *cuauhtemocms@uaz.edu.mx

RESUMEN

La ganadería en las zonas áridas y semiáridas de México enfrenta importantes desafíos debido a las condiciones climáticas extremas, lo que requiere la implementación de estrategias innovadoras para lograr una producción sostenible. Dentro de las tecnologías disponibles, el ensilaje se presenta como una alternativa eficaz para conservar forrajes, especialmente los de maíz, que son fundamentales por su alto contenido nutricional. Este método implica un proceso de fermentación anaeróbica, en el que las bacterias lácticas transforman los carbohidratos en ácidos orgánicos, lo que reduce el pH y permite la conservación del forraje. No obstante, la calidad de los ensilados depende en gran parte de cómo se gestione la fermentación. La acidificación es fundamental, ya que favorece un entorno anaeróbico ideal para el desarrollo de bacterias beneficiosas y limita el crecimiento de microorganismos no deseados. Este estudio se estructuró bajo un diseño completamente al azar con 13 tratamientos y dos repeticiones, empleando microsilos de PVC de 3" de diámetro por 50 cm de largo, para un total de 26 unidades experimentales. Se utilizó ácido fosfórico ámbar al 85% como agente acidificante y se añadieron aditivos como melaza, yogurt e inoculantes bacterianos. Se evaluaron los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) mediante el método de Van Soest, utilizando un analizador de fibras Ankom 200. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando los tratamientos 8 y 9 por presentar los valores más bajos de FDN y FDA, lo que indica una mejor digestibilidad del ensilado. En contraste, el tratamiento 7 mostró los niveles más altos, reflejando una calidad inferior. Estos resultados confirman que el uso de aditivos adecuados mejora la calidad nutricional del forraje.

Palabras clave: ensilados, maíz, acidificación, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido.

ABSTRACT.

Livestock farming in arid and semi-arid areas of Mexico faces significant challenges due to extreme climatic conditions, requiring the implementation of innovative strategies to achieve sustainable production. Among the available technologies, silage is an effective alternative for preserving forage, especially corn, which is essential for its high nutritional content. This method involves an anaerobic fermentation process, in which lactic acid bacteria transform carbohydrates into organic acids, reducing the pH and allowing forage preservation. However, the quality of silage depends largely on how the fermentation is managed. Acidification is essential, as it promotes an anaerobic environment ideal for the development of beneficial bacteria and limits the growth of unwanted microorganisms. This study was structured under a completely randomized design with 13 treatments and two replicates, using PVC microsilos measuring 3" in diameter by 50 cm long, for a total of 26 experimental units. 85% amber phosphoric acid was used as an acidifying agent, and additives such as molasses, yogurt, and bacterial inoculants were added. Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were evaluated using the Van Soest method, using an Ankom 200 fiber analyzer. The results showed significant differences between treatments, with treatments 8 and 9 showing the lowest NDF and ADF values, indicating better silage digestibility. In contrast, treatment 7 showed the highest levels, reflecting lower quality. These results confirm that the use of appropriate additives improves forage nutritional quality.

Keywords: silage, corn, acidification, neutral detergent fiber, acid detergent fiber.

INTRODUCCIÓN.

La ganadería en las regiones áridas y semiáridas de México enfrenta serias dificultades debido a las condiciones climáticas severas que predominan en estas zonas. Las elevadas temperaturas y la baja precipitación impactan directamente en la actividad ganadera. Bajo este panorama, resulta clave implementar nuevas estrategias que favorezcan una producción sustentable para el ganado (Segura *et al.*, 2024)

Hay varias tecnologías para almacenar y conservar el forraje sin que su calidad se vea afectada, lo que permite su uso en épocas y momentos ideales. Una de estas alternativas es el ensilaje, que se distingue por su sencilla elaboración y no requiere de una gran infraestructura (Osorio *et al.*, 2024). El ensilaje implica un proceso de fermentación anaeróbica controlada en el que las bacterias del ácido láctico transforman los carbohidratos solubles en ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico, lo cual ayuda a disminuir el pH y a conservar el forraje (Coello *et al.*, 2024). Los ensilados de maíz son un componente fundamental en la alimentación del ganado, especialmente en sistemas de producción. Este forraje tiene un alto valor nutricional, gracias a su riqueza en carbohidratos, lo que lo convierte en un recurso clave para optimizar la productividad animal (Castillo *et al.*, 2024). Sin embargo, la calidad de los ensilados depende en gran medida de su proceso de fermentación y conservación. La acidificación juega un papel esencial en este proceso, ya que permite reducir el pH del

material ensilado, creando un ambiente anaeróbico que favorece el desarrollo de bacterias lácticas beneficiosas mientras inhibe la proliferación de microorganismos indeseables (Rendón *et al.*, 2014). Para facilitar esta acidificación y asegurar una fermentación adecuada, el uso de aditivos ayuda a bajar el pH de manera efectiva y rápida.

Los aditivos son productos naturales o industriales que se agregan a la masa de forraje o de grano. Estos aditivos no solo mejoran la estabilidad del forraje y su palatabilidad, sino que también minimizan las pérdidas de nutrientes que pueden ocurrir durante la fermentación y el almacenamiento. Por lo tanto, entender la importancia de la acidificación en los ensilados de maíz es crucial para tener una eficiencia y rendimiento óptimo de su ganado (Callejo, 2019).

MATERIAL Y MÉTODOS.

Ubicación. El trabajo se realizó en la posta agropecuaria y en el laboratorio de nutrición animal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Zacatecas.

El experimento se estructuró bajo un diseño completamente al azar (DCA), con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes tratamientos sobre los contenidos de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en ensilados de maíz (*Zea mays*) acidificados, se establecieron 13 tratamientos experimentales, cada uno con dos repeticiones, para un total de 26 unidades experimentales. El ensilado se llevó a cabo a través de microsilos en tubos de PVC de 3” de diámetro y 50 cm de largo. Los cuales consistieron en una base de ensilado de maíz y ácido fosfórico ámbar al 85% como acidificante, y a esta base se le añadieron aditivos para mejorar la calidad del ensilado como se muestra en el cuadro 1. El maíz se cortó a una medida de 5 x 5 cm aproximadamente, se añadió el acidificante y aditivos respectivos para cada tratamiento. Con ayuda de un cucharon metálico se llenaron los tubos de PVC, y con un bastón de punta redonda de 3.5 cm de diámetro se presionaron para compactarlos y extraer el aire en su interior. Se sellaron los extremos de los tubos con tapas de PVC y cinta aislante. Los microsilos se almacenaron de manera vertical a temperatura ambiente en la bodega de la planta de alimentos de la posta agropecuaria de la UAMVZ-UAZ, y permanecieron así durante 45 días. Las muestras se extrajeron de los tubos de PVC, la temperatura se obtuvo utilizando un termómetro de mercurio de inmersión para laboratorio y el pH mediante un medidor de pH HI 98106 by HANNA ®. Se pesaron en fresco, se deshidrataron a 65°C durante 48h, y se molieron en un molino con una criba de 1mm.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos usados en el ensilado de maíz.

No	TRATAMIENTO	ACIDO F %	AGUA	MELAZA%	INOCULANTE%	YOGURT
T1	TESTIGO					
T2	AC FOSFORICO	0.07	0.93			
T3	AC FOSFORICO	0.08	0.92			
T4	AC FOSFORICO	0.09	0.91			
T5	AC FOSFORICO + YOGURT	0.07	0.92			0.01
T6	AC FOSFORICO + YOGURT	0.08	0.9			0.02
T7	AC FOSFORICO + YOGURT	0.09	0.88			0.03
T8	AC FOSFORICO + MELAZA	0.07	0.93	1.5		
T9	AC FOSFORICO + MELAZA	0.08	0.92	2.5		
T10	AC FOSFORICO + MELAZA	0.09	0.91	3.5		
T11	AC FOSFORICO + INOCULANTE	0.07	0.93		0.0011	
T12	AC FOSFORICO + INOCULANTE	0.08	0.92		0.0022	
T13	AC FOSFORICO + INOCULANTE	0.09	0.91		0.0033	

Las soluciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) se llevó a cabo secuencialmente mediante el análisis de fibras detergentes de Van Soest, utilizando el analizador de fibras Ankom 200 (AnkomTechnology).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento PROC GLM del software estadístico SAS para evaluar el efecto de los tratamientos sobre los valores de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) en ensilados de maíz. La comparación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey, considerando un nivel de significancia de $P < 0.05$. Los resultados obtenidos revelaron diferencias notables entre los tratamientos aplicados. En el caso de la FDN, se observaron diferencias significativas, lo que indica que ciertos aditivos permitieron reducir de forma efectiva el contenido de esta fibra, mejorando la calidad nutricional del ensilado. La FDN está relacionada con la fracción menos digestible del forraje, por lo que una disminución en su contenido favorece el aprovechamiento del alimento por parte del ganado. Los tratamientos que incluyeron melaza mostraron resultados particularmente favorables, debido al efecto positivo de los azúcares fermentables sobre el proceso de conservación. En el cuadro 2 se puede observar que, el tratamiento 8 y 9 presentaron los valores más bajos de FDN (48.5 y 49.8%) y FDA (38.9 y 40.01%), lo que sugiere una mayor digestibilidad y una mejor estabilidad del forraje. Por el contrario, el tratamiento 7 mostró los valores más altos de ambas variables (FDN: 58.4%, FDA: 49.07%), reflejando una menor eficiencia fermentativa y una calidad inferior del ensilado.

Cuadro 2. Contenido de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) (%) en ensilados de maíz tratados con diferentes aditivos. Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, P≤0.05).

Variable	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
FND	49.4ab	53.28ab	50.76ab	50.89ab	51.41ab	50.09ab	58.46a	48.56b	48.73b	49.85ab	55.16ab	52.26ab	53.02ab
FAD	40.23	43.35	37.63	40.78	41.26	40.24	49.07	38.96	40.01	39.21	46.33	43.3	43.24

CONCLUSIONES.

El uso de aditivos en el ensilado de maíz acidificado tuvo un impacto evidente en el contenido de fibra. El tratamiento 8 y 9, que combinó una acidificación adecuada con una fuente fermentable efectiva, fue el más efectivo, ya que redujo los niveles de FDN y FDA y mejoró la digestibilidad del forraje. Por otro lado, el tratamiento 7 presentó los peores resultados, con los valores más altos de ambas fibras. Estos resultados evidencian que una selección adecuada de aditivos puede incrementar notablemente la calidad del ensilado.

LITERATURA CITADA.

Callejo Ramos, A. (2019). Conservación de forrajes (XIV): Uso de aditivos en el ensilado. *Frisona Española*, (233), 92-100.

Castillo-Hernández, L., Zaragoza-Esparza, J., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Ramírez-Espinosa, J., de Jesús Macedo-Gonz, J., ... & Terrazas-García, A. (2024). Potencial alimenticio de ensilados híbridos de maíz Puma incluidos en la dieta de ovejas gestantes. *Revista MVZ Córdoba*, *29*(1), e3262-e3262.

Coello, A. D., Espinoza, Í. F., Barrera, A. E., Villacis, M. L. M., García, A. R., & Barba, C. J. (2024). Composición Química del Ensilaje de Maíz Forrajero con Residuo de Mucílago de Cacao en Diferentes Proporciones. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *8*(2), 6052-6064

Osorio-Giraldo, J. F., Calderón-Bedoya, V., de Mesa, O. L., & Restrepo-Berrio, D. (2024). Importancia de la disponibilidad de alternativas forrajeras para la alimentación de ganado bovino. *Revista Politécnica*, *20*(39), 18-30.

Rendón, M. E., Noguera, R. R., & Posada, S. L. (2014). Vinaza de caña como aditivo acidificante en la elaboración de ensilaje de maíz (Zea mays). *Livestock Research for Rural Development*, *26*(1), 2014

Segura, E. R., Godoy, M. J. N. M., Villalobos, E. B., Gutiérrez, M. R. A. S., Martínez, J. R. G., Martínez, M. V., & Gutiérrez, O. G. G. (2024). Arbustivas forrajeras, una alternativa para la ganadería en zonas áridas y semiáridas de México. Centro Nacional De Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria. Folleto Técnico no. 1 junio, 2024.

EFECTO DEL PASTOREO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO

EFFECT OF GRAZING ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES

Janeth Esmeralda Barraza Domínguez[1*], Alicia Melgoza Castillo[1].

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. Periférico Francisco R. Almada Km 1, Zootecnia, Chihuahua, 33820.
Autor para correspondencia: p214574@uach.mx

RESUMEN

La ganadería impacta los recursos naturales y afecta los servicios ecosistémicos brindados por los pastizales. Se evaluaron las variables físicas del suelo de cobertura, compactación, estabilidad, humedad gravimétrica y densidad aparente para determinar el efecto de exclusión (EX) al pastoreo, del pastoreo moderado (MP) y del sobrepastoreado (SP) sobre ellas. La cobertura vegetal basal y aérea, la estabilidad y la humedad gravimétrica fueron mayores en EX y de manera opuesta en SP. Los valores más bajos para la compactación estuvieron en EX, mientras que los más bajos de densidad aparente fueron los de MP. Todas las variables medidas refieren a un estado de degradación en SP y en EX el comportamiento muestra una buena condición de salud del ecosistema.

Palabras clave: Degradación, pastoreo bovino, propiedades físicas.

ABSTRACT

Livestock impact natural resources and affect grassland ecosystem services. To assess the effects of exclusion (EX), moderate grazing (MP), and overgrazing (SP), edaphic physical properties such as soil cover (%), soil penetration resistance, stability, moisture content and bulk density were evaluated. Basal and aerial vegetation cover, as well as soil stability and moisture content, were highest in EX and lowest in SP. The lowest soil penetration resistance was observed in EX, while the lowest bulk density occurred in MP. All measured properties indicate a state of degradation in SP, whereas the patterns observed in EX reflect a healthy ecosystem.

Keywords: Degradation, grazing, physical properties.

INTRODUCCIÓN

La ganadería es la principal usuaria de la tierra a nivel mundial. Las áreas destinadas a este fin están tendiendo a la degradación por sobreexplotación de los recursos. Efectos como la desertificación y compactación de suelos son el resultado del manejo inadecuado de estas áreas. Lo anterior pone en riesgo a los ecosistemas de pastizal por su vocación ganadera y comprometen los servicios ecosistémicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres diferentes intensidades de pastoreo (área de exclusión, pastoreo moderado y sobrepastoreo) en las propiedades físicas que se asocian con la degradación del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende tres parcelas con superficie de 2.2 hectáreas y con diferente manejo de pastoreo: pastoreo moderado (MP), exclusión (EX) y sobrepastoreo (SP). Las dos primeras están dentro del Rancho Teseachi y la última en un área adyacente en el Ejido Teseachi, los sitios se localizan en el Municipio de Namiquipa, Chihuahua. En cada sitio se ubicaron diez puntos de manera sistemática con equidistancias de 45 metros y se trazaron líneas de intercepción de diez metros de longitud con rumbo aleatorio. En estas se evaluaron sistemáticamente las variables de compactación sobre vegetación y suelo (MPa), estabilidad, densidad aparente (g/cm^3), humedad gravimétrica (%) y cobertura basal y aérea (%). Para cada variable se realizaron pruebas de homocedasticidad y normalidad, luego se determinó su significancia al aplicar ANOVA de una vía y pruebas pareadas con Tukey o mediante Kruskal wallis y Mann Whitney.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La parcela EX fue la que presentó mayor cobertura aérea y basal. La primera dominada por gramíneas con el 93.5% y a nivel basal por materia orgánica con el 54%. La mayor proporción de suelo desnudo estuvo en SP con 82%, seguido de MP con 42%. La cobertura tiene una correlación positiva con la estabilidad del suelo (Bird *et al.*, 2007), mientras que la cantidad de suelo desnudo incrementa la erosión y la pérdida de fertilidad. La compactación fue mayor en vegetación ($p < 0.01$) y en suelo ($p < 0.05$) en la parcela de MP que en SP y EX. La primera condición tuvo un amplio rango en los valores de compactación con valores mínimos de 2.5 MPa y máximos de 17.1 MPa sobre suelo, lo que sugiere una heterogeneidad en las condiciones edáficas. EX fue la de menor compactación sobre vegetación y en suelo, con mínimas de 1.3 y máximas 4.3 y 6.3, respectivamente. En estudios similares también se mostró una compactación mayor en áreas con intensidades altas de pastoreo, la cual se redujo en áreas excluidas (Teague *et al.*,2011). La estabilidad del suelo presentó diferencias significativas entre las tres condiciones de pastoreo ($p < 0.001$). SP tuvo los valores más bajos ($p < 0.01$) con media de 2.04. De manera contraria EX tuvo los valores más altos ($p < 0.001$) con media de 5.62. MP tuvo un amplio rango con valores que van desde cero hasta seis, lo que refleja una alta variabilidad en materia orgánica y un proceso de compactación y degradación del suelo (Herrick *et al.*, 2001). Valores inferiores a cuatro se relacionan con áreas de suelo desnudo y ausencia de materia orgánica superficial, lo que refleja susceptibilidad a la erosión (Herrick *et al.*, 2001). La proporción de agregados estables es menor en la capa superficial del suelo entre 0-5 cm, con valores más altos para las áreas sin pastoreo y de manera contraria para las áreas con altas intensidades de pastoreo (Zhou *et al.,* 2010). La humedad gravimétrica fue menor en SP, seguido de EX y MP, con valores medios de 2.02%, 2.9% y 3.13%, respectivamente. Estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$). La menor humedad se relaciona con el incremento en la densidad aparente, pues con la disminución del espacio poroso hay menor capacidad para la retención de agua (Batista *et al.*, 2024). La densidad aparente fue mayor en SP con valores medios de 1.17 g/cm^3, en EX fue de

1.02 g/cm^3 y en MP fue de 0.86 g/cm^3. La tendencia positiva o negativa de esta propiedad se relaciona con una en el mismo sentido de la compactación (Zhou *et al.*, 2010), lo cual es contradictorio con lo encontrado en esta investigación, pues MP tuvo la densidad aparente más baja pero su compactación fue la mayor.

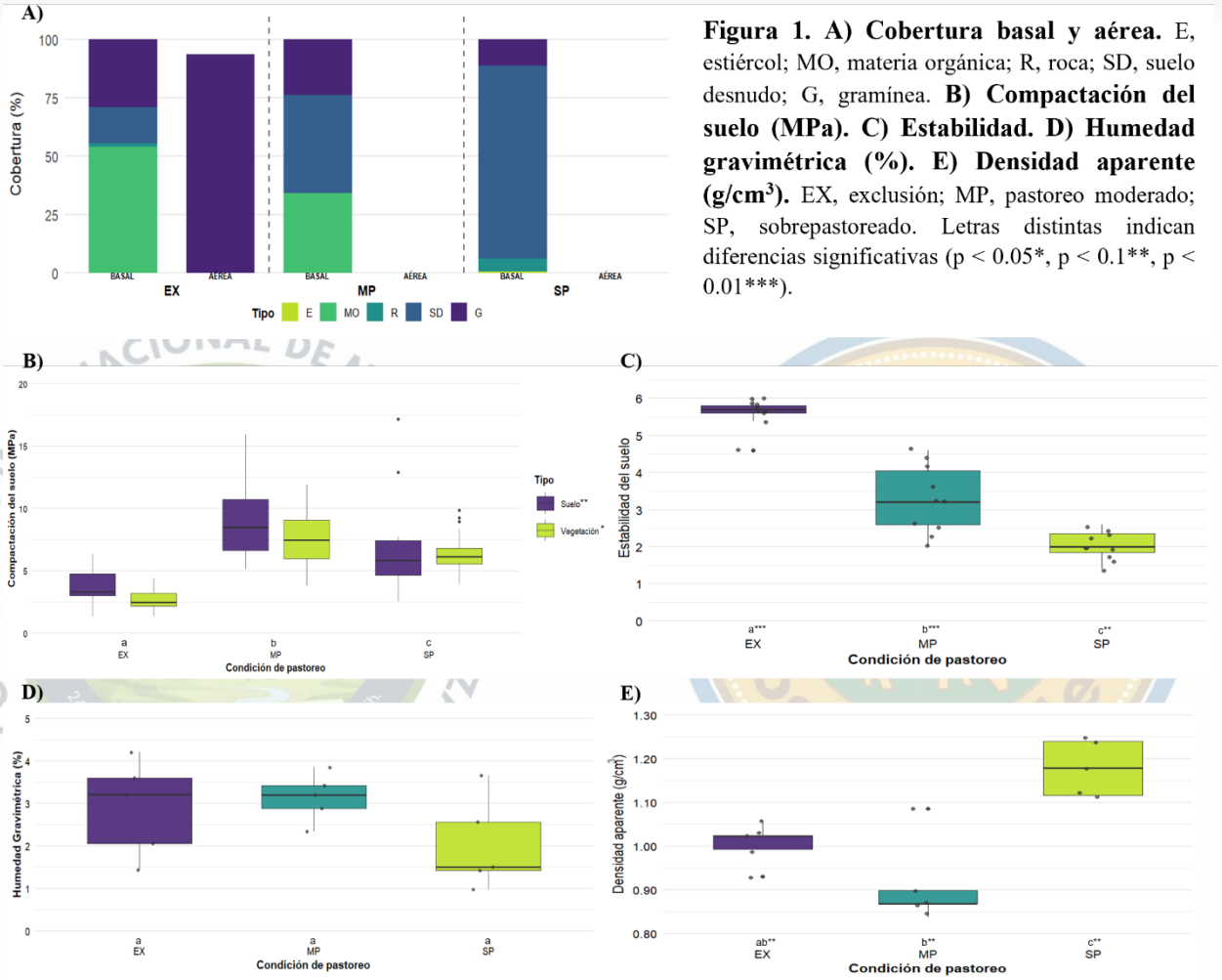


Figura 1. A) Cobertura basal y aérea. E, estiércol; MO, materia orgánica; R, roca; SD, suelo desnudo; G, gramínea. **B) Compactación del suelo (MPa). C) Estabilidad. D) Humedad gravimétrica (%). E) Densidad aparente (g/cm^3).** EX, exclusión; MP, pastoreo moderado; SP, sobrepastoreado. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$*, $p < 0.1$**, $p < 0.01$***).

CONCLUSIONES

A medida que el pastoreo se intensifica, la degradación del suelo y el riesgo de erosión aumentan. En la parcela SP se obtuvieron los valores más bajos de estabilidad de los agregados del suelo y de cobertura vegetal aérea y mayor proporción de suelo desnudo. El comportamiento inusual de MP con valores más altos en compactación y más bajos en densidad aparente pueden estar asociados a la profundidad del suelo en la que se midieron las variables. La compactación se midió hasta los cinco centímetros de profundidad y la muestra de suelo para medir la densidad aparente se tomó entre los 15 y 20 cm. La compactación menor en SP en comparación con MP, se debió posiblemente a que en SP se observó mayor contenido de partículas gruesas como resultado del proceso de arrastre hídrico y gravitacional. La granulometría gruesa que se presenta como resultado de este proceso, opone menos resistencia a la

penetración. Todos los parámetros evaluados en la parcela EX son indicadores claves de la salud del ecosistema. Para complementar la evaluación, es necesario analizar las propiedades químicas y biológicas del suelo para establecer propuestas de mejora en su manejo.

LITERATURA CITADA

Batista, P. H. D., de Almeida, G. L. P., Pandorfi, H., de Lima, R. P., de Medeiros, V. W. C., da Silva, J. L. B., Silva de Melo, A. A. & Coutinho, A. S. (2024). Assessment spatial soil physical properties under rotational cattle grazing in Northeastern Brazil. *Catena*, 240, 108002.

Bird, S. B., Herrick, J. E., Wander, M. M., & Murray, L. (2007). Multi-scale variability in soil aggregate stability: Implications for understanding and predicting semi-arid grassland degradation. *Geoderma*, 40(1-2), 106-118.

Herrick, J. E., Whitford, W. G., De Soyza, A. G., Van Zee, J. W., Havstad, K. M., Seybold, C. A., & Walton, M. (2001). Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. *Catena*, 44(1), 27-35.

Teague, W. R., Dowhower, S. L., Baker, S. A., Haile, N., DeLaune, P. B., & Conover, D. M. (2011). Grazing management impacts on vegetation, soil biota and soil chemical, physical and hydrological properties in tall grass prairie. *Agriculture, ecosystems & environment*, 141(3-4), 310-322.

Zhou, Z. C., Gan, Z. T., Shangguan, Z. P., & Dong, Z. B. (2010). Effects of grazing on soil physical properties and soil erodibility in semiarid grassland of the Northern Loess Plateau (China). *Catena*, 82(2), 87-91.

MODELACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DEL ALGODÓN SILVESTRE *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. EN MÉXICO

MODELING THE DISTRIBUTION OF WILD COTTON *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. IN MEXICO

Alma Delia Baez-González[1*], Alicia Melgoza-Castillo [2], Mario Humberto Royo-Márquez [3*], James R. Kiniry [4] y Manyowa N. Meki[5]

[1]Campo Experimental Pabellón, INIFAP, km 32.5 Carr. Aguascalientes-Zacatecas, P. de Arteaga 20660, Ags., México. [2]Facultad de Zootecnia y Ecología, UACh, Perif. Francisco. R. Almada Km 1, Zootecnia, Chihuahua, México. [3]Campo Experimental La Campana, INIFAP, km 33.5 Carr. Chihuahua-Ojinaga, Cd., Aldama, Chihuahua 32910, México. [4] USDA, ARS, Grassland Soil and Water Research Laboratory, 8080 E. Blackland Rd., Temple, TX 76502, USA. [5] AgriLife Research, Blackland Research and Extension Center, 720 E. Blackland Rd., Temple, TX 76502, USA. Autores por Correspondencia: baez.alma@inifap.gob.mx; royo.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los objetivos del estudio fueron (1) desarrollar un modelo de distribución de *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. en México, (2) identificar áreas con condiciones ambientales similares a aquellas donde la especie actualmente mantiene poblaciones, y (3) determinar qué variable -- los grados días de crecimiento a floración (FGDD) o el agua disponible anual en suelo (AASW, mm año^{-1}) -- tiene mayor influencia en la distribución de la especie. Se utilizó un sistema de información geográfica donde se trabajó con 291 sitios de *G. aridum* de la base de datos del CONABIO-SNIB y 37 sitios de SINAREFI. Así mismo, 266 sitios de otras especies sirvieron como pseudo-ausencias. El rango de 330 a 860 FGDD y de 4 a110 mm año^{-1} de AASW describen el hábitat de la especie, según los resultados de siete pruebas estadísticas de precisión y exactitud. FGDD mostró mayor influencia en la distribución de la especie. El modelo identificó regiones geográficas en todo el país con condiciones similares a los lugares donde se ha observado la especie, incluyendo algunas donde aún no se han registrado colecciones en las bases de datos mexicanas. La información generada puede ser utilizada para guiar expediciones de recolección de *G. aridum* y estudiar el impacto climático en la distribución de la especie.

Palabras claves: Distribución del algodón silvestre; modelaje espacial; etnobotánica; biodiversidad.

ABSTRACT

The objectives of this study were (1) to develop a distribution model of *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. in Mexico, (2) to identify areas with environmental conditions similar to where the species currently maintains populations, and (3) to determine which variable -- flowering growing degree days (FGDD) or annual available soil water (AASW, mm year^{-1}) -- has greater influence on the distribution of the species. A geographic information system was used with data from 291 sites of *G. aridum* from the CONABIO-SNIB database and 37 sites from SINAREFI. Likewise, 266 sites of other

species were used as pseudo-absences. The range of 330–860 FGDD and 4–110 mm year^{-1} AASW best described the species habitat, according to results of seven precision and accuracy statistical tests. FGDD showed greater influence on the distribution of the species. The model identified geographic regions throughout the country with similar conditions as the locations where the species has been observed, including some where no collections have not yet been registered in Mexican databases. The generated information can be used to guide collection expeditions for *G. aridum* and to study climatic impact on species distribution.

Keywords: Wild cotton distribution; spatial modeling; ethnobotany; biodiversity.

INTRODUCCIÓN

La especie de algodón silvestre *Gossypium aridum* (Rose & Standl.) Skovst. es la más variable morfológicamente entre las especies de algodón diploide americanas. Se localiza en diez estados del país, cubriendo desde el noroeste hasta el suroeste de México. *G. aridum* es una especie silvestre tolerante a la salinidad y la sequía. Se clasifica como vulnerable en México (CONABIO-SNIB, 2021), siendo una de las especies silvestres amenazadas por el uso de herbicidas, pesticidas, cultivos genéticamente modificados y otros avances tecnológicos en la agricultura industrial (Goettsch *et al.,* 2021). Por lo anterior los objetivos del presente trabajo fueron: (1) Desarrollar un modelo de distribución del *G. aridum* en México, (2) identificar áreas con condiciones ambientales similares a aquellas donde la especie actualmente mantiene poblaciones, y (3) determinar qué variable -- los grados días de crecimiento a floración (FGDD) o el agua disponible en el suelo anual (AASW, mm año^{-1}) -- tiene mayor influencia en la distribución de la especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio y Base de Datos: El estudio se centró en 10 estados del país donde está presente *G. aridum*, considerando las bases de datos del CONABIO-SNIB con 291 sitios (con acceso en el 2021), y el SINAREFI, con 37 sitios reportados durante el periodo 2010-2015.

Variables Analizadas: Agua Disponible Anual en Suelo (mm año^{-1}, AASW) y Grados Días de Crecimiento a Floración (FGDD).

Caracterización de Sitios y Calibración del Modelo de Distribución Poblacional: El modelo se construyó mediante el SIG ArcGis 10.3. Se utilizaron los 37 sitios de *G. aridum* de la base de datos del SINAREFI para cubrir las fases de caracterización y calibración del modelo.

Validación del Modelo: En esta etapa, se utilizaron 291 sitios de *G. aridum* de la colección del CONABIO-SNIB. Además, se utilizaron 266 sitios de las siguientes especies: *G. barberense*, *G. trilobum*, *G. gossypiodis*, and *G. schwendimanii*. Estas especies sirvieron como pseudo-ausencias y fueron seleccionadas considerando que no tienen ninguna asociación con la especie *G. aridum* de acuerdo con la base de datos CONABIO-SNIB.

Análisis de Sensibilidad: Se utilizó el enfoque de Jackknife para evaluar la importancia de las variables ambientales y sus rangos.
Análisis Estadístico: Se aplicaron las siguientes pruebas estadísticas: índice kappa, precisión general, sensibilidad, especificidad, poder predictivo positivo, poder predictivo negativo y razón de probabilidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al utilizar dos variables ambientales – grados días de crecimiento a floración (FGDD) y agua disponible anual en suelo (AASW) -- fue posible modelar la distribución actual y potencial de la especie de algodón silvestre *G. aridum* en México e identificar los valores de FGDD y AASW requeridos por esta especie (Figura 1). Los rangos de 330–860 FGDD y 4–110 mm año^{-1} AASW describen el hábitat de la especie (Figura 1a) de acuerdo con los resultados de siete pruebas estadísticas de precisión y exactitud. Los resultados fueron corroborados mediante la comparación con mapas de distribución de la especie bajo estudio reportados por Frelichowski *et al.* (2018), Sanchez-Reyes *et al.* (2022) y Vaca (2020). La variable FGDD causó cambios significativos en la distribución poblacional de *G. aridum* en el territorio mexicano (Figura 1b,c,d). Por lo que se concluye que FGDD es dominante para la distribución poblacional de la especie. Gertseva *et al.* (2005) mencionan que los organismos en una población pueden cambiar su distribución dependiendo de los valores del factor dominante, pero no en respuesta a los valores de los factores subdominantes. Para más información referirse al artículo de Baez-González *et al.* (2022).

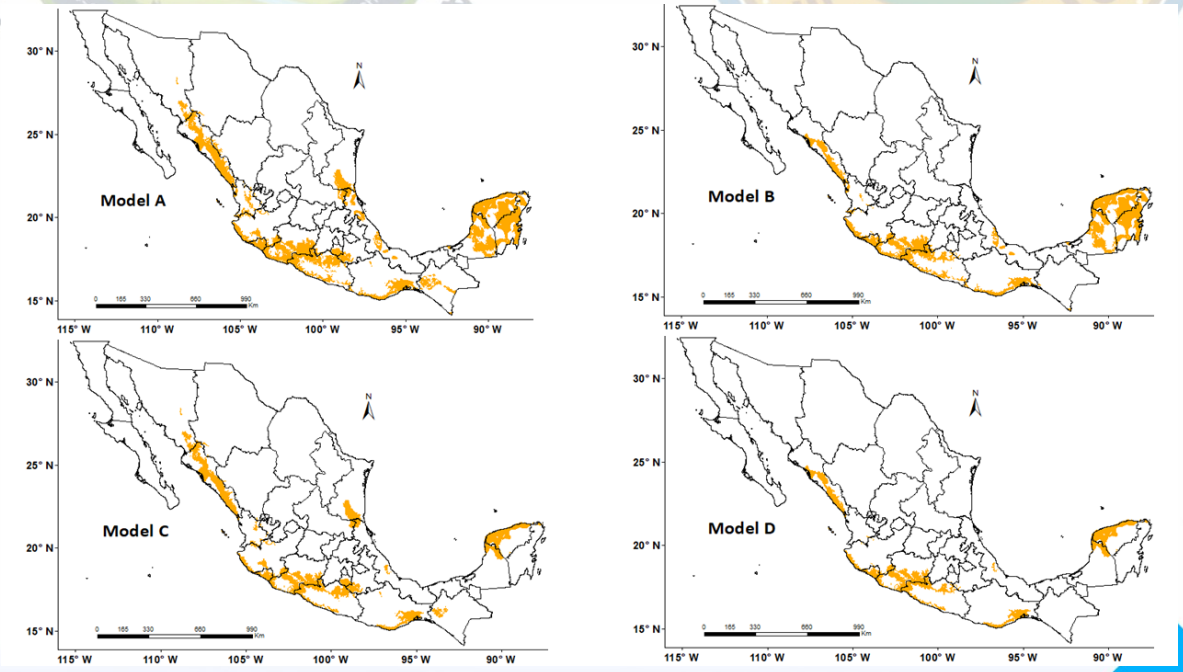


Figura 1. Modelos de distribución poblacional potencial del *Gossypium aridum* en México utilizando cuatro diferentes rangos de grados días de crecimiento a floración (FGDD) y agua disponible anual en suelo (AASW). Modelo A: 330–860 FGDD y 4–110 y 150–210 mm año^{-1} AASW; Modelo B: 460–860 FGDD

y 4–110 y 150–210 mm año^{-1} AASW; Modelo C: 330–860 FGDD y 4–110 mm año^{-1} AASW; Modelo D: 460–860 FGDD y 4–110 mm año^{-1} AASW. Las áreas predichas están sombreadas en amarillo.

CONCLUSIONES

El enfoque de modelación desarrollado en este estudio identificó regiones geográficas en el país que presentan condiciones similares a donde se ha observado la especie y que aún no están registradas en las bases de datos de algodón silvestre en México. Algunas de estas nuevas ubicaciones fueron corroboradas mediante comparaciones con mapas generados y publicados por otros estudios que utilizaron información de bases de datos locales e internacionales, lo que indica la precisión del modelo de distribución poblacional de *G. aridum* generado en el presente estudio. El enfoque de modelaje, que considera dos necesidades básicas para el desarrollo y la supervivencia de la especie silvestre *G. aridum* (los requisitos de temperatura para su reproducción y la cantidad de agua en el suelo disponible durante su ciclo de desarrollo anual), puede aplicarse en la modelación de otras especies de algodón silvestres.

LITERATURA CITADA

Baez-González, A. D., Melgoza-Castillo, A., Royo-Marquez, M. H., Kiniry, J. R., Meki, M. N. (2022). Modeling the Distribution of Wild Cotton *Gossypium aridum* in Mexico Using Flowering Growing Degree Days and Annual Available Soil Water. *Sustainability,* 14, 11, 6383.

CONABIO-SNIB. Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Sistema Nacional de Información Sobre Biodiversidad. *Gossypium*. Disponible en línea: https://enciclovida.mx/especies/139343-gossypium (fecha de consulta 17 septiembre 2021).

Frelichowski, J., Jenderek, M.M., Greene, S., Hinze, L.L., Love, J. (2018). Conservation of Crop Wild Relatives of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Originating from the USA and Mexico. In Proceedings of the ASA, CSSA, and CSA International Annual Meeting, Baltimore, MD, USA.

Gertseva, V., Gertsev, V., Ponomarev, N.Y. (2005). Integrative model of a population distribution in a habitat. *Ecol. Model*., 193, 575–588.

Goettsch, B., Urquiza-Haas, T., Koleff, P., Acevedo Gasman, F., Aguilar-Meléndez, A., Alavez, V., Alejandre-Iturbide, G., Aragon Cuevas, F., Azurdia Pérez, C., Carr, J.A., *et al.* (2021). Extinction risk of Mesoamerican crop wild relatives. *Plants People Planet*, 3, 775–795.

Sánchez-Reyes, U.J., Jones, R.W., Raszick, T.J., Ruiz-Arce, R., Sword, G.A. (2022). Potential Distribution of Wild Host Plants of the Boll Weevil (*Anthonomus grandis*) in the United States and Mexico. *Insects*, 30, 337.

Vaca, R.A. '*Gossypium aridum*. Distribución Potencial', Escala: 1:5,000,000. (2020). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Disponible en línea: http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/ (fecha de consulta 2 de marzo 2022).

TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN SEMILLAS DE SOTOL (*Dasylirion* spp.) OBTENIDAS DE UNA POBLACIÓN NATURAL EN EL ESTADO DE DURANGO

PREGERMINATION TREATMENTS ON SOTOL SEEDS (*Dasylirion* spp.) OBTAINED FROM NATURAL POPULATION IN THE STATE OF DURANGO

Deysy Alejandra Gutiérrez-Armijo[1], Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán[1], Amaury Esquivel-Romo[1], Apolinar González-Mancilla[1], María Esther Ríos-Vega[1]*

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio- Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111. *Autor por correspondencia: esther.rios@ujed.mx

RESUMEN

La producción de "sotol" ha provocado disminución de las poblaciones naturales de *Dasylirion* en el estado. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de sotol. Se evaluaron 11 tratamientos, las variables evaluadas fueron: potencial germinativo (G%), índice de velocidad de germinación (IVG), tiempo promedio para alcanzar la germinación (TPG) y tiempo para alcanzar la máxima germinación (TMax). Se utilizó el programa estadístico Minitab 18. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones. Las variables TPG y TMax determinaron a los mejores tratamientos que fueron semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 48 h (T4) con 3.01 días en TPG y semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 24 h (T3) con 7.75 días en TMax, además del 99% del potencial germinativo y 1.77 semillas germinadas por día.

Palabras clave: Denominación de origen, extracción de planta, tasa de reproducción.

ABSTRACT

Sotol production has led to a decline in natural Dasylirion populations in the state. The objective of this study was to evaluate different pre-germination treatments for sotol seeds. Eleven treatments were evaluated, with the following variables: germination potential (G%), germination rate index (GRI), average time to germination (ATG), and time to maximum germination (TMax). Minitab 18 was used. The experimental design was completely randomized with four replicates. The TPG and TMax variables determined the best treatments, which were seeds soaked in aerated distilled water for 48 h (T4) with 3.01 days in TPG, and seeds soaked in aerated distilled water for 24 h (T3) with 7.75 days in TMax, with 99% germination potential and 1.77 germinated seeds per day.

Keywords: Designation of origin, plant extraction, reproduction rate.

INTRODUCCIÓN

En México existen 22 especies de *Dasylirion* (Sierra, 2004) que, en la actualidad, tiene importancia económica creciente por la producción de la bebida alcohólica llamada "sotol" con denominación de origen otorgado por El Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial para los estados de Coahuila, Chihuahua y Durango en 2002 (IMPI, 2002). El sotol es una bebida tradicional producida en el Norte de México, se estima que se produce alrededor de 520,000 litros anuales. Esta industria crece a un ritmo promedio del 5% anual. La producción es consumida en su mayoría por el mercado internacional (Madrid-Solórzano *et al.*, 2021). En el año 2005, el ingreso por la venta de esta bebida fue de alrededor de 19.5 millones, mientras que para el 2008 se registraron 58.2 millones de pesos (Becerra-López *et al.*, 2020). Es importante mencionar que la materia prima para producir esta bebida proviene en su totalidad de poblaciones silvestres (Flores-Gallegos *et al.* 2019). En los últimos años se ha observado una gran disminución de las poblaciones naturales de *Dasylirion* por diversos factores, el principal es la extracción de plantas para su industrialización, ya que, en muchas regiones, la extracción de plantas rebasa la tasa de reproducción (Cruz, 2002; Dzib, 2003). Por tal motivo, ha sido de suma importancia, evaluar tratamientos pregerminativos bajo condiciones de laboratorio in vitro; que aumenten o aceleran la germinación de la semilla de *Dasylirion* con la finalidad de propagar plántula para su posterior establecimiento en campo. El objetivo de este trabajo fue evaluar diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de sotol (*Dasylirion* spp.) sobre la tasa de germinación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó el mes de mayo del año 2024 en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio - Tlahualilo en el ejido Venecia Durango. Ésta se localiza geográficamente a los 25º46'56" de latitud norte y 103º21'02" de longitud oeste, a una altitud de 1,110 metros sobre el nivel del mar. La colecta de frutos se realizó en el mes de diciembre del 2022 en una población natural de *Dasylirion* spp., directamente del escapo floral. Los tratamientos evaluados constaron de 11 métodos pregerminativos: (T1) semilla con alas, (T2) semilla sin alas, (T3) Imbibición en agua destilada aireada por 24 h, (T4) Imbibición en agua destilada aireada por 48 h, (T5) Imbibición en agua destilada sin airear por 24 h, (T6) Imbibición en agua destilada sin airear por 48 h, (T7) Inoculación de bacteria por 24 h, (T8) Remojo en agua a 60°C durante 60 segundos, (T9) Remojo en agua a 60°C hasta llegar a temperatura ambiente, (T10) Remojo en agua a 90°C durante 60 segundos y (T11) Remojo en agua a 90°C hasta llegar a temperatura ambiente.

Del uno al tres de mayo se estableció el experimento, para la evaluación, se tomó una muestra al azar de 1100 semillas de *Dasylirion* spp, las cuales se dividieron en 11 grupos de 100 semillas, para someterlos a los métodos pregerminativos, agrupándolos

en cuatro repeticiones de 25 semillas. Para la evaluación se utilizaron cajas Petri de plástico de 10 cm de diámetro previamente esterilizadas, en su interior se colocó papel filtro del mismo diámetro. Para poder obtener la semilla, a los frutos se les retiró de forma manual las tres alas que las cubren. Antes de la aplicación de cada tratamiento, las semillas se desinfectaron en una mezcla compuesta por 40% de hipoclorito de sodio (Cloralex®) y 60% de agua durante 15 minutos, se enjuagaron con agua destilada para eliminar los residuos; con la finalidad de evitar problema por hongos principalmente.

Se contó con dos tratamientos testigos uno de ellos constó de semillas cubiertas con alas y el otro se le eliminaron. Para los tratamientos con agua aireada se utilizó una pecera marca Fdit con dimensiones 26 cm de largo, 31.8 cm de ancho y 14 cm de altura con bomba UPC 79838228843. En el caso de los tratamientos con agua no aireada las semillas se colocaron en recipientes de vidrio con agua destilada. En el tratamiento de inoculación se utilizó la bacteria *Bacillus spizizenii*. Para los tratamientos con agua caliente se utilizó un Baño María Analógico BK-49. Las cajas fueron rotuladas y colocadas en una cámara bioclimática a una temperatura de 27±2˚C. La germinación se monitoreo de forma diaria por 14 días, el criterio para determinarla fue cuando se hizo evidente la aparición de la radícula. Las variables evaluadas fueron los índices de germinación empleados por Bewley y Black (1985):

a. Potencial germinativo (G%): Es el valor total de germinación expresado en porcentaje.
b. Índice de velocidad de germinación (IVG): El cuál se obtiene dividiendo el número de semillas germinadas entre el número de días evaluados (desde el día de la siembra hasta el último día de evaluación). IVG = ni/ti; Dónde: ni = número de semillas germinadas desde el primer al último día. ti = tiempo en días (desde el día de siembra hasta el final de la evaluación).
c. Tiempo promedio para alcanzar la germinación (TPG): Se obtiene TPG = ∑(t * n) / ∑n; Dónde: t = tiempo en días (iniciando desde el día de la siembra). n = número de semillas que completaron la germinación.
d. Tiempo para alcanzar la máxima germinación (TMax): El cual contempla el día en que el número de semillas germinadas no aumentó más.

Para el análisis de la información obtenida se utilizó el programa estadístico Minitab 18. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey al o.o5 nivel de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio muestran diferencia altamente significativa entre tratamientos en las variables evaluadas ($p \leq 0.01$). El comportamiento de los tratamientos sobre las variables, así como la prueba de medias se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Prueba de medias por Tukey a un nivel de confianza de 95% en semilla de *Dasylirion* spp mediante diferentes tratamientos pregerminativos.

TRATAMIENTO	G (%)	IVG (semillas)	TPG (días)	TMax (días)
Semilla con alas	0 c	0.00 c	0.00 d	0.00 d
Semilla sin alas	98 a	1.75 a	4.63 ab	10.00 bc
Imbibición en agua destilada aireada por 24 h	99 a	1.77 a	3.48 ab	7.75 ab
Imbibición en agua destilada aireada por 48 h	99 a	1.77 a	3.01 a	9.25 bc
Imbibición en agua destilada sin airear por 24 h	99 a	1.77 a	5.35 b	10.75 bc
Imbibición en agua destilada sin airear por 48 h	93 a	1.66 a	5.41 b	12.25 bc
Inoculación de bacteria por 24 h	99 a	1.77 a	3.80 ab	8.00 ab
Remojo en agua a 60°C durante 60 segundos	99 a	1.77 a	4.37 ab	8.00 ab
Remojo en agua a 60°C hasta llegar a temperatura ambiente	97 a	1.73 a	4.42 ab	8.00 abc
Remojo en agua a 90°C durante 60 segundos	16 b	0.29 b	2.88 a	5.00 a
Remojo en agua a 90°C hasta llegar a temperatura ambiente	96 a	1.71 a	8.04 c	13.00 c

G= Potencial germinativo; IVG= índice de velocidad de germinación; TPG= tiempo promedio para alcanzar la germinación y TMax= tiempo para alcanzar la máxima germinación. Medias en la misma columna sin una literal en común son diferentes.

En el potencial germinativo, los tratamientos se comportaron de forma similar con porcentajes que oscilaron entre 93 y 99% a excepción de la semilla cubierta con alas (T1) y Remojo en agua a 90°C durante 60 segundos (T10) que tuvieron cero y 16% de germinación respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados no coinciden con los reportados por Rosales (2018), que al evaluar diferentes tratamientos pregerminativos en semillas de sotol, obtuvo los mejores resultados con el remojo en agua a 90°C durante 60 segundos con un 37% de germinación.

El índice de velocidad de la germinación nos brinda el número de semillas germinadas por día en promedio. Las semillas con alas (T1) fueron las semillas que obtuvieron el valor más bajo, ya que, no hubo germinación en este grupo. Las semillas con remojo en agua a 90°C durante 60 segundos (T10), tuvieron un valor estadísticamente bajo en comparación a los demás tratamientos con 0.29 semillas germinadas por día. Los nueve tratamientos restantes tuvieron un comportamiento estadísticamente similar con valores que van de 1.66 y 1.77 (Cuadro 1).

En el tiempo para alcanzar la germinación, Las semillas con remojo en agua a 90°C durante 60 segundos (T10) mostró valores de 2.88 días, sin embargo, no se puede considerar que es el mejor tratamiento ya que, el número de semillas germinadas fue muy bajo con un 16% (Cuadro 1). Por otro lado, el tratamiento remojo en agua a 90°C hasta llegar a temperatura ambiente (T11) mostró un comportamiento interesante, ya que, aunque tuvo el 96% de la germinación, el tiempo en alcanzarla fue muy lento con 8.04 días, estos resultados fueron estadísticamente los más lentos considerando los tratamientos con alta germinación. Las semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 48 h (T4) alcanzaron la germinación en menos tiempo comparándolas con los demás tratamientos, es decir, fueron superiores

estadísticamente con un tiempo de 3.01 días. En este estudio, se demuestra que, existe diferencia entre la utilización de agua aireada y agua sin airear, ya que, los tratamientos imbibición en agua destilada sin airear por 24 h (T5) e imbibición en agua destilada sin airear por 48 h (T6) fueron similares entre ellos con 5.35 y 5.41 días respectivamente, pero inferiores a la imbibición en agua destilada aireada por 48 h (T4) con 3.01 días. Los demás tratamientos tuvieron un comportamiento similar entre ellos, con valores de 3.48 y 4.63 días. Al igual que en las otras variables, las semillas con alas (T1) no mostraron valores, ya que, no hubo germinación.

El tiempo para alcanzar la máxima germinación contempla el día en que el número de semillas germinadas no aumentó más. Las semillas con remojo en agua a 90°C durante 60 segundos (T10) mostró valores de cinco días para alcanzar la máxima germinación, sin embargo, no se puede considerar que es el mejor tratamiento, ya que, el número de semillas germinadas fue muy bajo con un 16% de la germinación. Por otro lado, el tratamiento remojo en agua a 90°C hasta llegar a temperatura ambiente (T11) mostró un comportamiento interesante, ya que, aunque tuvo el 96% de la germinación (Cuadro 1), el tiempo en alcanzar la máxima germinación fue 13 días, estos resultados fueron estadísticamente los más lentos considerando los tratamientos con alta germinación. Las semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 24 h (T3), semillas inoculadas por bacterias por 24 h (T7) y semilla remojada en agua a 60° por 60 segundos (T8) fueron estadísticamente similares y con los tiempos más bajos para alcanzar la máxima germinación, es decir, fueron superiores estadísticamente con un tiempo de 7.75 días. Los demás tratamientos tuvieron un comportamiento similar entre ellos con valores de 9.25 y 12.25 días. Las semillas con alas (T1) no mostró valores, ya que, no hubo germinación.

CONCLUSIÓN

La semilla mantiene la viabilidad después de dos años de ser colectada ya que el potencial germinativo en este estudio se mantuvo por encima del 90% en nueve de once tratamientos evaluados. En general el tratamiento con el potencial germinativo más bajo fue la semilla cubierta con alas con 0 % de germinación por consiguiente se sugiere que para hacer una siembra se establezca la semilla sin alas. Las variables tiempo promedio para alcanzar la germinación y tiempo para alcanzar la máxima germinación determinaron a los mejores tratamientos que fueron semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 48 h y semillas sometidas a la imbibición en agua destilada aireada por 24 h.

LITERATURA CITADA

Becerra-López, J.L., Rosales-serna, R., Ehsan, M., Becerra-López, J.S., Czaja, A., Estrada-Rodríguez, J.L., Romero-Méndez, U., Santana-Espinosa, S., Reyes-Rodríguez, C.M., Ríos-Saucedo, J.C. & Domínguez-Martínez, P.A. (2020) Climatic change and habitat availability for three sotol species in Mexico: a vision towards their sustainable use. Sustainability 12: 1-12. Doi: 10.3390/su12083455

Bewley, J. D., & Black, M. (1985). Storage, imbibition, and germination. In Seeds: Physiology of development and germination (pp. 89-134). Boston, MA: Springer US.

Cruz, H. F. (2015). Efecto en la capacidad fisiológica en semillas de sotol (*dasylirion cedrosanum* trel.), con aplicación de bioreguladores. Efecto en la capacidad fisiológica en semillas de sotol (dasylirion cedrosanum trel.), con aplicación de bioreguladores (uaaan.mx)

Dzib, M. E. (2003). Rompimiento de latencia en semillas de sotol (*dasylirion cedrosanum* trel.) Utilizando algunos metodos fisicos y quimicos. Tesis de licenciatura Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro.https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/6326/t13947%20dzib%20chi,%20maria%20eugenia%20%20tesis.pdf?sequence=1

Flores-Gallegos, A. C., Cruz-Requena, M., Castillo-Reyes, F., Rutiaga-Quiñones, O. M., Torre, L. S., Paredes-Ortíz, A. & Rodríguez-Herrera, R. 2019. Sotol, an alcoholic beverage with rising importance in the worldwide commerce. In: Mihai GA, Maria HA, eds. Alcoholic Beverages. Kidlington: Elsevier Reino Unido, pp. 141 160. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815269-0.09995-5

IMPI Instituto Mexicano de la Propiedad industrial. Informe anual 2002. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/59619/IA2002.pdf

Madrid-Solórzano, J. M., García-Alcaraz, J. L., Macías, E. J., Cámara, E. M. & Fernández, J. B. (2021) Life Cycle Analysis of Sotol Production in Mexico. Front. Sustain. Food Syst. 5:769478. doi: 10.3389/fsufs.2021.769478

Rosales, S., Ríos, J. C., Rosales, R. y García, J. L. (2018). Tratamientos pregerminativos de remojo y temperatura en semilla de *Dasylirion cedrosanum*. Memoria XIV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas. Pp 160-161

Sierra, J., Royo, M., Melgoza, A., Morales, C., Carrillo, R,. Pinedo, C., Pinedo, A. & Lara, C. 2004. Taxonomía, ordenación y análisis de la distribución espacial del sotol (Dasylirion spp.) en el estado de Chihuahua. Informe técnico. inifap.

SUPLEMENTACIÓN CON FORRAJES AMONIFICADOS EN ÉPOCA SECA SOBRE LA GANANCIA DE PESO DE BECERROS EN PASTOREO

SUPPLEMENTATION WITH AMMONIFIED FORAGE IN DRY SEASON ON WEIGHT GAIN OF GRAZING CALVES

Manuel Jesús Franco Astorga[1], Amaury Esquivel Romo[1*], Jorge Arturo Bustamante Andrade[1], Luis Jesús Barrera Flores[1], Apolinar Gonzales Mancilla[1].
[1] Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, km 32, Venecia, Dgo, México, CP. 35100.
*Autor por correspondencia: amauryer@ujed.mx

RESUMEN

En la realización de este trabajo, se atendió la necesidad de suplementar a los animales recién destetados de un rancho cooperante, esta propiedad estaba pasando por una época critica, la falta de forraje derivado por la escasez de lluvias, la falta de alimento era la causa más importante, como alternativa de solución se implementó la técnica de amonificación de esquilmos de forraje usando urea, con ello se buscó incrementar el valor nutricional del forraje ofrecido, más el uso de un anabólico como secuestrante para favorecer el desarrollo y ganancia de pesos de los animales.

Palabras clave: Amonificación, Suplementación, Pastoreo.

ABSTRACT

In carrying out this work, the need to supplement the newly weaned animals of a cooperating ranch was addressed. This property was going through a critical time, the lack of forage derived from the scarcity of rains, the lack of food was the most important cause, as an alternative solution the technique of ammonification of forage stubble using urea was implemented, with this it was sought to increase the nutritional value of the forage offered, plus the use of an anabolic as a sequestrant to favor the development and weight gain of the animals.

Keywords: Ammonified, Supplementation, Grazing.

INTRODUCCIÓN

El estado de Durango cuenta con una superficie de 12,320,000 ha, de las cuales el 53%, posee un uso de suelo de agostadero, es decir; 6,656,089 de hectáreas (INEGI, 2022). De igual manera en el estado se tienen contados 1,371,001 cabezas de ganado de bovino de carne y en la región lagunera son 362,186 cabezas de ganado bovino (SIAP, 2022). En los sistemas de producción extensiva de las zonas áridas y semiáridas del Estado de Durango, en donde uno de los principales problemas que actualmente enfrenta la ganadería extensiva, es el deterioro de los pastizales en las tierras de agostadero, al igual que los malos suplementos que se les administra al ganado (Carrete, 2007). Generalmente en el agostadero la disponibilidad de forraje es cambiante a través del año, lo que ocasiona que las vacas experimenten variaciones

en la cantidad y calidad del forraje consumido y, por lo tanto, también en su condición corporal (Beltrán y Cervantes, 2022). Por consiguiente, cuando escasean los forrajes de buena calidad y esto ocasionando pérdida de peso en el ganado y aunado también a la falta de vegetación proteica (Cordero *et al.*, 2013). Por ello la amonificación con urea puede ser una opción viable que permite al ganadero hacer un mejor uso de los residuos de cosecha al incrementar su valor nutricional. Por eso se emplea la urea como fuente de amoniaco, comúnmente denominado amonificación, la cual es una técnica económica y de fácil implantación en las zonas (Briceño y Ojeda, 2011). El objetivo del trabajo fue evaluar la ganancia de peso final de los becerros, usando como secuestrante de nitrógeno el ingrediente (Laurato de Nandrolona) asociado con una dieta a base de dos forrajes toscos amonificados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica:

El estudio se realizó en el rancho ganadero San Miguel, en el municipio Mapimí del estado de Durango, su ubicación geográfica se localiza a 25º 52´ 48´´ latitud Norte y 104º 03´ 57´´ longitud Oeste a una altitud de 1490 msnm, este lugar forma parte del Desierto Chihuahuense el cual delimita el norte de Durango y el extremo sur de Chihuahua. Su clima es semiárido, la temperatura media anual es de 19.3ºc, con una temperatura máxima extrema de 36ºC y con una temperatura mínima extrema de 2ºC, cuenta con una precipitación pluvial de 310 milímetros en los meses de julio, agosto y septiembre, siendo estos los meses con más presencia de precipitación (Inafed, 2016; INEGI, 2020).

Metodología:

Este trabajo de investigación tuvo una duración de 45 días, iniciando el 1 de junio del 2021, con la preparación de la amonificación de los forrajes que se utilizaron, ya que este material debe tener un mínimo de 15 días de fermentación antes de ofrecerlo a los animales, dicho proceso se llevó a cabo en el rancho ganadero San Miguel, después se continuo con la *Selección de animales,* Para ello se contó con 15 becerras/os recién destetados, los cuales entran en el rango de 100 a 150 kilogramos de peso, los cuales se pesaran para así facilitar la separación en grupos. Se formaron tres grupos, los cuales contaron con 5 becerras/os con homogeneidad pesos, los cuales serán ingresados al corral, cada corral contara con su propio bebedero con agua limpia disponible todo el tiempo. Una vez que se esté administrando el alimento se estará evaluando el peso, para posteriormente reportar la ganancia de peso en cada uno de los animales. La alimentación se ajustó al consumo acorde al 3% de consumo de materia seca por animal por día extrapolado a cada uno de los grupos. El registro de los datos se realizó al inicio del experimento (22 de junio del 2021), a la mitad (15 de julio del 2021) y la final (06 de agosto del 2021).

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado en este proyecto de investigación fue completamente al azar, para las variables de peso inicial, intermedio y final, así como la variable de respuesta de ganancia de peso fueron analizados a través de un análisis de varianza

para medidas repetidas (ANOVA). Diferencias entre tratamientos fueron aceptadas si $p<0.05$. El paquete estadístico SPSS fue usado para analizar las variables de respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que el grupo de becerros que recibió avena y rastrojo amonificados presento mayor ganancia de peso con respecto al resto de los tratamientos ($p< 0.05$) por lo cual nuestra hipótesis de trabajo es aceptada. Núñez *et al* (2005) evaluaron el cambio de peso de animales suplementados con proteína, sobre el pasto (*Cynodon plectostachyus*) en el estado de Veracruz, demostrando su eficiencia, aunado a estos estudios, de igual manera Quiñones (2012) al realizar trabajos con correctores multinutricionales en el trópico ecuatoriano demostró que los incrementos en los tres tratamientos fueron por día fueron: 0.655 (TC), 0.441 (TA) y 0.450 (TB) kg; existiendo diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, por lo cual demuestra la ganancia de peso de los animales superior a los reportado en el sistema de producción del trópico ecuatoriano.

Cuadro 1. Pesos promedio de becerros en pastoreo, en diferentes etapas de suplementación, utilizando forrajes amonificados en época seca, en el rancho ganadero San Miguel, en municipio Mapimí del estado de Durango (25º Latitud N).

Variables	Tratamientos				
	Control	Avena amonificada (n=5)	Rastrojo amonificado (n=5)	Avena y rastrojo amonificados (n=5)	*P* valor
Peso inicial (kg)	125.7	127.5[a]	128.6[a]	135.8[a]	0.45
Peso intermedio (kg)	127.4	130.4[b]	135.8[b]	150.6[a]	0.03
Peso Final (kg)	132.9	135.6[b]	134.1[b]	149.4[a]	0.04
Diferencia (Final-Inicial, kg)	7.2[b]	8.1[b]	5.5[b]	13.6[a]	0.03
Ganancia de peso diario (g)	158[b]	180[b]	122[b]	302[a]	0.04

[a,b] Variables de respuesta con diferente superíndice en la misma línea difieren ($p<0.05$).

CONCLUSIONES

Se puede concluir, que una mezcla de forrajes de baja calidad, como lo son las avenas y los rastrojos de maíz más la técnica de amonificación, funcionan para lograr a destetar becerros en épocas critica, de una forma económica y eficiente.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en primera instancia a los propietarios del Rancho Ganadero San Miguel, por las facilidades otorgadas para la realización de este trabajo, al alumno tesista por el empeño en el trabajo realizado, así también a los investigadores participantes por invaluable apoyo.

LITERATURA CITADA

Beltrán L.S, y Cervantes B. J. F., (2022) Estrategias de suplementación para el ganado de carne en zonas semiáridas. Blog del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. https://www.gob.mx/inifap/articulos/estrategias-de-suplementacion-para-el-ganado-de-carne-en-zonas-semiaridas

Briceño A., Ojeda A., (2011) Efecto de diferentes proporciones de recursos fibrosos tratados y sin tratar con urea sobre la producción de gas y degradabilidad in vitro. Rev Fac Agron Venezuela 37(1): 11-18.

Carrete, F.O.C. (2007) Administración de los recursos forrajeros y alimentos. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Cordero F.A., Contreras P.J., Mayhua M.P., Poma C., (2013) Efecto de aditivos en el ensilaje de avena (Avena sativa L). En: XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. La Habana, Cuba.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2022). Aspectos demográficos de Durango, pág. 1-51

Núñez C.A., Martínez P.E. y Rentería D.I. (2005) Efecto de tres suplementos proteicos sobre la ganancia de peso en becerros Cebú/suizo que pastan en zacate estrella (*Cynodon plectostachyus*) Revista UDO Agrícola 5 (1): 103-106.

Quiñonez L. (2012). Suplementación de la dieta de becerros destetados con correctores multinutricionales sueltos y compactos. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, *1*(2), 25-28.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP] (2022). Población ganadera bovino de carne, inventario nacional. https://nube.siap.gob.mx/poblacion_ganadera/

EVALUACIÓN DE DIFERENTE RESOLUCIÓN ESPACIAL EN IMÁGENES DE DRONES PARA LA ESTIMACIÓN DE BIOMASA EN PASTIZALES

EVALUATION OF DIFFERENT SPATIAL RESOLUTIONS IN DRONE IMAGES FOR BIOMASS ESTIMATION IN GRASSLANDS

Gabriel Sosa Pérez[1*], José Luis García Pérez[1], Pedro Jurado Guerra[1]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental La Campana, km 33.5 Carr. Chihuahua-Ojinaga. Aldama, Chihuahua, México. C.P. 32910. Autor de correspondencia: sosa.gabriel@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la resolución espacial de imágenes obtenidas con un dron, en la cantidad estimada de forraje en un pastizal. El forraje disponible fue estimado mediante una combinación del método de clasificación no supervisada K-Means con muestreos directos en campo. Se evaluaron 11 tamaños de pixeles de 4.5 cm a 100 cm. No se encontraron diferencias significativas utilizando una resolución de entre 30 a 70 cm. La mayor variación se registró en resoluciones altas (<20 cm) y bajas (>80 cm). El método tradicional de muestreo en campo utiliza cuadrantes de 0.25, 0.5 o 1.0 m^2, por lo que estos resultados sugieren que un tamaño de pixel de 30 a 70 cm es mejor para relacionar datos de campo con imágenes de drones. Estos resultados tienen implicaciones prácticas en la estimación indirecta de forraje en pastizales, al mismo tiempo que se reducen los tiempos de procesamiento sin comprometer la confiabilidad de los resultados.

Palabras clave: sensores remotos, vehículos aéreos no tripulados, clasificación de imágenes.

ABSTRACT

The effect of changes in the spatial resolution of drone-obtained images on the amount of forage in a pasture was evaluated. Available forage was estimated using a combination of the unsupervised K-Means classification method with direct field sampling. Eleven pixel sizes ranging from 4.5 cm to 100 cm were evaluated. No significant differences were found using resolutions between 30 and 70 cm. The greatest variation was recorded at high (<20 cm) and low (>80 cm) resolutions. Given that the traditional field sampling method uses quadrats of 0.25, 0.5, or 1.0 m^2, these results suggest that a pixel size of 30 to 70 cm is best for correlating field data with drone imagery. These results have practical implications for indirect forage estimation in rangelands, while reducing processing times without compromising the reliability of the results.

Keywords: remote sensing, unmanned aerial vehicles, image classification

INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la biomasa es esencial para un buen manejo en pastizales y la estimación de la cantidad de biomasa o forraje disponible a través de métodos directos es importante para asegurar la confiabilidad de los resultados. No obstante, los enfoques tradicionales de muestreo requieren mucho tiempo y trabajo de campo, y pueden ser poco confiables si no se utiliza un tamaño de muestra adecuado. Actualmente, los Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), comúnmente conocidos como drones, proveen de imágenes de alta resolución espacial (centímetros), que en combinación con métodos directos en campo pueden ser utilizadas eficientemente para el monitoreo de biomasa a diferentes escalas espaciales y temporales (Wang *et al.*, 2024). Sin embargo, entre mayor es la resolución espacial, mayores son los requerimientos de tiempo para el procesamiento de las imágenes debido a la gran cantidad de datos. De igual forma, obtener imágenes de mayor resolución espacial implica volar un dron a menor altitud, lo que resulta en menor superficie cubierta, un mayor número de vuelos y, por lo tanto, un costo más elevado. El objetivo fue evaluar el efecto de diferente resolución espacial de imágenes en el espectro visible (RGB) obtenidas con un dron, en la cantidad estimada de forraje en un pastizal. En la práctica, se pretende encontrar un rango de resolución espacial que disminuya los tiempos de procesamiento de datos sin comprometer la calidad de los resultados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un sitio de pastizal de 42 hectáreas del Rancho Experimental La Campana, municipio de Chihuahua, Chih. Las especies predominantes son zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*), zacate garrapata (*Eragrostis superba*) y zacate llorón (*Eragrostis curvula*). El estudio se realizó en la etapa de madurez de los pastos, con una alta presencia de espigas. Se utilizó un dron DJI Phantom 4 PRO V.2.0. equipado con una cámara RGB de 20 Megapixeles. La altura de vuelo fue de 150 m con una Distancia de Muestreo de Suelo (GSD) de 4.2 cm, es decir, una resolución de 4.2 cm por pixel. El vuelo fue programado en la aplicación *DroneDeploy* con lo que se obtuvieron 215 fotografías. Se realizó también un muestreo directo mediane cortes de forraje utilizando cuadrantes de 0.25 m^2 en 38 puntos debidamente georreferenciados. Estos puntos se distribuyeron en un muestreo aleatorio estratificado sobre áreas representativas de todo el potrero, considerando gradientes en la cobertura del suelo, abundancia de especies y evidencias de cambios en la tonalidad del pasto. Cada muestra fue secada en una estufa a 65 °C y pesada hasta obtener un peso constante, con lo que se determinó la materia seca (M.S.) del forraje por metro cuadrado.

Con las fotografías se obtuvieron 11 orto-mosaicos con una resolución espacial de 4.5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 cm. Para la generación de los orto-mosaicos y el análisis de los mismos se utilizó el software libre OpenDroneMap y QGIS 3.4, respectivamente. Cada orto-mosaico fue clasificado en nueve clases mediante el método de clasificación no supervisada K-Means (Chehreh *et al.*, 2023). Una vez hecha la clasificación, se ubicaron los puntos del muestreo de campo distribuidos en cada

clase y se obtuvo un promedio de M.S. por clase. Este valor fue asignado a los pixeles de cada clase mediante una reclasificación. Con esta combinación de métodos se estimó el forraje disponible en cada orto-mosaico con diferente resolución espacial. Para la evaluación de las diferentes resoluciones se realizó un remuestreo mediante 12 polígonos cuadrados de 1000 m^2 (0.1 ha) cada uno, distribuidos aleatoriamente en toda la imagen. Con esto se obtuvo la cantidad de forraje en cada polígono y por cada orto-mosaico reclasificado. Se realizó un análisis de varianza con mediciones repetidas y pruebas múltiples pareadas de t ($p<0.05$). Los valores de p se ajustaron mediante el método de corrección de pruebas múltiples de Bonferroni. Los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el software R v 4.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de forraje mediante el muestreo directo en campo fue de 0.185 kg m^{-2} (D.E.= 0.158) de M.S. Esto equivale a 184.8 kg en 0.1 ha. Mediante el remuestreo con los 12 sitios de 0.1 ha se obtuvo un promedio general de 195.4 kg (D.E.= 23.0), independientemente de la resolución espacial (n=132). Los promedios por cada resolución espacial son mostrados en el Cuadro 1. El valor mínimo fue para la resolución de 80 cm con 176 kg (D.E.= 9.7) y el máximo para la resolución de 100 cm con 238 kg (D.E.= 20.4).

Cuadro 1. Promedio y Desviación Estándar de la cantidad de forraje estimada en un área de 0.1 ha por cada resolución espacial y forraje total estimado en las 42 hectáreas del potrero.

Resolución espacial (cm)	Promedio (kg) n=12 sitios de 0.1 ha.	Desviación Estándar (kg)	Forraje total estimado* en todo el pastizal (toneladas)
4.5	180	17.4	76.8
10	178	15.7	75.5
20	217	16.7	90.5
30	199	19.5	83.5
40	188	18.5	79.5
50	196	15.8	66.3
60	192	13.5	80.6
70	201	6.95	82.6
80	176	9.71	73.3
90	184	7.44	76.7
100	238	20.4	98.3

*El forraje total estimado es independiente del remuestreo. Este se obtuvo mediante la suma de forraje en todas las clases de cada orto-mosaico.

Los análisis estadísticos indicaron que existen diferencias significativas entre las medias de forraje ($p<0.0001$). En general, se observó que una resolución de igual o menor a 10 cm generó los resultados más bajos, y estos fueron similares y sin diferencia significativa con los valores con una resolución de 80 y 90 cm (Figura 1).

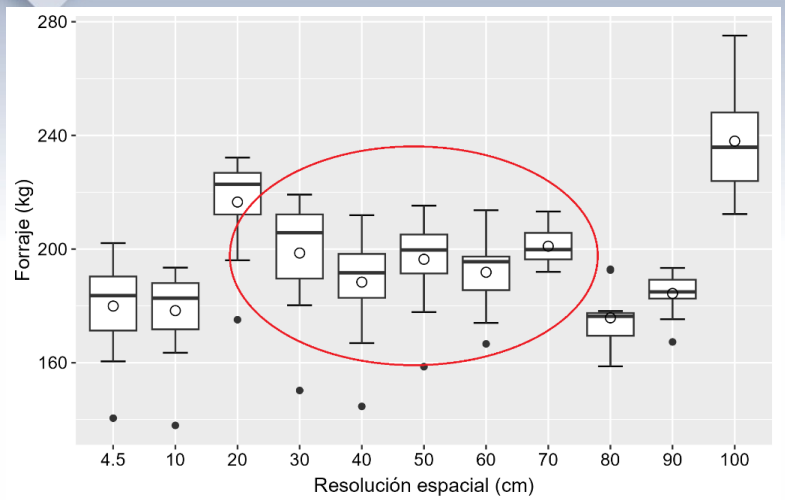


Figura 1. Cantidad de forraje por cada resolución espacial obtenido de los 12 sitios de remuestreo. La línea dentro de la caja representa la mediana y el círculo la media.

En contraste, la resolución de 20 cm fue estadísticamente diferente a las anteriores y similar a la resolución de 100 cm. No se encontraron diferencias significativas entre cinco de las resoluciones intermedias, las cuales van de 30 cm a 70 cm y que son indicadas con una elipse en la Figura 1. Estas mostraron resultados más consistentes y fueron diferentes a las resoluciones mayores o igual a 80 cm, y también diferentes a las menores o igual a 20 cm.

Estos hallazgos coinciden con aquellos reportados con Ordóñez *et al.*, (2024), en un estudio donde se evaluaron resoluciones espaciales de 0.2 m a 2.5 m en intervalos de 0.1 m para la clasificación de vegetación forestal. Aunque en dicho estudio la precisión en la clasificación de la cobertura fue mayor utilizando una resolución espacial de 0.2 m, no se encontraron diferencias significativas con una resolución de 0.7 m. Para el caso de pastizales, los cuadrantes más utilizados para estimar la disponibilidad de forraje de forma tradicional son de 0.25, 0.5 m^2 o 1.0 m^2 (Royo *et al.*, 2010), y en este estudio se utilizó un cuadrante de 0.25 m^2 de forma rectangular (61 x 41 cm). Considerando las dimensiones del cuadrante más pequeño y los resultados del presente estudio, se recomienda utilizar un tamaño de pixel de entre 0.3 y 0.7 m.

CONCLUSIONES

Los hallazgos indican que es mejor utilizar una resolución espacial de entre 30 y 70 cm para relacionar datos de forraje estimado en campo con imágenes obtenidas con drones, en pastizales semiáridos dominados por zacate africano en estado de madurez. Comparado con las altas resoluciones espaciales que se pueden obtener con un dron, estos tamaños de pixel generan resultados menos variables y facilitan los tiempos de procesamiento, por lo que es posible agilizar los análisis de datos sin comprometer la calidad de los resultados.

LITERATURA CITADA

Chehreh, B., Moutinho, A., & Viegas, C. (2023). Latest Trends on Tree Classification and Segmentation Using UAV Data—A Review of Agroforestry Applications. Remote Sensing, 15(9), 2263. doi:10.3390/rs15092263

Ordóñez-Prado, C., Valdez-Lazalde, J. R., Flores-Magdaleno, H., Ángeles-Pérez, G., Santos-Posadas, H. M., & Buendía-Rodríguez, E. (2024). Operational implications of spatial resolution of drone imagery in vegetation mapping for forest management. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 30(2).

Royo, M. M. H., Sierra, T. J. S., Morales, N. C. R. y Jurado, G. P. (2010). Prácticas de conservación y rehabilitación de agostaderos. Folleto técnico No. 29. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Wang, H., Singh, K. D., Poudel, H. P., Natarajan, M., Ravichandran, P., & Eisenreich, B. (2024). Forage Height and Above-Ground Biomass Estimation by Comparing UAV-Based Multispectral and RGB Imagery. Sensors (Basel), 24(17). doi:10.3390/s24175794

Zhang, Z., & Zhu, L. (2023). A Review on Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing: Platforms, Sensors, Data Processing Methods, and Applications. Drones, 7(6), 398. https://doi.org/10.3390/drones7060398

PRUEBA DE GERMINACIÓN DE UN "COMPUESTO DE SEMILLAS" RECOLECTADAS EN UN PASTIZAL NATIVO

GERMINATION TEST OF A "SEED COMPOUND" COLLECTED IN A NATIVE GRASSLAND

Francisco Antonio Rubio Aguirre[1] Francisco G. Echavarría Chairez*[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[3]

[1y2] Investigadores del Campo Experimental Zacatecas, INIFAP Zacatecas; [3]Investigador del COLPOS
*Autor por correspondencia: fantonio.rubioaguirre@gmail.com; rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se oferta una metodología sencilla para germinar "compuestos de semillas" a partir de una muestra de peso conocida usando como sustrato tierra de Isla de fertilidad de Huizache. Fueron seleccionados tres lotes de semillas (tratamientos) cosechadas mecánicamente el año 2022 en un pastizal nativo. El tiempo de germinación de las semillas fue de 32 días usando recipientes de plástico a temperatura ambiente. Se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos; siendo el T_3, el que obtuvo la mayor cantidad de individuos. Respecto a la longitud (cm) de las plántulas de hoja angosta, no se observaron diferencias entre tratamientos ($P \geq 0.05$), mientras que si se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre la longitud (cm) de plántulas de hoja ancha. La metodología puede ser usada para conocer la viabilidad de semillas usando insumos locales.

Palabras claves: Germinación, compuesto de semillas, viabilidad

ABSTRACT

A simple methodology is offered to germinate "seed composites" from a sample of known weight using soil from the Huizache Fertility Island as a substrate. Three seed lots (treatments) were selected, mechanically harvested in 2022 from a native grassland. Seed germination time was 32 days using plastic containers at room temperature. Differences ($P \leq 0.05$) were found between treatments, with T3 yielding the highest number of individuals. Regarding the length (cm) of narrow-leaf seedlings, no differences were observed between treatments ($P \geq 0.05$), while differences were found ($P \leq 0.05$) between the length (cm) of broad-leaf seedlings. The methodology can be used to determine seed viability using local inputs.

Keywords: Germination, seed compound, viability

INTRODUCCIÓN

Los pastizales de México cuentan con una gran diversidad vegetal la cual no ha sido aprovechada de manera ordenada y responsable. Para la recuperación de estos ecosistemas se deberá incluir mezclas de semillas específicas que representen ecotipos locales, que son más resistentes a las condiciones ambientales que los

productos comerciales comúnmente utilizados (Hufford y Mazer, 2003). Por tal motivo, dada la gran extensión de terrenos dedicados a las actividades pastoriles, es necesario promover la recolección de mezclas de semillas en predios ganaderos con gran diversidad de especies nativas. Un ejemplo de esto está siendo aplicado en Zacatecas, en donde un ganadero está recolectando "compuestos de semillas" en un pastizal nativo con una maquina cosechadora desarrollada por la Unidad de Ingeniería del INIFAP–Aguascalientes, contrario a lo que normalmente se hace al recolectar semillas de una sola especie. Para el análisis de calidad de semillas de lotes homogéneos, ya existe una normatividad sobre las reglas de análisis regidas a nivel internacional y adoptadas a nivel nacional en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (SNICS, 2020). El problema surge, cuando el producto recolectado forma un "compuesto de semillas", qué al intentar realizar el análisis de calidad física y fisiológica, bajo los métodos tradicionales es sumamente complicado separar las semillas por cada especie y género involucrado. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer una metodología sencilla para germinar "compuestos de semillas" a partir de una muestra de peso conocida usando como sustrato tierra de Isla de fertilidad de Huizache.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo el 2024 en el Campo Experimental Zacatecas - INIFAP, en Calera de V.R., Zacatecas, México, ubicado a 22° 54' 31.3" latitud N y 102° 39' 34" longitud W, a 2197 msnm, clima frío semiárido (BSk). La estimación del número de plántulas de un "compuesto de semillas" se llevó a cabo con material recolectado mecánicamente a mediados de noviembre del 2022 en el Rancho Tula, Mpio. de Zacatecas, México. El predio se ubica a 22° 42' 30.0" latitud N y 102° 36' 25" longitud W, a 2490 msnm. La vegetación está conformada por 55.2 % de gramíneas, 12.3% de material vegetal muerto, 10.2% de briofitas, 6.2% de herbáceas y 6.2 % de arbustos (Ahumada *et al*. 2022). El total del material cosechado fue colocado en sacos de nylon y puestos bajo resguardo en una bodega a temperatura ambiente, posteriormente fue enviado al Colegio de Posgraduados para su limpieza (beneficio) en donde fueron pasados por un molino de machetes, túneles de viento y cribas, eliminando ramillas, tallos, hojas y otras impurezas (material inerte). Dicho material (semilla limpia), fue devuelto a Zacatecas y de ahí el mismo propietario seleccionó tres lotes los cuales envió a las instalaciones del INIFAP-Zacatecas para su análisis. Cada lote formó un tratamiento de acuerdo al tipo de semillas observadas a simple vista: T_1=lote con la mayoría de semillas de hoja angosta (gramíneas), T_2=lote con mayor proporción de semillas de hoja angosta en mezcla con especies de hierbas y arbustos (hoja ancha) y T_3=lote con proporción igual de semillas especies de hierbas y arbustos (hoja ancha) en mezcla con semillas de hoja angosta. De cada tratamiento fueron seleccionadas al azar tres submuestras (repeticiones) con un peso de 0.5 g. La prueba para conocer la cantidad de semillas germinadas se llevó a cabo en base a una metodología sencilla, la cual consistió en colocar las submuestras en recipientes de plástico de capacidad de 1.0 litro, los cuales tiene una área de 0.008825 m^2, cada recipiente fue llenado al 85% de su capacidad con tierra superficial proveniente de la isla de fertilidad de una planta de Huizache, colocando las semillas a 3.0 mm de profundidad; después de

esto, el suelo fue humedecido aplicando agua a capacidad de campo y así continuó hasta terminar el estudio. Las macetas fueron colocadas bajo techo sobre una mesa a temperatura ambiente, en donde recibían luz solar directa solamente durante las horas de la mañana. Fue incluido un cuarto tratamiento que actuó como testigo (T_4) el cual no fue sembrado, pero que sirvió de referencia para conocer el Banco de semillas que contenía de manera natural la tierra de Huizache. La prueba de germinación dio inicio el 10 de julio y se terminó el 13 de agosto del 2024. El conteo de plántulas fue llevado a cabo por el método destructivo, anotando el número de individuos de hoja angosta y ancha (sin identificar especies debido a lo pequeño de la plántula), la longitud de plántulas fue realizada con una cinta métrica en cm (n=10). Las variables consideradas fueron: Número total de plántulas, número de plántulas de hoja angosta, número de plántulas de hoja ancha, longitud en cm de plántulas de hoja angosta y ancha. Los datos fueron analizados mediante un Diseño completamente al azar, y la comparación de medias fue con la prueba Tukey al 0.05 (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En relación al Número total de plántulas después de 32 días, se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre tratamientos; siendo el T_3, el que obtuvo la mayor cantidad de individuos con 137 plántulas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de plántulas hoja angosta y ancha de diferentes lotes (tratamientos) de un "compuesto de semillas" con un peso de 0.5 g, recolectas en el Rancho "Tula".

Tratamientos	No. total de plántulas	No. plántulas hoja angosta	No. plántulas hoja ancha
T_1	54.0 bc	48.3 a	5.6 b
T_2	65.6 bc	53.3 a	12.3 b
T_3	137.0 a	76.3 a	60.6 a
T_4 (testigo)	8.6 c	2.3 b	6.3 b
C.V. (%)	26.8	28.0	38.3

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p<0.01$) entre tratamientos.

Respecto a la longitud (cm) de las plántulas de hoja angosta (Cuadro 2), no se observaron diferencias entre tratamientos ($P \geq 0.05$), mientras que si se encontraron diferencias ($P \leq 0.05$) entre la longitud (cm) de plántulas de hoja ancha. Referente al uso de sustratos para germinar semillas a bajo costo, el estudio concuerda con Nieves *et al*. (2022), quienes observaron una mayor cantidad de plantas en los tratamientos de Tierra de monte y Tierra para maceta. Al observar el número real y porcentaje de plantas de hoja angosta y hoja ancha (Cuadro 3), el T_3 obtuvo 128.3 plántulas por muestra de 0.5 g de peso, lo cual daría hipotéticamente 256,600 plántulas kg^{-1} (25.6 plantas m^{-2}). En el mismo Cuadro 3, de muestra como el lote de semillas del T_1, sería el indicado para resiembra de sitios de pastizal donde se privilegiaría el establecimiento de especies de hoja angosta (gramíneas), seguido del T_2, mientras que el T_3 sería usado para resiembras de áreas donde se busca el establecimiento tanto de especies de gramíneas como herbáceas, como podrían ser sitios de taludes de carreteras o áreas mineras donde se persigue una gran diversidad de especies. En todos los tratamientos

bajo estudio, antes de ser sembrados se observaron semillas de plantas de hoja angosta de géneros: *Bouteloua, Aristida* y *Muhlenbergia,* y de hoja ancha de los géneros *Tagetes, Dysoddia* y *Dalea*, encontrando que la tierra de la Isla de fertilidad de Huizache es adecuada para la germinación de "compuestos de semillas" nativas tanto de gramíneas como de y herbáceas.

Cuadro 2. Longitud en cm (n=10) de plántulas hoja angosta y ancha de diferentes lotes de un "compuesto de semillas" recolectas en el Rancho "Tula".

Tratamientos	Longitud de plántulas hoja angosta	Longitud de plántulas hoja ancha
T_1	9.1 a	8.9 b
T_2	9.2 a	14.8 a
T_3	5.4 a	14.1 a
T_4 (testigo)	12.3 a	7.2 b
C.V. (%)	49.6	13.4

Literales diferentes en la misma columna indican diferencias ($p<0.01$) entre tratamientos.

Cuadro 3. Número real y porcentaje de plántulas hoja angosta y ancha de diferentes lotes de un "compuesto de semillas" en 0.5 g, después de restar las plántulas del testigo (T_4) recolectas en el Rancho "Tula".

Tratamientos	No. real total de plántulas por 0.5 g	No. hipotético total de plántulas por 1.0 kg de semillas	No. y porcentaje de plántulas hoja angosta	No. y porcentaje de plántulas hoja ancha
T_1	45.4	90,800	46.0 (100%)	- 0.7 (0.0%)
T_2	57.0	114,000	51.0 (89.5%)	6.0 (10.5%)
T_3	128.3	256,600	74.0 (57.6%)	54.3 (42.3%)

CONCLUSIONES

Se logró conocer la cantidad y porcentaje de plántulas de hoja angosta y ancha a partir de una muestra de peso conocida, lo cual apoyaría la comercialización de "compuestos de semillas" en predios con alta diversidad biológica. La metodología puede ser usada para conocer de primera mano la viabilidad de semillas usando insumos locales de bajo costo como es la isla de fertilidad de plantas de Huizache.

SUGERENCIAS

Se sugiere la participación de personal calificado para identificar las especies a nivel de plántula y ampliar los métodos de análisis de "compuestos de semillas" de poblaciones naturales de pastizales con una gran riqueza biológica.

LITERATURA CITADA

Ahumada-Hernández R.I., C.A. Delfín-Alfonso, M. Del Real-Monroy, I. Huesca-Domínguez, R. Rosas-Valdez. 2022. Evaluation of fine-scale environmental heterogeneity and its effect on terrestrial mammal diversity in a grassland in the Chihuahuan Desert. Journal of Arid Environments 205 (2022) 104815.

Hufford K, M., Mazer S. 2003. J. Plant ecotypes: genetic differentiation in the age of ecological restoration. Trends Ecol Evol 18: 147-155. DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00002-8

Nieves H. M. A., E. E. Araiza R., J. F. Sánchez A., , F. O. Carrete C., O. G. Alaniz V. 2022. Evaluación de sustratos para la producción de planta de pasto Banderita (*Bouteloua curtipendula* (michx.) torr.) en Durango, México. Memorias XI Congreso Internacional Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zac. 241-245 p.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT 9.3 User ´s Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2020. Regla para la calificación de semillas de gramíneas forrajeras (Poaceae): brachiaria, guinea, banderita, navajita, Pretoria, rhodes, bermuda, garrapata, llorón, buffel y azuche. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México. 32 p.

EVALUACIÓN DE ECOTIPOS NATIVOS DE *Panicum virgatum* L. EN EL ALTIPLANO ZACATECANO

EVALUATION OF NATIVE ECOTYPES OF *Panicum virgatum* L. IN THE ZACATECAN HIGHLANDS

Francisco Antonio Rubio Aguirre[1], Francisco G. Echavarría Chairez[2]*, José Francisco Villanueva Avalos[3], Adrián R. Quero Carrillo[4]

[1 y 2] Investigadores del INIFAP; [3]Ex investigador de INIFAP; [4]Investigador del COLPOS *Autor por correspondencia: fantonio.rubioaguirre@gmail.com; rubio.francisco@inifap.gob.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio dar a conocer el comportamiento productivo y supervivencia de ecotipos nativos de *Panicum virgatum* durante seis años en Calera de V.R., Zacatecas, México. Las plantas fueron colectadas del 2017 al 2019 en México, mediante la extracción de macollos y colocadas en invernadero, siendo trasplantadas con riego en marzo de 2019, continuando su estudio bajo condiciones de secano hasta al año 2024. Las variables fueron: peso seco, altura, número de tallos y sobrevivencia. Se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre accesiones, el peso del follaje tuvo una alta correlación contra altura de planta, mas no entre peso seco y número de tallos. Después de seis años muy pocas accesiones lograron sobrevivir a periodos prolongados de sequía.

Palabras clave: *P. virgatum*, ecotipos mexicanos, materia seca.

ABSTRACT

The objective of this study was to report the productive behavior and survival of native ecotypes of *Panicum virgatum* over six years in Calera de V.R., Zacatecas, Mexico. Plants were collected from 2017 to 2019 in Mexico, by extracting tillers and placing them in a greenhouse. They were transplanted with irrigation in March 2019, and their study continued under rainfed conditions until 2024. The variables were: dry weight, height, number of stems, and survival. Differences ($p \leq 0.05$) were found between accessions. Leaf weight was highly correlated with plant height, but not between dry weight and number of stems. After six years, very few accessions managed to survive prolonged periods of drought.

Keywords: *P. virgatum*, Mexican ecotypes, dry matter.

INTRODUCCIÓN

El pasto Switchgrass, son plantas perennes, con rizomas fuertes, culmos erectos de 0.4–2 (–3) m de largo por 3 a 5 mm de diámetro, simples, con múltiples nodos, subleñosos a leñosos, el cual crece en laderas de cerros, cañadas, praderas, ciénagas, lechos de ríos, claros de bosque de encino, de pino–encino, desde el nivel del mar hasta los 1900 m (Valdés-Reyna *et al.* 2009). En México son pocos los estudios sobre su comportamiento y producción de forraje (Terrazas *et al.* 2004). El objetivo de este

estudio es reportar el comportamiento productivo y supervivencia de ecotipos nativos de *Panicum virgatum* durante seis años en Calera de V.R., Zacatecas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó del 2019 al 2024 en el Campo Experimental Zacatecas - INIFAP, en Calera de V.R., Zacatecas, México, a 22° 54' 31.3" latitud norte y 102° 39' 34" longitud oeste y 2197 msnm. Clima frío semiárido (BSk) con precipitación media de 407.7 mm. Los ecotipos fueron recolectados en diferentes partes de México: 11 en Coahuila, 3 en San Luis Potosí, 1 en Nuevo León, 1 en Nayarit, 1 en Jalisco, 1 en Puebla, 1 en Veracruz, 1 en Zacatecas y dos sin ubicar sitio. La recolección fue a inicio y durante el periodo de lluvias de los años del 2017 al 2019, registrando coordenadas geográficas latitud N, longitud W y altitud en msnm con GPS. Las macollas fueron extraídas y enviadas a un invernadero en donde recibieron riego. El trasplante a campo fue del 14 al 15 marzo del 2019 en un terreno agrícola y regadas por goteo, bajo un arreglo topológico de 3,566 planta ha^{-1}. Después del trasplante, se aplicaron riegos tres veces por semana con un horario de 9:00 a 15:00 hrs. (salvo cuando hubo precipitación), hasta el mes de noviembre, suspendiendo riegos durante los meses de diciembre, enero y mitad de febrero, re-iniciando nuevamente riegos la segunda quincena de febrero al 16 de marzo del 2020; y, a partir de esta fecha los riegos fueron suspendidos de manera permanente, continuando la evaluación bajo condiciones exclusivas de temporal. Se incluyó una sola planta por cada ecotipo quedando los tratamientos como sigue: Z-83, Z-84, Z-85, Z-86, Z-87, Z-88, Z-89, Z-90, Z-91, Z-92, Z-93, Z-94, Z-95, Z-96, Z-97, Z-98, Z-99, Z-100, Z-101, Z-102. Z-103, Z-104 y seis plantas testigo intercaladas de la variedad Álamo liberada en Texas: Z-C7, Z-C8, Z-C9, Z-C10, Z-C11 y Z-C12, procedentes de Meóqui, Chihuahua (donado por el M.C. José Guadalupe Terrazas P.). No se usó ningún tipo de fertilizante ni herbicida, realizando controles de arvenses a mano y azadón. Del 2019 al 2024, a finales de cada uno, cada planta fue cortada en forma manual usando una rozadera convencional. La fitomasa aérea cosechada fue colocada en sacos de nylon dejando una muestra de 300 g de peso verde para estimar peso seco, también durante este mismo periodo se realizaron mediciones de altura en cm. El conteo total de vástagos $planta^{-1}$, se llevó a cabo a finales de cada año del 2019 al 2022, usando como criterio principal contar solamente vástagos maduros que tuvieran más de 20 cm de longitud, el resto fueron considerados como vástagos vegetativos y no fueron contabilizados. También se llevó el conteo de las plantas vivas y muertas a finales de cada año. Las variables bajo estudio fueron: peso seco (g $planta^{-1}$), altura (cm), número total de tallos $planta^{-1}$ (unidades) y sobrevivencia por año (%). Como no hubo repeticiones entre accesiones, se realizó la prueba Chi-Cuadrado al 0.05 de significancia bajo las hipótesis H0: Hay ninguna asociación entre las variables categóricas versus H1: Hay una asociación entre las variables categóricas (SAS, 2011), además se realizaron pruebas de Coeficiente de correlación entre las variables de peso seco vs altura de planta y peso seco vs número total de tallos. Se incluye información de la media general entre años y las medias entre accesiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el tiempo de estudio, el mayor rendimiento de peso seco fue encontrado el año 2020, en donde las accesiones Z-C7, Z-93 y Z-88 obtuvieron 8384.5, 7716.5 y 6211.5 g planta^{-1}, respectivamente (Cuadro 1) observando, en base a las pruebas de Chi-cuadrado, diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre las accesiones evaluadas (Figura 1) en 2020 y en todos los años bajo estudio. Al realizar las pruebas de Coeficiente de correlación, se encontraron correlaciones de moderadas a altas entre el peso seco vs altura de la planta, siendo el año 2021 en donde se encontró el valor más alto con 0.79 (Figura 2). En el Cuadro 1, se puede observar que en todas las variables bajo estudio las accesiones mostraron una gran variabilidad entre años y entre medias. En el estado de Hidalgo, con una accesión de *P. virgatum* colectada en Río Verde SLP a 1004 msnm, reportan un rendimiento de materia seca acumulado de 430.2 g^{-1} y 187 tallos vivos planta^{-1}, (Rodríguez *et al* 2021), mientras que en el presente estudio se obtuvieron mayores rendimientos (con la accesión Z-99 también originaria de SLP a 1001 msnm) con un promedio de 1645.5 g planta^{-1}y 235.7 tallos planta^{-1}. Respecto a la sobrevivencia (Cuadro 1), los tres primeros años todas las plantas permanecieron con vida, lo anterior se explica a que durante el primer año y a inicios del segundo las plantas recibieron riego, además de haber recibido precipitaciones anuales arriba del promedio, sin embargo, durante el cuarto y quinto año, se presentó sequía extrema con solo 286.6 y 247.6 mm anuales, provocando la muerte de la mayoría de las accesiones, y aunque el año seis presentó buena precipitación solo lograron sobrevivir el 14.3% de las plantas cuyos ecotipos fueron los números Z-84 (colectado en Dos bocas, Veracruz en una zona de selva alta), Z-C10 (una de las seis plantas de la variedad testigo), Z-87 (de Coahuila, colectado a orilla de rio, con Sabinos y Mezquites) y Z-100 (originario de Zacatecas, cuyo hábitat es un clima C(w2) área de bosque *Pinus-Quercus*). La baja sobrevivencia de las accesiones estudiadas concuerda con lo reportado por Sanderson *et al* (1999) quienes mencionan que el pasto Switchgrass si bien tolera muy bien la sequía moderada o incluso severa, este no rindió en condiciones de sequía extrema crónica.

Cuadro 1. Peso seco por años y media de peso seco (gr planta^{-1}), media de altura (cm) y media del número de tallos de accesiones de *Panicum virgatum* en Calera de V.R., Zacatecas. México, del 2019 a 2024. CEZAC-INIFAP.

No. accesión	2019 Año 1	2020 Año 2	2021 Año 3	2022 Año 4	2023 Año 5	2024 Año 6	Peso seco (gr p^{-1}) n=6	Altura (cm) n=6	No. de tallos n=4
Z-C7	1528.1	8384.5	4030.0	1537.0	0.0	0.0	2579.9	109.2	477.7
Z-93	2998.5	7716.5	3650.0	433.0	28.0	0.0	2471.0	113.8	432.2
Z-102	2809.8	6027.2	4480.0	814.0	36.0	0.0	2361.2	119.3	308.2
Z-84	2809.9	4954.0	3700.0	1291.0	224.0	420.0	2233.2	132.2	549.5
Z-C10	987.7	5553.2	3773.0	2514.0	56.0	152.0	2172.6	135.0	405.2
Z-88	2035.0	6211.5	3963.3	371.0	0.0	0.0	2096.8	90.2	452.7
Z-91	2020.1	5376.2	2611.4	491.0	14.0	0.0	1752.1	104.2	334.5
Z-95	2296.0	4504.7	2602.6	602.0	31.0	0.0	1672.7	87.2	651.7

Z-99	2194.4	4314.0	2660.8	622.0	82.0	0.0	1645.5	142.5	235.7
Z-C9	1087.1	5126.0	2565.0	601.0	0.0	0.0	1563.2	98.0	331.5
Z-87	823.0	3543.0	2856.0	1181.0	164.0	97.0	1444.0	119.7	408.7
Z-C11	1172.5	3358.8	2550.2	1255.0	60.0	0.0	1399.4	115.2	344.0
Z-97	1876.0	3718.7	2029.9	427.0	10.0	0.0	1343.6	85.0	474.2
Z-C12	707.9	3605.0	2491.0	1127.0	107.0	0.0	1339.6	107.5	290.2
Z-94	890.6	4440.5	2247.2	418.0	1.0	0.0	1332.9	96.2	307.5
Z-103	1499.4	3927.0	2266.3	286.0	0.0	0.0	1329.8	99.3	257.5
Z-89	993.6	4810.5	2000.1	158.0	0.0	0.0	1327.0	82.0	336.5
Z-104	1216.0	3479.5	1870.0	816.0	70.0	0.0	1241.9	129.2	243.5
Z-C8	709.2	4207.0	2160.0	344.0	0.0	0.0	1236.7	91.8	280.5
Z-90	775.8	4133.0	1596.5	395.0	0.0	0.0	1150.1	85.0	683.5
Z-96	1982.4	3150.1	1430.0	85.0	0.0	0.0	1107.9	77.3	374.5
Z-92	1008.7	3818.2	1567.5	113.0	0.0	0.0	1084.6	82.7	197.0
Z-83	741.2	1724.2	1371.5	413.0	31.0	0.0	713.5	110.0	174.2
Z-86	815.3	2442.7	691.8	72.0	0.0	0.0	670.3	75.0	218.2
Z-85	466.0	1430.7	667.0	206.0	10.0	0.0	463.3	75.0	364.5
Z-101	508.7	1322.3	16.0	0.0	0.0	0.0	307.8	41.7	382.2
Z-100	130.5	433.7	576.1	226.0	82.0	44.0	248.7	76.3	417.5
Z-98	131.4	397.0	299.9	37.0	0.0	0.0	144.2	55.3	249.2
Media Gral.	1329.1	4003.9	2240.1	601.3	35.9	25.5	1372.6	97.7	363.7
Sobrevivencia %	100	100	100	96.4	57.2	14.3			
Lluvia anual (mm)	474.3	530.7	646.8	286.6	247.6	568.6			

*Z-C7 al Z-C12, son las plantas Testigo, el cual es un *Panicum virgatum* Variedad Álamo

CONCLUSIONES

Durante los tres primeros años en donde hubo suficiente humedad del suelo, se encontraron ecotipos de origen mexicano con gran producción de forraje seco, que pueden competir con la variedad testigo Álamo, los cuales pueden ser destinados a establecer praderas para uso directo o henificado, en años secos el pasto Switchgrass requiere riegos de auxilio.

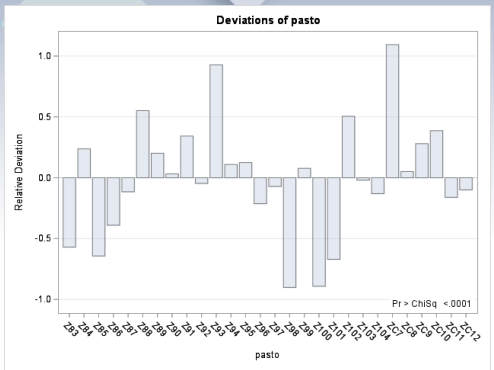


Figura 1. Ecotipos evaluados el año 2020 y su desviación relativa en la prueba de X^2.

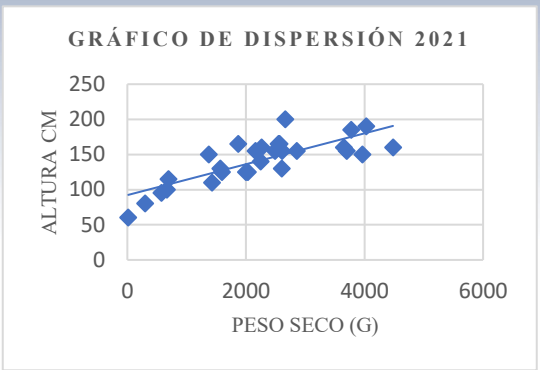


Figura 2. Coeficiente de correlación (0.79) entre peso seco y altura de planta año 2021.

AGRADECIMIENTOS

El financiamiento para este trabajo fue por parte de la U.T. Austin, a través del CIMMYT, bajo el proyecto titulado: Adaptación al clima y la sustentabilidad en Switchgrass (*Panicum virgatum*) para explorar las interacciones del suelo con los microbios de la planta a través de gradientes ambientales a escala continental (R0165 Switchgrass).

LITERATURA CITADA

Rodríguez-Ortega, L. T., Verde-Villegas, D. A., Hernández-Guzmán, F. J., Castrellón-Montelongo, J. L., & Rodríguez-Ortega, A. 2021. Producción forrajera y semillas de *Panicum virgatum, Tripsacum dactyloides* y *Sporobolus airoides* en Tulancingo, Hidalgo: Forraje y semilla de pastos nativos. Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios, 8(II). https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2861

Sanderson M.A., R.L. Reed, W.R. Ocumpaugh, M.A. Hussey, G. V. Esbroeck, J.C. Read, C.R. Tischler, F.M. Hons. 1999. Switchgrass cultivars and germplasm for biomass feedstock production in Texas. Bioresource Technology. Volume 67, Issue 3. 209-219 p.

SAS Institute. 2011. SAS/STAT 9.3 User ´s Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.

Terrazas P.G. y R. González O. 2004. Evaluación de zacates perennes de crecimiento de verano para praderas en la zona árida de Chihuahua. Folleto científico No. 2. Centro de Investigación Regional Norte-Centro, Campo Experimental Delicias. 26 p.

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.

MANEJO AGRONÓMICO Y PRODUCCIÓN DE FORRAJE DE KENAF (*Hibiscus canabinus*)

AGRONOMIC MANAGEMENT AND FORAGE PRODUCTION OF KENAF (*Hibiscus canabinus*)

Daniel González González[1*], Miguel Ángel Gastelum Delgado[2], José Antonio Aguilar Quiñonez[2]

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental del Valle de Culiacán, Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5 Culiacán, Sinaloa C.P. 80398. [2]Facultad de Agronomía Universidad Autónoma de Sinaloa, Carretera Culiacán-Eldorado km 16.5 Culiacán, Sinaloa C.P. 80398. *danielglezglez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la producción de biomasa del kenaf, usando dos variedades, tres densidades de siembra, dos arregles de surco y dos fechas de corte. Se utilizó un arreglo factorial 2x3x2x2 en un diseño completamente al azar. De las dos variedades utilizadas sobresalió la variedad Tainung-2, la cual produjo más Forraje Verde (FV) y Materia Seca (MS) ($P < 0.001$), los corte a 100 dds produjeron más biomasa ($P < 0.001$). La densidad de 10 semillas/m presento menos producción de forraje ($P < 0.001$), el arreglo de doble hileras fue mayor que el arreglo de hilera sencilla ($P < 0.001$). La variedad Taingnun-2 presento mayor producción de biomasa cuando se sembró en surco sencillo con una densidad de 30 semillas/m y corte a los 100 dds.

Palabras clave: Kenaf, densidad, arreglo desurco, fecha de corte.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate kenaf biomass production using two varieties, three planting densities, two row arrangements, and two cutting dates. A 2x3x2x2 factorial design was used in a completely randomized design. Of the two varieties used, the Tainung-2 variety stood out, producing more Green Forage (GF) and Dry Matter (DM) ($P < 0.001$), and cutting at 100 DAS produced more biomass ($P < 0.001$). A density of 10 seeds/m2 presented less forage production ($P < 0.001$), and the double-row arrangement was higher than the single-row arrangement ($P < 0.001$). The Taingnun-2 variety presented higher biomass production when planted in a single row with a density of 30 seeds/m and cut at 100 DAS.

Keywords: Kenaf, density, furrow arrangement, cutting date.

INTRODUCCIÓN

El Kenaf, (*Hibiscus cannabinus L*.), es una dicotiledónea que en la última década ha ganado una amplia atención ya que presenta un alto potencial en diversas industrias como alimentos, bebidas, medicina, cosméticos, económica y la horticultura (Akinrotimi *et al*. 2018). Es una planta silvestre originaria de África tropical y pertenece a la familia botánica Malvaceae (Corinza *et al*. 2022). Esta planta comparte un parentesco con el algodón (*Gossypium hirsutum* L.), la malvarrosa (*Althaea rosea*), el quingombó (*Hibiscus esculentus*) y la jamaicana (*Hibiscus sabdariffa*). Hassan *et al*. (2023), menciona que esta planta presenta una mayor adaptabilidad a las condiciones ambientales como, climas y tipos de suelo, lo que la convierte en una fuente superior de celulosa. Este cultivo se destaca como una excelente fuente en la producción de forraje, debido a su capacidad en la de producción de biomasa. Por lo tanto, puede cumplir con las características requeridas para la materia prima en el sector ganadero y pueden integrarse en el sistema de cultivo existente porque requieren un mínimo de insumos para lograr la máxima producción en un tiempo más corto (Anifinrud *et al*. 2013), se puede cosechar entre 3 y 4 meses después de la siembra (Sim y Nyam, 2021)

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y características ambientales del lugar. El trabajo se realizó en Culiacán, Sinaloa ubicado en una longitud 107° 26´31.26'' y latitud 24° 37´56.92´´ a 21 msnm, con temperatura media anual de 24.9°C, presentando la mínima temperatura promedio en el mes de enero con 19.4°C y 29.3°C como máxima para los meses de abril y mayo. El clima se define como BS1 (h´) w (w) (e) cálido y semi-seco (Köppen modificado por García, 1987). Características del Suelos. El tipo de suelos que predomina en el sitio de evaluación pertenecen a una textura franco-arenoso (33% arcilla, 14% limo y 53% arena), pH 6.35, conductividad eléctrica de 0.32 mmhos/cm, N-NO3 de 10 ppm, NH4Ac de 485 ppm, fosforo de 52.5 ppm y MO de 1.05%, con un perfil de suelo superior a 1.2 m

Manejo agronómico del cultivo. La preparación de terreno consistió en realizar un subsuelo a una profundidad de 80 cm, posterior se realizaron 3 pasos de rastra en forma cruzada y diagonal entre estas, se realizó una marca de surco a una distancia de 80 cm y posterior a esto se realizó la fertilización, utilizando como fuente de nitrógeno urea (46-00-00) y fosfato mono-amónico (11-52-00). El aporte de nitrógeno y fósforo fue de 80-52-00 NPK. La siembra se realizó con una sembradora de precisión de 4 cuerpos, esta se calibro para las diferentes densidades de siembra respectivamente, Para el control preventivo de chapulín (*Melanoplus sp. y Brachystola sp*.), se aplicó Dietil (dimetoxifosfinotioiltio) succinato. (Equivalente a 1000 g de i. a./L a 20 °C) a razón de 1.5 L/ha del producto comercial, la aplicación se realizó con boquilla de abanico dirigido al forraje de todo el perímetro del área del experimento.

Muestreo, corte y picado de forraje para determinar materia seca. La parcela útil se determinó en un área de dos surcos con una distancia entre estos de 80 cm y 6 m de largo con un área de 9.6 m^2 cada muestra. Se realizó corte a una altura de tres a cinco cm del ras del suelo con machete y se procedió a pesar todo el forraje cosechado, obteniendo un peso bruto de tallo y hoja de cada parcela correspondiente. Posteriormente se utilizó una picadora de forraje de forma mecánica de la marca Raiker con motor Swedish Husky con una potencia de 6.5 Hp, para obtener forraje picado homogéneo de 2 a 3 cm de largo, de la cual se obtuvo una muestra de 300 g para posteriormente introducirlas en bolsa de papel estraza previamente identificada, la cual fue perforada para ayudar a que perdiera la humedad. El secado se realizó en una estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h. Posteriormente, las muestras fueron pesadas para determinar su peso seco y estimar producción de materia seca por hectárea.

Análisis estadístico. La producción de FV y MS, se analizó utilizando un arreglo factorial 2x2x3x2 en un diseño completamente al azar, donde se utilizaron dos variedades de Kenaf (Humaya y Tainung-2), dos arreglos de surco (una o dos hileras), tres densidades de siembra (10, 20 y 30 semillas) y dos fechas de corte (90 y 100 dds). Las comparaciones de medias entre las variables se realizaron con la prueba de Tukey fijando un (P < de 0.05) para aceptar diferencia estadística. Todos los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS Institute Inc. (2025), Todas las medias se informan con ± error estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados obtenidos sobre la Influencia de los factores variedad, días a corte, densidad de siembra y arreglo de surco en la producción de biomasa del cultivo de Kenaf se muestran en el (Cuadro 1). Esta tendencia la observaron anteriormente Chantiratikul *et al.* (2006) y Ziblim *et al.* (2015)

Cuadro 1. Resultado de la densidad de siembra, arreglo de surco y días a corte en el rendimiento en forraje verde de dos variedades de Kenaf

Variedad	Densidad, semillas/m	Arreglo de surco	Días a corte	Forraje verde, kg/ha
Tainung-2	30	sencillo	100	71.10 ± 0.587 [a]
Tainung-2	10	doble	100	70.41 ± 1.240 [ab]
Tainung-2	10	doble	90	67.38 ± 0.758 [bc]
Tainung-2	30	sencillo	90	65.68 ± 0.738 [cd]
Tainung-2	20	sencillo	100	65.39 ± 0.376 [cd]
Tainung-2	30	doble	100	65.17 ± 0.360 [cd]
Tainung-2	20	doble	100	65.07 ± 0.639 [cd]
Tainung-2	10	sencillo	100	64.26 ± 0.420 [de]
Tainung-2	20	sencillo	90	63.46 ± 0.846 [def]
Tainung-2	30	doble	90	63.24 ± 0.518 [def]
Tainung-2	20	doble	90	61.73 ± 0.637 [efg]
Tainung-2	10	sencillo	90	61.17 ± 0.450 [fg]

Hamaya	10	doble	100	59.33 ± 0.571 [gh]
Humaya	30	sencillo	100	59.29 ± 0.410 [gh]
Humaya	30	doble	100	57.53 ± 0.509 [hi]
Humaya	10	sencillo	100	57.36 ± 0.303 [hij]
Humaya	10	doble	90	56.21 ± 0.791 [ijk]
Humaya	30	doble	90	55.29 ± 0.360 [ijkl]
Humaya	30	sencillo	90	55.25 ± 0.520 [ijkl]
Humaya	20	doble	100	55.24 ± 0.396 [ijkl]
Humaya	20	sencillo	100	54.35 ± 0.345 [jkl]
Humaya	20	doble	90	54.18 ± 0.411 [kl]
Humaya	20	sencillo	90	52.29 ± 0.466 [lm]
Humaya	10	sencillo	90	50.14 ± 0.511 [m]

Medias con diferentes letras difieren (P<0.001), el valor significa, promedio ± error estándar de la media

CONCLUSIONES

Los resultados del presente experimento sugieren que la variedad Tainung-2 de Kenaf es la mejor alternativa forrajera ya que su siembra en hilera sencilla con una densidad de 20 semillas/m es suficiente para alcanzar su máxima producción. Así mismo, la variedad Tainung-2 ofrece mejores perspectivas cuando se siembra en hilera sencilla que doble, lo que disminuye sus requerimientos de equipo para la siembra, en tanto que con una densidad de siembra de 20 semillas/m es suficiente para alcanzar su máxima producción.

LITERATURA CITADA

Akinrotimi, C. A., & Okocha, P. I. (2018). Evaluations of genetic divergence in Kenaf (Hibiscus Cannabinus L.) genotypes using agro-morphological characteristics. Journal of Plant Sciences and Agricultural Research, 2(12), 2167-0412.

Anfinrud, R., Cihacek, L., Johnson, B.L., Ji, Y. and Berti, M.T. 2013. Sorghum and kenaf biomass yield and quality response to nitrogen fertilization in the Northern Great Plains of the USA. Industrial Crops and Products. 50:159-165. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.022

Corinzia, SA; Scordia, D.; D'Agosta, G.; Cosentino, SL; Patanè, C. Influencia del IAF y la biomasa del kenaf en la época de siembra y la densidad de plantas: Un modelo simple simula la evolución temporal en un entorno mediterráneo. Ind. Crops Prod. 2022,184,114995. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114995

Hassan, N. A. A., Ahmad, S., Chen, R. S., Shahdan, D., & Kassim, M. H. M. (2023). Tailoring lightweight, mechanical and thermal performance of PLA/recycled HDPE biocomposite foams reinforced with kenaf fibre. Industrial Crops and Products, 197, 116632. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116632

Sim, Y.Y. and Nyam, K.L. 2021. Hibiscus cannabinus L. (kenaf) studies: Nutritional composition, phytochemistry, pharmacology, and potential applications. Food Chemistry (344) 128582.https://doi:10.1016/j.foodchem.2020.128582.

CALIBRACIÓN DEL MODELO "CarbonPast" EN UN PASTIZAL DE ZACATE AFRICANO (*Eragrostis lehmanniana*) EN CHIHUAHUA

CALIBRATION OF THE "CarbonPast" MODEL IN A LEHMANN LOVEGRASS (*Eragrostis lehmanniana*) RANGELAND IN CHIHUAHUA

Pedro Jurado Guerra[1]*, Gabriel Sosa Pérez[1], Héctor Ramírez Garduño[1], José Luis García Pérez[1]

[1]INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental La Campana. Carretera Chihuahua-Ojinaga km 33.3, Aldama, Chih. Méx. C.P. 32910. (jurado.pedro@inifap.gob.mx).

RESUMEN

El objetivo del estudio fue calibrar el modelo "*CarbonPast*" con el fin de mejorar las estimaciones del almacén de carbono orgánico del suelo (ACOS) en un pastizal de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) en Chihuahua, México. Se tomaron muestras de suelo a 0.3 m de profundidad y se les determinó la concentración de carbono orgánico y la densidad aparente. El almacén de carbono en suelo fue de 16.5±1.2 Mg C ha^{-1}, mientras que el modelo estimó 29.1±1.4. La calibración del modelo consistió en incluir el contenido de grava del suelo en el modelo original. El modelo *CarbonPast* calibrado estimó un almacén de 15.7±1.2 Mg C ha^{-1}, el cual es similar ($P > 0.5522$) a la estimación con los análisis de suelo. El modelo calibrado estimó de manera confiable el ACOS.

Palabras clave: pastizal semiárido, almacén carbono suelo, captura de carbono.

ABSTRACT

The objective of the study was to calibrate the "*CarbonPast*" model to improve estimations of the soil organic carbon stock (SOCS) in a lehmann lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*) rangeland in Chihuahua, Mexico. Soil samples were taken at 0.30 m depth, and organic carbon and bulk density were estimated. Soil carbon stock was 16.5±1.2 Mg C ha^{-1}, and 29.1±1.4 with the original model. The calibration of the model consisted of including soil gravel content within the equation. The calibrated *CarbonPast* model estimated a soil carbon stock of 15.7±1.2 Mg C ha^{-1}, which is similar ($P > 0.5522$) to the estimation with soil analysis. The calibrated model trustfully estimated the SOCS.

Keywords: semiarid rangeland, soil carbon stock, soil carbon sequestration.

INTRODUCCION

El carbono del suelo es importante para la productividad y el aporte de servicios ambientales de los pastizales. Varios estudios han concluido que los pastizales tienen la capacidad de capturar y conservar el carbono del suelo y que existen estrategias para incrementar la captura de carbono a través del manejo sostenible de pastizales para la mitigación del cambio climático (Bai y Catrufo, 2022). La estimación del carbono del suelo en ecosistemas terrestres, sin embargo, representa una inversión que puede ser sustituida por el uso de modelos para estimar el carbono del suelo a través de la toma de variables indirectas de la vegetación y del suelo. El modelo *CarbonPast* es un modelo para estimar el almacén de carbono del suelo en pastizales, basado en las variables de cobertura basal de plantas, precipitación media anual, contenido de arena del suelo y altitud del sitio (Jurado-Guerra *et al.*, 2021).

Información reciente indica que el contenido de grava en el suelo representa un factor importante a considerar para la estimación del almacén de carbono del suelo. Qin *et al*. (2014) encontraron que el contenido de grava en el suelo tiene un efecto negativo en el contenido de carbono del suelo y debe ser considerada en estudios de modelación de ecosistemas. Sin embargo, otro estudio resalta la importancia de la grava del suelo y su aporte benéfico al contenido de materia orgánica del suelo, así como en el desarrollo de estrategias para la captura de carbono (Kirby *et al.*, 2022). Así mismo, Fan *et al*. (2025) proponen el uso de un nuevo modelo que mejora la estimación del almacén de carbono en suelos agrícolas a través del uso del contenido de grava del suelo.

El modelo *CarbonPast* tiene potencial para ser utilizado en pastizales semiáridos similares a donde fue generado, sin embargo, podría ser calibrado en aquellos pastizales con diferentes condiciones de vegetación y suelos. El objetivo de este trabajo fue calibrar el modelo *CarbonPast* para la estimación del almacén de carbono del suelo en un pastizal de zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en el Rancho Experimental La Campana, en el municipio de Chihuahua, México. El clima es semiseco templado con lluvias de verano, entre las isoyetas de 300 a 400 mm y las isotermas de 14 a 16°C, con relieve de Bajada y suelos Phaeozem y Regosol (INEGI, 2010). Originalmente, este sitio fue un pastizal amacollado arborescente, con pastos de los géneros *Bouteloua, Muhlenbergia y Trachypogon*, asociados con encino (Royo y Melgoza, 2001). Actualmente, el sitio es un pastizal dominado por zacate africano. El sitio tiene un historial de manejo con carga moderada-alta de ganado bovino desde 1957.

Durante el verano de 2023, se tomaron muestras de suelo de aproximadamente 1 kg cada una, a 0.30 m de profundidad en cada uno de 20 transectos de vegetación distribuidos al azar en una superficie de 243 ha. En cinco muestras de suelo, se estimó

la densidad aparente por medio del método de excavación Las muestras se tamizaron a 2 mm para obtener la fracción fina (partículas < 2 mm), se secaron a temperatura ambiente y se realizaron análisis de carbono orgánico y textura en laboratorio, de acuerdo a la Norma Oficial NOM-021-RECNAT-2000. La grava obtenida (partículas de tamaño > 2 mm) se pesó y se estimó su volumen por medio de desplazamiento de agua en probetas graduadas. Con esta información, se estimó el almacén de carbono orgánico del suelo (ACOS) con la siguiente fórmula (FAO, 2019):

$$\text{ACOS (Mg C ha}^{-1}\text{)} = \text{COS (mg kg}^{-1}\text{*10)} * \text{Dap (g cm}^{-3}\text{)} * (1\text{-}v\text{Grava}) * \text{Profundidad de Suelo (cm)} * 0.1$$

Dónde COS = Carbono Orgánico del Suelo; Dap = Densidad aparente del suelo; 0.1 = Factor de corrección para convertir a Mg C ha^{-1}; *v*Grava = Índice del contenido volumétrico de Grava.

También se utilizó el modelo *CarbonPast*, el cual es un modelo de regresión múltiple que incluye cuatro variables (Jurado-Guerra *et al.*, 2021): cobertura basal de plantas perennes, precipitación media anual, contenido de arena del suelo y altitud promedio del sitio para la estimación del ACOS. La cobertura de plantas perennes se obtuvo por medio de la metodología "intercepto de puntos", en cada transecto de 100 lecturas cada uno. La precipitación promedio anual se obtuvo de la base de datos CHELSA (Karger *et al.*, 2017). El contenido de arena del suelo se determinó mediante análisis de textura y la altitud promedio fue estimada con coordenadas de GPS tomadas en cada transecto.

$$\text{Modelo } \textit{CarbonPast} = \text{Mg C ha}^{-1} = \text{Exp } (7.255 + 0.03\text{*Cob} + 0.003\text{*Pma} - 0.031\text{*Pare} - 0.002\text{*Alt})$$

Dónde: Exp = Antilogaritmo natural base *e*; Cob = Cobertura basal total de plantas perennes en %; Pma = Precipitación media anual en mm; Pare = Porcentaje de arena del suelo en %; Alt = Altitud del sitio en m.

Dado que los valores de almacén de carbono obtenidos con el modelo, sin considerar el contenido de grava, fueron mucho más altos que los valores con los análisis de suelo, se realizó una calibración con el contenido volumétrico de la grava, de la siguiente manera:

$$\text{Modelo } \textit{CarbonPast} \text{ Calibrado} = \text{Mg C ha}^{-1} \text{ a 0.3 m de profundidad} = \text{Exp } (7.255 + 0.03\text{*Cob} + 0.003\text{*Pma} - 0.031\text{*Pare} - 0.002\text{*Alt}) * (1\text{-}v\text{Grava del suelo})$$

El análisis estadístico comparó los resultados de la estimación directa del almacén de carbono del suelo, con el modelo *CarbonPast* y con el modelo *CarbonPast* calibrado a través de un análisis de varianza con el procedimiento GLM (SAS, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSION

El sitio de estudio presentó una cobertura basal de plantas perennes de 21.9±0.8%, de la cual el 91.5% fue de zacate africano, 369 mm de precipitación media anual, 78.7% de porcentaje de arena del suelo, 0.46 de *v*Grava y 1,634 m de altitud. El método de estimación del almacén de carbono del suelo fue significativo ($p < 0.0001$) (Cuadro 1). El ACOS estimado con los análisis de suelo, fue de 16.5±1.2 ton C ha^{-1} a 0.30 m de profundidad y fue menor ($p < 0.0001$) que con el modelo *CarbonPast* con 29.1±1.4. El modelo *CarbonPast* calibrado estimó un almacén de 15.7±1.2 ton C ha^{-1}, el cual fué similar ($p > 0.5522$) a la estimación con los análisis de suelo. El almacén de carbono fue bajo comparado con sitios de pastizales semiáridos con cobertura de plantas y precipitación similares en Chihuahua (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). También, algunos estudios encontraron bajos valores de almacenes de carbono en sitios con monocultivos en comparación con sitios de alta diversidad (Wen-Feng *et al.* 2014; Yang *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Almacenes de carbono de suelo (Mg C ha^{-1}) con diferentes métodos de estimación en un pastizal semiárido de zacate africano en Chihuahua.

Transecto	Modelo *CarbonPast*	Análisis de Suelo	Modelo *CarbonPast* Calibrado
1	33.4	10.1	15.9
2	27.0	14.5	12.9
3	42.4	9.3	20.2
4	44.6	10.8	30.2
5	28.4	11.7	15.2
6	24.8	12.6	13.2
7	21.5	17.7	11.5
8	27.8	14.0	18.8
9	26.1	13.5	12.5
10	32.9	13.6	22.2
11	30.9	16.4	16.5
12	28.6	23.8	19.3
13	28.3	24.1	11.0
14	24.8	16.5	9.6
15	28.8	11.0	11.2
16	29.4	20.7	15.7
17	29.5	21.4	23.6
18	23.3	29.6	12.4
19	19.4	20.5	10.4
20	30.1	18.9	11.7

Resultados similares a nuestro trabajo fueron reportados por Qin *et al.* (2014), quienes mencionan que el contenido de grava en el suelo tiene un efecto negativo en el contenido de carbono del suelo, nitrógeno total del suelo y el crecimiento de la vegetación en pastizales áridos y semiáridos. De hecho, la FAO (2019) incluye este factor en su fórmula para estimar el almacén de carbono del suelo en pastizales por medio del análisis de suelo. Sin embargo, otro estudio indica que la grava del suelo sí aporta materia orgánica al suelo (Kirby *et al.*, 2022) y debe ser tomada en cuenta para las estimaciones totales de carbono del suelo. Un modelo reciente para estimar el

almacén de carbono del suelo en suelos agrícolas propone la inclusión de la grava del suelo para mejorar dichas estimaciones, lo cual contribuye al desarrollo de estrategias de mitigación del cambio climático (Fan *et al.*, 2025).

CONCLUSIONES

El modelo *CarbonPast* calibrado estimó de manera confiable el almacén de carbono orgánico del suelo en el pastizal de zacate africano. La grava del suelo es un factor importante dentro de las estimaciones del carbono del suelo en pastizales con contenidos de grava similares al sitio de estudio.

LITERATURA CITADA

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010. Chihuahua, Chihuahua. https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825292959. Consultado el 3 de Julio de 2023.

Jurado-Guerra, P.; R. Saucedo-Terán; C. Morales-Nieto; M. Juárez-Morales; G. Sosa-Pérez; A. Álvarez-Holguín. 2021. Soil carbon stocks of semi-arid grasslands in northern Mexico. The Rangeland Journal 43:247-255.

Karger, D. N.; O. Conrad; J. Bohner; T. Kawohl; H. Kreft. 2017. Climatologies at high resolution for the Earth land surface areas. Scientific Data 4, 170122. doi:10.1038/sdata.2017.122.

Qin, Y., Shuhua, Y.; J. Chen; Sh. Ren; Y. Ding. 2014. Effects of gravel soil and vegetation properties of alpine grassland on the Qinghai-Tibetan plateau. Ecological Engineering. 74: 351–355.

Royo, M.M; A. Melgoza. 2001. Listado florístico del Campo Experimental La Campana y usos de su flora. Técnica Pecuaria en México 39(2): 105-125.

RENDIMIENTO DEL PASTO PANGOLA (*Digitaria eriantha* Steud) BAJO DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

YIELD OF PANGOLA GRASS (*Digitaria Eriantha* Steud) UNDER DIFFERENT SOWING DENSITIES AND NITROGEN FERTILIZATION

Anadelia Antonio-Medina[1], Abigail Castro-González[1*], Aurelio Morales-Rivera[2], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[3], Eusebio Ortega-Jiménez[4], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[5]

[1]Universidad Intercultural del estado de Puebla, División de Ciencias Naturales. Calle Principal a Lipuntahuaca s/n. Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla. C.P. 73475. [2]Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670. [3]Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. [4]Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz C.P. 91700. [5]Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277.
*Autor por correspondencia: abby152012@gmail.com

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca (RMS) del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) en época de nortes. El diseño experimental fue un bloques completamente al azar con arreglo de parcelas divididas. El análisis mostró efectos significativos ($p < 0.001$) para ambos factores y su interacción. El máximo RMS (4123.7 kg ha^{-1}) se alcanzó con 2000 plantas ha^{-1} y 100 kg N ha^{-1}. A 2500 plantas ha^{-1}, el RMS se mantuvo alto sin fertilización. Estos resultados evidencian que ajustar la densidad de siembra puede optimizar el rendimiento y reducir el uso de insumos, contribuyendo a sistemas forrajeros más sostenibles en el trópico.

Palabras clave: Pasto pangola, fertilización nitrogenada, materia seca.

ABSTRACT

The effect of planting density and nitrogen fertilization on dry matter yield (DMY) of Pangola grass (*Digitaria eriantha* Steud) was evaluated during the nortes season. A randomized complete block design with split plots was used. The analysis revealed significant effects ($p < 0.001$) for both factors and their interaction. The highest DMY (4123.7 kg ha^{-1}) was achieved with 2000 plants ha^{-1} and 100 kg N ha^{-1}. At 2500 plants ha^{-1}, DMY remained high even without fertilization. These findings demonstrate that adjusting planting density can optimize forage yield and reduce input requirements, supporting more sustainable forage production systems in tropical regions.

Keywords: Pangola grass, nitrogen fertilization, dry matter.

INTRODUCCIÓN

La estacionalidad forrajera y la baja fertilidad de los suelos son desafíos constantes para la ganadería tropical en México, particularmente en el sur de Veracruz, donde los sistemas de doble propósito enfrentan altos costos de suplementación durante la época seca (Antonio-Medina *et al.*, 2024). El pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud.) es una gramínea forrajera ampliamente utilizada en sistemas tropicales por su adaptabilidad a suelos ácidos y su potencial productivo bajo diferentes condiciones ambientales (Tikam *et al.*, 2013). No obstante, su rendimiento depende de factores como la densidad de siembra, la fertilización nitrogenada y la época del año. La fertilización con nitrógeno promueve un mayor crecimiento vegetal y mejora la calidad nutricional del forraje; sin embargo, un manejo ineficiente puede provocar pérdidas económicas y disminuir la sostenibilidad del sistema (Allende-Montalbán *et al.*, 2021). Además, el comportamiento fisiológico del Pangola varía según las condiciones climáticas de cada estación, modificando la producción de biomasa y su proporción hoja-tallo (Castillo-Gallegos *et al.*, 2023).

Por ello, es necesario analizar la respuesta productiva del pasto Pangola a lo largo del año, considerando los cambios ambientales asociados a las distintas épocas. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de materia seca del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) bajo diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada durante la época de nortes, en el sur de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio experimental

El estudio se desarrolló durante el ciclo 2021-2022 en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz, ubicado en las coordenadas 18°00'6.1" N y 95°24'1.7" O, a 133 metros de altitud. La zona presenta un clima cálido subhúmedo (AW0), según la clasificación de Köppen modificada por García (2004), con temperatura media anual de 24.5 °C y precipitación promedio de 1100 mm. El suelo predominante es un Cambisol dístrico, de textura arena migajosa y con pH fuertemente ácido.

Diseño experimental y manejo del cultivo

El estudio se diseñó bajo bloques completamente al azar con un arreglo de parcelas divididas. La parcela principal correspondió a la densidad de siembra del pasto pangola, con tres niveles: 1500, 2000 y 2500 plantas ha^{-1}. La parcela chica incluyó cinco dosis de fertilización nitrogenada: 0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}. Las mediciones de rendimiento de materia seca (RMS) se realizaron durante la época de nortes. El forraje se recolectó en cada evaluación y se sometió a secado en estufa de aire forzado a 60 °C hasta obtener peso constante. Los resultados se expresaron en kilogramos de materia seca por hectárea.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados mediante modelos lineales generalizados utilizando el procedimiento PROC GLM del software SAS versión 9.1 (SAS Institute, 2003). La comparación de medias se realizó con la opción LSMEANS y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza del rendimiento de materia seca (RMS, kg MS ha^{-1}) del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) en época de nortes, donde se observa el efecto de la densidad de siembra y fertilización ($p < 0.001$) como factores principales y de su interacción densidad × fertilización ($p < 0.001$).

Cuadro 1: Medias y significancias estadísticas del efecto de densidad de siembra (Den), y sus interacciones con dosis de fertilización (Fer) en época de nortes sobre el rendimiento de materia seca (RMS, kg ha^{-1}) del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud.).

Variable	Media	Den	Fer	Den*Fer
RMS	3711.4	***	***	***

RMS= rendimiento de materia seca; ns= no significativo; *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

En el Cuadro 2, se observa que el incremento tanto en la densidad de plantas como en la dosis de fertilización favoreció el RMS.

En la densidad baja (1500 plantas ha^{-1}), el RMS fue significativamente menor sin fertilización (2872.0 kg ha^{-1}). Sin embargo, se observó un incremento progresivo al aplicar nitrógeno, alcanzando los valores máximos con 208 y 300 kg N ha^{-1} (4074.0 y 3958.3 kg ha^{-1}, respectivamente). La diferencia entre ambos niveles no fue significativa ($p > 0.05$), lo que sugiere la existencia de un umbral fisiológico de respuesta en torno a los 208 kg N ha^{-1}, a partir del cual se reduce la eficiencia marginal del nitrógeno. A la densidad intermedia (2000 plantas ha^{-1}), se obtuvo el mayor RMS del estudio (4123.7 kg ha^{-1}) con 100 kg N ha^{-1}. Este rendimiento superó incluso a los obtenidos con dosis mayores de fertilización, indicando una posible eficiencia óptima en la asimilación del nitrógeno a esa densidad. Por el contrario, con 208 y 300 kg N ha^{-1}, el RMS no mostró mejoras y presentó una ligera disminución, posiblemente atribuible a una mayor competencia intraespecífica o a una saturación en la capacidad de aprovechamiento del nitrógeno.

En la densidad alta (2500 plantas ha^{-1}), el RMS se mantuvo elevado y estadísticamente estable ($p > 0.05$) en todos los niveles de fertilización, incluyendo la ausencia de nitrógeno (3948.1 kg ha^{-1}).

Cuadro 2. Efecto de la densidad de siembra y fertilización en época de nortes sobre el rendimiento de seca (RMS, kg ha^{-1}) del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud).

Densidad (plantas, ha^{-1})	Fertilización					EE
	0	50	100	208	300	
1500	2872.0d	3057.9c	3390.0a	4074.0a	3958.3a	168.8
2000	3584.4a	3131.0b	4123.7a	3868.0a	3676.9a	
2500	3948.1a	3898.0a	4006.0a	4037.1a	4045.2a	

Letras distintas indican diferencias significativas, EE=Error estándar

El máximo rendimiento se registró con 300 kg N ha^{-1} (4045.2 kg ha^{-1}), sin diferencias significativas respecto a las demás dosis. Esto sugiere que, bajo condiciones de alta densidad, el pasto Pangola maximiza la captación de luz y nutrientes del suelo, reduciendo la dependencia de insumos externos como los fertilizantes nitrogenados para sostener buen rendimiento de biomasa.

En época de nortes, una densidad adecuada parece compensar restricciones ambientales, permitiendo alcanzar altos rendimientos con menor dependencia de fertilizantes, lo cual representa una alternativa agronómica más sostenible.

CONCLUSIONES

El rendimiento de materia seca del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) en época de nortes depende significativamente de la interacción entre densidad de siembra y fertilización nitrogenada. Una densidad de 2000 plantas ha^{-1} con 100 kg N ha^{-1} optimiza rendimiento y eficiencia fertilizante. A 2500 plantas ha^{-1}, el rendimiento se mantiene alto y estable sin fertilización, evidenciando mejor uso de recursos y menor dependencia de insumos externos. Ajustar la densidad de siembra es una estrategia para maximizar la productividad y reducir impactos ambientales, recomendando altas densidades sin fertilización como estrategia sostenible en la ganadería tropical.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

Allende-Montalbán, R., Martín-Lammerding, D., Delgado, M. de M., Porcel, M. A., & Gabriel, J. L. (2021). Urease inhibitors effects on nitrogen use efficiency in a maize–wheat rotation with or without water deficit. Agriculture, 11(684), 1–17. https://doi.org/10.3390/agriculture11070684

Antonio-Medina, A. *et al.* (2024). Pasto Pangola, un cultivo alternativo en el sur de Veracruz y su impacto económico en la ganadería. Agro-Divulgación, 4(5), 75-78. https://doi.org/10.54767/ad.v4i5.377

Castillo-Gallegos, E., Jarillo-Rodríguez, J., Alonso-Díaz, M. Á., Ocaña-Zavaleta, E., & Valles de la Mora, B. (2023). Growth curve of a tropical mixed-grass pasture in a hot and humid climate. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 26(55), 1–10. http://doi.org/10.56369/tsaes.4272

Tikam, K. *et al*. (2013). Pangola grass as forage for ruminant animals: A review. SpringerPlus, 2:604. https://doi.org/10.1186/2193-1801-2-604

SAS Statistical Analysis System (2003). SAS Release 9.1 for Windows, SAS Institute INC. Cary, NC, USA.

POTENCIAL GERMINATIVO EN PASTOS FORRAJEROS MEDIANTE TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN DE LATENCIA

GERMINATION POTENTIAL IN FORAGE GRASSES BY DORMANCY ELIMINATION TECHNIQUES

Yesly Lizbeth Cazares-Villanueva[1*], Lidia Rosaura Salas-Cruz[1], Carlos Alberto Hernández-Martínez[1], Maginot Ngangyo-Heya[1], Juan Emmanuel Segura-Carmona[1] y Jesús Andrés Pedroza-Flores[1]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex-Hacienda el Canadá, General Escobedo, Nuevo León, México. C.P. 66050. Email: yesly.cazaresvnv@uanl.edu.mx

RESUMEN

Los pastos forrajeros son esenciales para la ganadería extensiva en México, pero su establecimiento se ve limitado por la latencia en las semillas. El propósito de esta investigación fue evaluar la velocidad y el porcentaje de germinación mediante técnicas de eliminación de latencia en especies forrajeras del noreste de México. Se aplicaron los pretratamientos: Ácido sulfúrico 50%/4 minutos en semillas sin cariópside (T1), Ácido giberélico 400 ppm/4 minutos en semillas sin cariópside (T2), semillas sin cariópside sin pretratamiento (T3), y semillas con cariópside sin pretratamiento (T4). Las especies evaluadas fueron *Cenchrus ciliaris*, *Bouteloua curtipendula* y *Pappophorum bicolor*. El tratamiento T1 mostró los mejores resultados en ambas variables para las tres especies, lo que sugiere su eficacia para romper la latencia y favorecer el establecimiento de los pastos.

Palabras clave: germinación, latencia, pastos.

ABSTRACT

Forage grasses are essential for extensive livestock production in Mexico, but their establishment is limited by seed dormancy. The purpose of this research was to evaluate the speed and percentage of germination by dormancy elimination techniques in forage species from northeastern Mexico. The following pretreatments were applied: sulfuric acid 50%/4 minutes on seeds without caryopsis (T1), gibberellic acid 400 ppm/4 minutes on seeds without caryopsis (T2), seeds without caryopsis without pretreatment (T3), and seeds with caryopsis without pretreatment (T4). The species evaluated were *Cenchrus ciliaris, Bouteloua curtipendula* and *Pappophorum bicolor*. The T1 treatment showed the best results in both variables for the three species, suggesting its efficacy in breaking dormancy and favoring grass establishment.

Keywords: germination, dormancy, grasses

INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio de germinación de pastos forrajeros, permite seleccionar especies con alto potencial productivo y adaptabilidad a distintas condiciones ambientales, mejorando la eficiencia en la producción ganadera: Entre los pastos que se pueden encontrar en la zona noreste del estado de Nuevo León, se encuentra: El pasto Buffel *(Cenchrus ciliaris)* es una gramínea perenne forrajera introducida en México desde los años 50s, es nativa de las zonas tropicales y subtropicales de África, India e Indonesia. Se dice que esta especie se encuentra establecida en los principales estados de Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Sinaloa, Coahuila y Yucatán en México (López *et al.,* 2017). El pasto Banderita *(Bouteloua curtipendula)* es una gramínea perenne forrajera nativa de América, se encuentra distribuida desde Canadá hasta Argentina, es característica de zonas áridas y semiáridas, se desarrolla bien en suelos francos y francos arenosos, además existe una amplia variedad de ecotipos de banderita siendo preferidos por el ganado. Se encuentra distribuida en el norte y centro de México, en los estados de Durango, Chihuahua, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí (Beltrán *et al.,* 2013). El pasto Barbón bicolor *(Pappophorum bicolor)* es una gramínea perenne nativa de México, se adapta a zonas de precipitaciones erráticas (Gutiérrez *et al.,* 2022).

Uno de los aspectos a estudiar en las gramíneas es la latencia en las semillas, debido a que representa una barrera importante para la germinación rápida y uniforme, ya sea una semilla viable o no en su germinación, aunque cuente con las condiciones oprimas de humedad, temperatura y luz. La latencia limita el tiempo de adaptación de gramíneas forrajeras para uso de alimentación del ganado, teniendo altas demandas de alimento y cobertura vegetal (Sánchez *et al.,* 2013). También, otras de las causas principales que ocasionan la latencia en las semillas influye en la presencia de embriones inmaduros, así también la impermeabilidad de la cubierta de la semilla al agua y gases, la presencia de inhibidores y las restricciones mecánicas del embrión para el crecimiento y el desarrollo de la radícula de la semilla. Sin embargo, la latencia que presenta la semilla se elimina de manera natural, durante su almacenamiento entre los tres a ochos meses, esto dependiendo de las condiciones climáticas del lugar donde sean almacenadas (Flores *et al.*, 2016). Por tanto, el objetivo de este trabajo es evaluar el potencial germinativo en tres especies de pastos forrajeros del noreste de México bajo tratamientos para eliminación de latencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Ciencias Naturales de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, utilizando semillas de las especies: *Cenchrus ciliaris* (Buffel), *Bouteloua curtipendula* (Banderita) *y Pappophorum bicolor* (Barbón bicolor). Las semillas de Buffel y Barbón bicolor fueron colectadas en el campus Marín de la Facultad de Agronomía, el 12 de junio de 2025, mientras que para las de Banderita se utilizó semilla con seis años de almacenamiento, debido a que aún no se contaba con semilla nueva al momento de la colecta. Se seleccionaron las semillas y se extrajo la cariópside (excepto en

banderita). Todas las semillas fueron desinfectadas con Cloralex al 5% durante 3 minutos, enjuagadas con agua bidestilada y posteriormente se aplicó el tratamiento. Se aplicaron cuatro tratamientos con cinco repeticiones por especie: T1) Ácido sulfúrico al 50% por 4 minutos y posterior lavado con agua bidestilada, T2) Ácido giberélico 400 ppm por 4 minutos y posterior lavado con agua bidestilada, T3) agua bidestilada y T4) semilla con cariópside + agua. Luego se colocaron en cajas Petri con papel filtro y 3 ml de agua bidestilada (3 ml iniciales y 1 ml adicional para mantener humedad). Las cajas fueron identificadas y llevadas a incubación a 25 °C por 20 días. Se monitoreó diariamente la germinación (considerando emergencia de ≥2 mm de radícula), aplicando riegos de de mantenimiento y retirando semillas contaminadas. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de germinación (PG) se calculó con la fórmula: **PG = (nsg / nss) × 100**, donde *nsg* es el número de semillas germinadas y *nss* el número de semillas sembradas. El índice de velocidad de germinación (Vge) se determinó según Maguire (1962): **Vge = ∑ (ni / t)**, donde *ni* es el número de semillas germinadas por día y *t* el día correspondiente de germinación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La velocidad de germinación acumulada de las semillas obtenidas a partir de los distintos tratamientos de eliminación de latencia mostró diferencias significativas ($p < 0.05$). En *Cenchrus ciliaris*, el tratamiento T2 presentó la mayor velocidad de germinación, con un incremento promedio de uno a dos días, seguido del tratamiento T1 con un aumento promedio de un día. El tratamiento T3 mostró una velocidad menor, con un promedio de 0 días, mientras que el tratamiento T4 no presentó germinación. En *Pappophorum bicolor*, el tratamiento T4 registró la mayor velocidad de germinación, con un promedio de uno a dos días, seguido del tratamiento T1 con un promedio de un día. Los tratamientos T2 y T3 mostraron velocidades similares, cercanas a cero días. Para *Bouteloua curtipendula*, el tratamiento T1 presentó la mayor velocidad de germinación, con un promedio de cinco a seis días, seguido del tratamiento T3 con cuatro a cinco días. Los tratamientos T2 y T4 mostraron resultados similares, con velocidades promedio de dos a tres días.

En cuanto al porcentaje de germinación, *Cenchrus ciliaris* alcanzó el mayor valor con un 20 % en el tratamiento T2 al día 5, seguido por T1 con un 10 % al día 8 y T3 con un 10 % al día 10. El tratamiento T4 no presentó germinación (0 %). *Pappophorum bicolor* mostró un 13 % de germinación en el tratamiento T4 al día 12, seguido por T1 con 9 % al día 19, y T3 con 3 % al día 17. Finalmente, T2 alcanzó un 3 % al día 19. En *Bouteloua curtipendula*, el mayor porcentaje de germinación fue de 24 % en el tratamiento T1 al día 13, seguido también por T3 con 24 % al día 14, T4 con 11 % al día 12, y T2 con 11 % al día 13.

Resultados similares fueron reportados por otros investigadores, quienes han evaluado métodos de escarificación y germinación en *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente muestran mayor valor de germinación (58%) en tratamiento de inmersión de cariópside en ácido giberelico a concentración de 400 ppm durante 5 min.

(Hernández *et al.*, 2016). Además, otros autores también aun evaluado la escarificación y latencia en semillas *Cenchrus ciliaris* L. y *Brachiaria brizantha* cv. Marandu con ácido sulfúrico diluido al 50% durante 4 min mostraron el mayor porcentaje (34%) y una velocidad de germinación (2.71 plantas por día) (Martínez *et al.*, 2013)

CONCLUSIÓN

El tratamiento T1 (Ácido sulfúrico al 50%) fue el más efectivo al aumentar la velocidad y porcentaje de germinación en las tres especies, destacando en *Bouteloua curtipendula*. Aunque el T2 (Ácido giberélico 400 ppm) mostró mejores resultados en *Cenchrus ciliaris*, el T1 (Ácido sulfúrico al 50%) presentó el mejor desempeño general, por lo que se recomienda como estrategia eficaz para superar la latencia en semillas de pastos forrajeros.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al personal académico y administrativo de la Facultad de Agronomía y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo de manutención otorgada mediante la beca No. 2047365.

LITERATURA CITADA

Beltrán López, S., Alberto, C., Díaz, G., Antonio Hernández Alatorre, J., Osti, C., Morales, J., Antonio González Eguiarte, L., & Gámez Vázquez, G. (2013). *sergio beltran lopez*. https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v4n2/v4n2a7.pdf

Flores, H., Raymundo, Torres, J., Garay, H., Hernández Guzmán, Filogonio Jesús, Flores, H., Raymundo, Torres, J., Garay, H., & Hernández Guzmán, Filogonio Jesús. (2016). Métodos de escarificación y germinación en Brachiaria brizantha cv. Insurgente. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *7*(1), 173–184. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000100173

Gutiérrez-Gutiérrez, O. G., Rivero-Hernández, O., Vega-Mares, J. H., & Melgoza-Castillo, A. (2022). Patrones de germinación en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense. *Botanical Sciences*, *100*(4), 989–999. https://doi.org/10.17129/botsci.3007

López, S. B., Alberto, C., Osti, C. L., Morales, J. U., Hernández, A., & Gámez, G. (2017). “Titán” y “Regio”, variedades de pasto Buffel (Pennisetum ciliare) (L.) Link para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *8*(3), 291–295. https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4159

Martínez Sánchez, Jesús, Aparicio, V., Raymundo, Cruz, & Antonio, M. (2025). Estrategias de escarificación para eliminar la latencia en semillas de Cenchrus ciliaris L. y Brachiaria brizantha cv. Marandu. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *4*(SPE6), 1263–1272. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013001000017

GERMINACIÓN Y RESPUESTA DE PLANTULAS DE GUAJILLO (*Senegalia berlandieri*) A LA APLICACIÓN DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

GERMINATION AND RESPONSE OF GUAJILLO SEEDLINGS (*Senegalia berlandieri*) TO THE APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZER

Mersedes Espino-Moreno[1], María Esther Ríos-Vega[1], Amaury Esquivel-Romo, Apolinar González-Mancilla[1], Ignacio Orona-Castillo[1], Ulises Noel Gutiérrez-Guzmán[1]*

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera Gómez Palacio- Tlahualilo km 35. Ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango, CP 35111. *Autor por correspondencia: ulises.gutierrez@ujed.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue la propagación de *Senegalia berlandieri*, a través de semilla cosechada de diferentes poblaciones naturales en el municipio de Mapimí, Durango, así como mejorar el desarrollo vegetativo de plántulas mediante la aplicación de diferentes abonos orgánicos. Para las pruebas de germinación se evaluaron dos factores; factor localidades (San Miguel. Espíritu santo y Santa Librada) y factor tamaño de semilla (grande y chica). El diseño utilizado fue completamente a azar con arreglo factorial 3x2 con 24 repeticiones cada tratamiento. La siembra se realizó en charola de germinación de 200 cavidades y se utilizó suelo arenoso como sustrato. la variable para evaluar fue tasa de germinación. Para determinar el desarrollo vegetativo, se trasplantaron en macetas de 10 x 15 cm y suelo arenoso como sustrato 32 plántulas homogéneas en altura (5 ±2 cm) en macetas, a las cuales se les aplicó fertilización orgánica (supermagro, biofish y lixiviado de lombriz). Se utilizó un diseño completamente al azar con 8 repeticiones por tratamiento más un testigo. En las pruebas de germinación no hubo significancia en la interacción, la mejor localidad fue San Miguel con germinación del 83%, la semilla grande tuvo la mayor germinación 84%. En el desarrollo vegetativo el mejor tratamiento fue el supermagro estadísticamente igual al lixiviado con alturas promedio de 29.55 y 25.3 cm respectivamente. Se concluye que existe variabilidad entre sitios de colecta y tamaño de semilla, y que las plántulas responden a la aplicación de fertilización foliar.

Palabras clave: semillas, abonos orgánicos, supermagro, biofish, lixiviado.

ABSTRACT

The objective of this study was to propagate *Senegalia berlandieri* using seed harvested from different natural populations in the municipality of Mapimí, Durango, and to improve seedling vegetative development through the application of different organic fertilizers. Two factors were evaluated for germination tests: location (San Miguel, Espíritu Santo, and Santa Librada) and seed size (large and small). The design used was completely randomized with a 3x2 factorial arrangement, with 24 replicates for each treatment. Sowing was done in a 200-well germination tray, using sandy soil as the

substrate. The variable evaluated was germination rate. To determine vegetative development, 32 seedlings of uniform height (5 ±2 cm) were transplanted into 10 x 15 cm pots with sandy soil as a substrate, and organic fertilizers (supermeagre, Biofish, and worm leachate) were applied. A completely randomized design was used with 8 replicates per treatment plus a control. In germination tests, no interaction was significant; the best location was San Miguel, with 83% germination; the large seed had the highest germination, 84%. In vegetative development, the best treatment was the supermeagre, statistically equal to the leachate, with average heights of 29.55 and 25.3 cm, respectively. It is concluded that there is variability between collection sites and seed size, and that seedlings respond to foliar fertilizer applications.

Keywords: seeds, organic fertilizers, supermeagro, Biofish, leachate.

INTRODUCCIÓN

En los agostaderos áridos y semiáridos del norte de México, las arbustivas forrajeras constituyen una opción para mejorar el estado nutricional de los animales durante épocas críticas, pues algunas de ellas permanecen verdes y presentan un buen valor nutritivo a lo largo del año (Romero-Paredes y Ramírez, 2008).

En los últimos años, la vegetación de esta zona ha presentado notables cambios en la estructura, composición y una degradación lenta e irreversible, tal vez como resultado de diversas actividades humanas, como la tala selectiva de determinadas especies o sobre pastoreo por ganado y el cambio climático (Foroughbakhch *et al.*, 2019).

Con base en sus estudios Kronberg (2015), comentaron que existe incertidumbre, si algunas de las especies forrajeras seguirán siendo una fuente disponible de alimento para el ganado. Lo antes mencionado, hace considerar que se debe implementar métodos de propagación de especies nativas que están viéndose amenazadas por la disminución tan drástica de sus poblaciones.

Por lo tanto, se requieren alternativas alimentarias como la silvopastoril para enfrentar la época seca, siendo adecuada la asociación de arbustos con pastos para la producción animal, amigable con los recursos naturales y la biodiversidad (Aguirre, 2018).

La capacidad de adaptación del guajillo (*Senegalia berlandieri*) en suelos pobres y áreas de baja precipitación, hacen una opción factible para contribuir a solventar la baja disponibilidad y calidad del forraje, además, de reducir pérdidas de ganado durante periodo de sequía. Contar con plantas de esta especie ya sea formando parte de la vegetación del agostadero o conformando plantaciones de alta densidad (bancos), mejoraría la nutrición del ganado (INIFAP, 2007).

Por lo anterior el objetivo de este estudio fue la propagación de *S. berlandieri*, a través de semilla cosechada de diferentes poblaciones naturales en el municipio de Mapimí, Durango, así como mejorar el desarrollo vegetativo de plántulas mediante la aplicación de diferentes abonos orgánicos como una opción para resiembra de agostaderos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango. Se ubica geográfica a los 25° 46' 56" N, 103° 21' 02" W y una altitud de 1,110 msnm. El experimento se desarrolló en los meses de abril a septiembre de 2024 el cual consto de dos fases:

Prueba de germinación: en esta se consideraron dos factores, "A" con tres localidades de cosecha de semilla: en los ejidos San Miguel. Espíritu santo y Santa Librada pertenecientes al municipio de Mapimí, Durango. El factor "B" tamaño de semilla chica y grande. La segunda fase fue de desarrollo vegetativo en macetas con la aplicación de deferentes fertilizantes orgánicos.

En el mes de junio del año 2023, se procedió a recolectar semilla de poblaciones nativas en los ejidos mencionados, Las muestras se fueron conservadas al ambiente en el laboratorio de recursos naturales de la FAZ-UJED.

Al iniciar las pruebas de germinación, las semillas de cada localidad fueron clasificadas en dos tamaños: chica (menor o igual a 0.4 mm) y grande (mayor o igual a 0.5 mm). La prueba se realizó en charolas de 200 cavidades, se utilizó suelo arenoso como sustrato, la profundidad de siembra fue de 0.5 cm, el número de semillas utilizadas por tratamiento fue de 24. Una vez realizada la siembra, se dio un riego de establecimiento y se cubrieron las charolas con plástico negro por 72 horas esto con la finalidad de acelerar el proceso de germinación y mantener la humedad. Una vez transcurrido el tiempo se retiró la cubierta y se le aplicaron riegos ligeros cada 24 horas. La variable evaluada fue tasa de germinación, para determinar esta variable se realizaron tres conteos a los 7, 14 y 21 días después de la siembra, se consideró cada plántula que emergió del suelo en las fechas de conteo. Para este experimento se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2, la comparación de medias se realizó mediante prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Desarrollo en macetas: esta prueba se realizó con el trasplante en macetas de 32 plántulas del experimento de germinación, el criterio de selección fue plantas homogéneas, se crearon dos grupos homogéneos de altura de planta: (5 ±2 cm), además se aplicaron tres tratamientos de fertilización orgánica vía foliar (SuperMagro, Biofish, lixiviado de lombriz), además se consideró un grupo control. Cada tratamiento conto con ocho repeticiones. La variable de respuesta fue altura de planta (cm), se midieron las plántulas al momento del establecimiento y a los 35 días después del trasplante. El diseño estadístico fue de bloques al azar, la comparación de medias por tratamiento se realizó mediante prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Tanto el análisis de varianza y la comparación de medias de ambos experimentos se realizaron con el programa de cómputo Minitab 18.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Prueba de germinación. Se realizó en análisis de varianza para diseño factorial, la interacción entre los dos factores de estudio Localidad*Tamaño de semilla resulto no significativa ($p=0.962$), se procedió a analizar los efectos principales y ambos resultaron significativos, Localidad ($p= 0.007$) y Tamaño de semilla ($p= 0.000$). Las

mejores localidades fueron San Miguel y Espíritu Santo, mientras que por tamaño la semilla grande presentó mayor tasa de germinación (Figura 1).

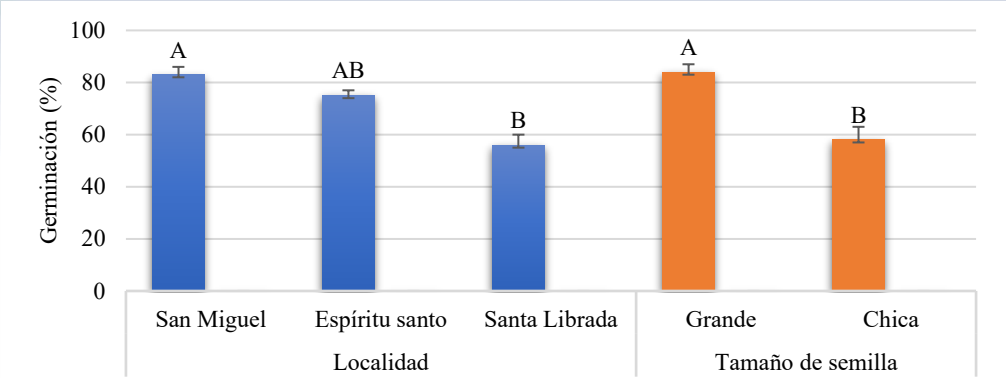


Figura 1. Porcentaje de emergencia de semillas de *Senegalia berlandieri* obtenida de diferentes localidades y clasificada por tamaño.
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, Tukey (p= 0.05).

Pérez-Domínguez *et al.* (2013), realizaron un estudio sobre germinación de especies del matorral espinoso tamaulipeco en un gradiente de altitud donde se incluyó *Senegalia berlandieri,* ésta mostró porcentajes de germinación muy variados desde 10 a 100%, mencionando que las procedencias difieren en el porcentaje de germinación, lo cual coincide con estudios previos para otras especies. Bischoff *et al.* (2006) mencionan que, en la mayoría de las plantas, la capacidad de germinación puede variar entre poblaciones e individuos, en respuesta al origen genético, y a cambios fenotípicos causados por las condiciones ambientales locales de cada procedencia.

Desarrollo en macetas. Se realizó la aplicación de los deferentes abonos orgánicos y se midió la altura de planta durante cinco semanas consecutivas al trasplante. Al realizar el análisis de varianza correspondiente se encontró diferencia estadística significativa (p= 0.000), los tres tratamientos fueron superiores al tratamiento testigo, esto indica que las plántulas de guajillo responden bien a fuentes externas de fertilización. El Supermagro resultó con la mejor ganancia de altura (Figura 2).

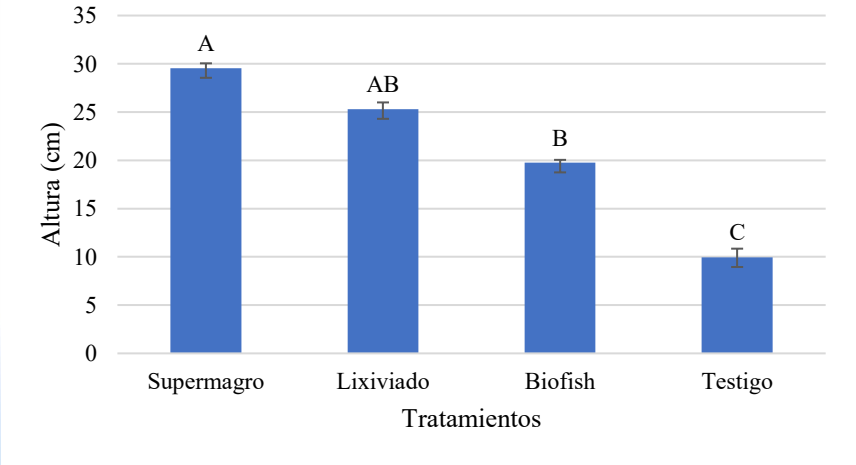


Figura 2. Altura promedio de plántulas de *Senegalia berlandieri* a 35 días después del trasplante y la aplicación de diferentes fertilizantes orgánicos.
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, Tukey (p= 0.05).

En la actualidad, la aplicación de fertilizantes orgánicos en el desarrollo de plantas en vivero es recomendables, debido a los efectos adversos que tienen los fertilizantes de síntesis química en el ambiente. En este sentido, el INIFAP (2021) recomienda el uso de fertilizante como el supermagro el cual incrementa el vigor de la planta y fortalece el desarrollo vegetativo de la misma. Propicia la elongación celular vegetal, lo cual incrementa la producción de materia verde (hoja, tallo y fruto); esto significa la ampliación de la filósfera (superficie de hoja) y la captación de luz, y genera un impacto indirecto ampliando la rizosfera (área de raíz). Dado que su aplicación es foliar, actúa casi instantáneamente pues penetra con facilidad en la hoja.

CONCLUSIONES

Existe variabilidad entre sitios de colecta debido a variabilidad de condiciones edafoclimáticas de los sitios de colecta considerados. En cuanto al tamaño de semilla, como era de esperarse la semilla grande mostro los mejores porcentajes de germinación. Con relación a la aplicación de fertilización orgánica, las plántulas responden a la aplicación de manera positiva.

LITERATURA CITADA

Aguirre, J. 2018. Características nutricionales de algunas leñosas forrajeras. Abanico Veterinario. 3(3):42-51. https://www.medigraphic.com/pdfs/abanico/av-2013/av133f.pdf

Foroughbakhch Pournavab, R., Bacópulos Mejía, E., Benavides Mendoza, A., Salas Cruz, LR, y Ngangyo Heya, M. (2019). Efecto de la radiación ultravioleta en la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de especies comunes del noreste de México. *Agronomía,* (6), 269. https://doi.org/10.3390/agronomy9060269

INIFAP, 2007. Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro Regional del Noreste. Establecimiento de Guajillo y pastos en la región norte de Coahuila. Campo experimental Saltillo.

INIFAP. (2021). Manuales prácticos para la elaboración de bioinsumos 3. Supermagro. Estrategia de Acompañamiento Técnico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/737330/3_Supermagro.pdf

Kronberg, S. L. 2015. Improving cattle nutrition on the Great Plains with shrubs and fecal seeding of fourwing saltbush. Rangeland Ecology and Management 68: 285-289

Pérez-Domínguez, R., E. Jurado, M. González-Tagle, J. Flores, O. Aguirre-Calderón y M. Pando-Moreno. (2013). Germinación de especies del matorral espinoso tamaulipeco en un gradiente de altitud. https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/428/709.

Romero-Paredes R., Ramírez R. 2003. Atriplex canescens (Pursh Nutt) como fuente de alimento para las zonas áridas Ciencia UAL, vi (1). 85-92.

ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DE LA VEGETACIÓN (VCI) EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA, MÉXICO

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE VEGETATION CONDITION INDEX (VCI) IN GRASSLANDS OF CHIHUAHUA, MEXICO

Karen Meraz-Molina[1], Federico Villarreal-Guerrero[1], Alfredo Pinedo-Alvarez[1], Raúl Corrales-Lerma[1], Alan Álvarez-Holguín[1], Nathalie S. Hernández-Quiroz[1], Jesús A. Prieto-Amparán[1]*

[1]UACH-Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada Km. 1 Chihuahua, Chih, México. CP 31453.

*Autor de correspondencia: jamparan@uach.mx

RESUMEN

Se analizó la condición de los pastizales naturales del estado de Chihuahua durante la temporada de lluvias (julio a septiembre) de 2020 a 2024, utilizando datos del satélite MODIS Terra. A partir del NDVI, procesado en Google Earth Engine, se estimó el Índice de Condición de la Vegetación (VCI), un indicador sensible al estrés ecológico. Los mapas anuales revelaron variaciones interanuales en el vigor de la vegetación, con mejores condiciones en 2021 y 2022, y alta incidencia de sequía en 2023. La cartografía temática y los análisis gráficos permitieron identificar zonas críticas y patrones espaciales. Se concluye que el VCI es una herramienta que ayuda en el monitoreo ecológico, con potencial para apoyar estrategias de conservación y gestión sustentable de ecosistemas semiáridos.

Palabras clave: GEE, MODIS, percepción remota, índices de vegetación, NDVI

ABSTRACT

The condition of natural grasslands in the state of Chihuahua was analyzed during the rainy season (July to September) from 2020 to 2024 using MODIS Terra satellite data. Based on the NDVI, processed in Google Earth Engine, the Vegetation Condition Index (VCI) a sensitive indicator of ecological stress, was estimated. Annual maps revealed interannual variations in vegetation vigor, with better conditions observed in 2021 and 2022, and a high incidence of drought in 2023. Thematic cartography and graphical analyses enabled the identification of critical zones and spatial patterns. It is concluded that the VCI is a valuable tool for ecological monitoring, with potential to support conservation strategies and sustainable management of semi-arid ecosystems.

Keywords: GEE, MODIS, remote sensing, vegetation indices, NDVI

INTRODUCCIÓN

Los pastizales constituyen uno de los tipos de vegetación más extensos e importantes del planeta, aportando servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la provisión de forraje para el ganado. Sin embargo, enfrentan un proceso de degradación a nivel global, se estima que la superficie mundial de pastizales abarca aproximadamente 3.2 mil millones de hectáreas, de las cuales cerca del 49% presenta algún grado de degradación (Zhang *et al.*, 2024). Los pastizales áridos y semiáridos del norte de México, en particular los del estado de Chihuahua (que forman parte del Desierto Chihuahuense), experimentan procesos de fragmentación y degradación debido a la presión humana continua. Estudios recientes señalan que el cambio de uso de suelo es uno de los factores detonantes principales: la transformación de zonas de pastizal natural en campos de cultivo ha exacerbado el deterioro de la cubierta vegetal, a través de la sobreexplotación del agua superficial y subterránea, prácticas agrícolas inadecuadas y otros impactos asociados (Plantlife *et al.*, 2020). Frente a este panorama, es la importancia contar con herramientas de monitoreo y evaluación ambiental que permitan diagnosticar la condición de los pastizales de manera objetiva, espacialmente explícita y a diversas escalas temporales. Tradicionalmente, la evaluación de la salud del pastizal se apoya en muestreos de campo (por ejemplo, estimando la cobertura vegetal, la biomasa o la composición florística). Si bien estos métodos *in situ* proporcionan información detallada, suelen ser costosos en extensas áreas y pueden pasar por alto patrones de cambio a gran escala. En este sentido, la información derivada de percepción remota continúa jugando un papel protagónico en las últimas décadas para el seguimiento de la vegetación en ecosistemas extensos (Zhang *et al.*, 2024). En particular, los índices de vegetación derivados de satélite, como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés), han demostrado ser buenos indicadores de la cantidad y vigor de la vegetación verde. No obstante, el NDVI por sí mismo presenta limitaciones importantes cuando se aplica a la detección de degradación o estrés en regiones heterogéneas, dificultando las comparaciones directas entre diferentes zonas o temporadas. Para superar estas limitaciones, Liang *et al.* (2021), propusieron el Índice de Condición de la Vegetación (VCI, por sus siglas en inglés, Vegetation Condition Index) como una forma normalizada de evaluar el estado de la vegetación a partir del NDVI histórico. Numerosos estudios a nivel internacional han demostrado la utilidad del VCI para monitorear el estado de la vegetación en ecosistemas áridos y semiáridos, muy similares a los pastizales Chihuahuenses. Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue analizar de forma multitemporal la condición de los pastizales del estado de Chihuahua, México, a partir del Índice de Condición de la Vegetación (VCI) derivado de imágenes satelitales de MODIS Terra para el periodo 2020-2024, buscando identificar patrones espaciales y diferencias en los pastizales naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio contempla los pastizales naturales del estado de Chihuahua, en el norte de México, durante el periodo 2020-2024. Se emplearán imágenes multiespectrales de MODIS Terra, específicamente los productos MOD13Q1, que ofrecen composiciones quincenales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) con una resolución espacial de 250 metros (Gorelick *et al.*, 2017). En este caso, se seleccionaron imágenes correspondientes a la temporada de lluvias de cada año (julio a septiembre), periodo en el que los pastizales suelen alcanzar su máxima productividad. Las imágenes fueron obtenidas y procesadas mediante Google Earth Engine (GEE), una plataforma de computación geoespacial en la nube que permite acceder a petabytes de datos satelitales y procesarlos de forma paralela utilizando la infraestructura de Google (Tamiminia *et al.*, 2020).

El procesamiento de las imágenes en GEE incluirá los siguientes pasos principales: 1) Cálculo de NDVI: Se calculará el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) para cada imagen del producto MOD13Q1 de MODIS Terra. Este producto proporciona valores preprocesados de NDVI generados con base en las bandas roja (RED, ~645 nm) e infrarrojo cercano (NIR, ~858 nm), siguiendo la expresión estándar NDVI = (NIR − RED) / (NIR + RED). Los valores obtenidos, que oscilan entre −1 y 1, representan la densidad y vigor de la vegetación verde por píxel, con una resolución espacial de 250 metros, 2) Composición temporal: Para reducir la influencia de observaciones atípicas y la variabilidad debida a diferencias en fechas de toma, se generarán composiciones mensuales de NDVI durante la temporada de lluvias. Es decir, para cada mes (junio, julio, agosto, septiembre) de cada año se calculó un valor compuesto (p. ej., mediana o promedio) de NDVI por píxel, a partir de todas las imágenes disponibles de ese mes tras enmascarar nubes. Esto produjo una serie de cuatro valores mensuales de NDVI por año para cada píxel, representando la dinámica intra-estacional de la vegetación en la época de lluvias, 3) Cálculo del VCI: A partir de la serie temporal multianual de NDVI por píxel, se calculará el Índice de Condición de la Vegetación (VCI, por sus siglas en inglés). El VCI se define como la normalización del NDVI de un periodo específico con respecto a los valores extremos histórico-locales de ese mismo periodo. El VCI resultante se expresa en porcentaje, indicando 0% una condición de vegetación extremadamente desfavorable (sequía severa) y 100% una condición óptima de vigor vegetal.

El análisis se enfocó en los polígonos de pastizales naturales para caracterizar la respuesta espectral de comunidades vegetales no modificadas por la agricultura o actividades de revegetación. El diseño del estudio fue multitemporal y espacialmente explícito, considerando cada píxel de 250 m como unidad analítica. Las variables evaluadas incluyeron el VCI (variable respuesta principal), el NDVI, el año de observación y su distribución dentro de las unidades de cobertura de pastizal natural.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis multitemporal del VCI, derivado del NDVI de MODIS Terra para el periodo 2020-2024 durante la temporada de lluvias (julio a septiembre), identifico variaciones interanuales en la condición de la vegetación de pastizales naturales en el estado de Chihuahua, México. Los mapas generados evidencian una heterogeneidad espacial en la salud de la vegetación, reflejo de la variabilidad climática, las condiciones ecológicas y de manejo en los pastizales. En los años 2021 (Figura 1b) y 2022 (Figura 1c) se observaron las mejores condiciones vegetativas, con más del 90% del área bajo categorías de “condición húmeda” o “sin sequía”. En contraste, los años 2020, 2023 y 2024 (Figura 1a, 1c y 1d) presentaron altos porcentajes de áreas con “sequía extrema” y “sequía severa”, alcanzando hasta un 65% de la superficie analizada en 2023 con VCI por debajo del umbral de estrés crítico. El uso de clasificaciones por severidad, basadas en umbrales de VCI, permitió sintetizar gráficamente la distribución de la condición vegetal por año. Estas Figuras muestran una marcada alternancia entre años húmedos y secos, característica de los ecosistemas semiáridos y su alta sensibilidad a fenómenos como El Niño-Oscilación del Sur (ENSO) o patrones de oscilación decadal.

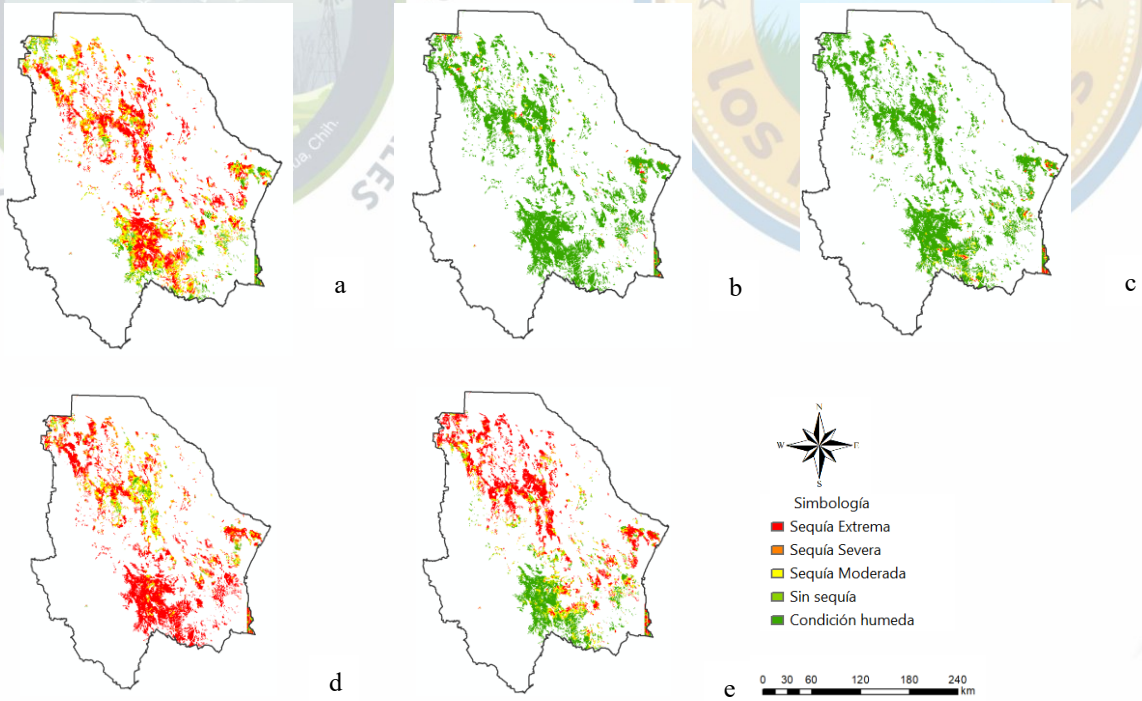


Figura 1. Distribución espacio-temporal del Índice de Condición de la Vegetación (VCI). a) 2020, b) 2021, c) 2022, d) 2023, e) 2024.

CONCLUSIONES

El presente estudio exploró la utilidad del Índice de Condición de la Vegetación (VCI), derivado de datos MODIS Terra, como herramienta para caracterizar la condición ecológica de los pastizales naturales del estado de Chihuahua, la metodología implementada, basada en procesamiento en Google Earth Engine y análisis posterior en SIG, permitió generar cartografía temática y representaciones gráficas que revelan variaciones espaciotemporales en el vigor de la vegetación.

Si bien los resultados continúan en desarrollo, los productos preliminares evidencian que el VCI es un indicador sensible para detectar cambios en la salud de la cobertura vegetal, así como para identificar posibles zonas bajo estrés ecológico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo brindado mediante la beca otorgada para realizar el programa de doctorado del primer autor de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. Remote Sensing of Environment, 202, 18–27.

Liang, L., Qiu, S., Yan, J., Shi, Y., & Geng, D. (2021). VCI-based analysis on spatiotemporal variations of spring drought in China. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(15), 7967.

Plantlife, Equilibrium Research, & WWF Germany. (2020). Report on the status of grasslands in the world. Equilibrium Research. https://static1.squarespace.com/static/5e600ddcde3d9a12661c36a7/t/5eed82cc0a6da31edaa942e2/1592623834232/Report_on_the_Status_of_Grasslands_in_th.pdf

Tamiminia, H., Salehi, B., Mahdianpari, M., Quackenbush, L., Adeli, S., & Brisco, B. (2020). Google Earth Engine for geo-big data applications: A meta-analysis and systematic review. ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing, 164, 152-170.

Zhang, H., Liao, Z., Yao, J., Wang, T., Xu, J., Yan, B., & Liu, J. (2024). Response of Reduced Grassland Degradation Index to Climate Change in China. Agronomy, 14(7), 1554.

ETAPAS FENOLÓGICAS DE SEMILLA DE *Bouteloua curtipendula* (MICHX.) TORR., MEDIANTE CLASIFICACIÓN POR REDES NEURONALES CONVOLUCIONALES

SEED PHENOLOGICAL STAGES OF *Bouteloua curtipendula* (MICHX.) TORR., THROUGH CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

Axel Reggy Pérez Francisco[1], Juan Pablo Ambrosio Ambrsio[2], Nancy Cadena Ramírez[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Juan Manuel González Camacho[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[2]*

[1]Universidad Autónoma Chapingo. Depto. de Mecánica Agrícola, Carr. México–Texcoco Km 38.5 Texcoco, Edo. de México. CP 56227. [2]Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Km. 36.5, Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de Méx. *Correspondencia: queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

Bouteloua curtipendula presenta floración en cohortes múltiples y dehiscencia natural. Identificar marcadores discriminantes de madurez es importante para mejorar el manejo de la semilla. Una red neuronal convolucional (CNN) con transferencia de aprendizaje (VGG19) se implementó para clasificar automáticamente tres etapas fenológicas (C_2, C_3 y C_5) a partir de 1,458 imágenes de espiguillas. Las imágenes fueron segmentadas en regiones de interés (ROI) de 256×256 pixeles, normalizadas y aumentadas (2,000 muestras por clase). VGG19 se aplicó y se fijaron los primeros cuatro bloques de neuronas y, las capas finales del modelo, se entrenaron con optimizador Adam y estrategia de paro (*early stopping*). El modelo alcanzó 88% de precisión y F_1-scores de 0.93, 0.81 y 0.87 para clases objetivo, demostrando viabilidad para el monitoreo fenotípico automatizado, con potencial de eliminación de valores cualitativos.

Palabras clave: calidad de semilla, clasificación automatizada, monitoreo fenológico, aprendizaje profundo.

ABSTRACT

Intertropical grasses (Poaceae) such as *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., show both multiple flowering cohorts and natural dehiscense of maturing seed. Efficient and discriminant phenotypic markers of seed ripening are important to improve seed production´s management. A convolutional neural network (CNN) including learning transference (VGG19) model, implemented to classify, automatically, three phenological stages (C_2, C_3, and C_5) from 1,458 spikelet images. Segmented images were transformed into 256×256 pixels regions of interest (ROIs), normalized, and increases up to 2,000 samples per class. Learning transfer applied by freezing four blocks and fine-tuning the final layers was apply through Adam's optimizer as well early stopping´s strategy. The model achieved 88% overall accuracy and F_1-scores of 0.93,

0.81, and 0.87, demonstrating its feasibility for automated phenotypical monitoring to reduce the use of qualitative discrimination.

Keywords: automated classification; phenological monitoring; deep learning.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales, que incluyen *Bouteloua curtipendula*, son importantes para la productividad forrajera y funcionalidad ecológica del pastizal de zonas áridas. Las etapas fenológicas de las gramíneas se asocian con variaciones en la calidad nutricional del forraje (Morales *et al.*, 2009) y, similarmente, de madurez de la semilla. La floración ocurre de forma asincrónica en diferentes cohortes con diferencias temporales; lo cual, aunado a la caída de semilla madura (dehiscencia natural), dificulta tanto el momento, calidad y cantidad de cosecha. La identificación de estos momentos se realiza comúnmente mediante inspección visual y muestreos de campo; lo cual es costoso en tiempo y sujeto a sesgo humano (experiencia cualitativa). Las redes neuronales convolucionales (CNN) son modelos muy precisos para clasificar imágenes en contextos agrícolas. En particular, VGG19 es una arquitectura CNN con transferencia de aprendizaje que se utiliza en aplicaciones de visión por computadora, para extraer características visuales complejas (Simonyan y Zisserman, 2015). Las CNN aplicadas en el monitoreo fenotípico de cultivos alcanzan precisiones superiores a 90 % en entornos controlados (Liu *et al.*, 2018) y de 92 % para detección de etapas fenológicas de frijol (Wang *et al.*, 2020). Se desarrolló y evaluó el modelo VGG19 para clasificar tres etapas fenotípicas de semilla de *B. curtipendula* a partir de imágenes de ramillas (conteniendo espiguillas) y cosechadas en octubre de 2024. Lo anterior, bajo la hipótesis de que es posible reducir la dependencia de clasificaciones manuales o la dependencia de la habilidad del experto, y proveer una herramienta cuantitativa escalable para el monitoreo agronómico y toma de decisiones en la producción de semilla de calidad en esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para crear la base datos de imágenes, las espiguillas de *B. curtipendula* se dividieron en tres clases con base en sus etapas de madurez (fenotípicas): C_2, temprana, maduración incompleta, con predominio de cúpulas con tonos verde claro a amarillos y algunas tonalidades moradas; C_3, fase intermedia con cúpulas en madurez intermedia con color verde más oscuro con presencia parcial de colores café y amarillo paja; y C_5, maduración adecuada, caracterizada por colores marrón a amarillo oscuro. El agrupamiento se realizó de forma tradicional manual por personal experto (entrenado) en el área de Forrajes del del Colegio de Postgraduados. El conjunto de imágenes consistió en 485 espiguillas para C_2, 509 para C_3 y 509 para C_5; esto es, 1,498 ejemplares con zonas de transición fenológica potencialmente traslapadas. La captura de imágenes se realizó con un sistema portátil de iluminación homogénea: caja de MDF (150 × 100 × 100 mm) pintada de blanco al interior y las imágenes se capturaron con un teléfono Xiaomi Redmi Note 8 (sensor 48 MP, apertura f/1.8, ISO 96, 1/120s); el cual, se montó en carcasa impresa en 3D que fijó (estandarizó) la distancia

de disparo en 10 cm y mantuvo un ángulo cenital de 90°. El destello ("flash") se mantuvo activo para reducir sombras residuales. Cada fotografía, se registró en formato JPEG de 2,252 × 3,800 pixeles, contuvo varias espiguillas separadas sobre el fondo blanco, optimizando el tiempo de registro. Posteriormente, las imágenes se transfirieron a PC portátil y se renombraron mediante un script Python con prefijo asociado a la categoría, para garantizar la trazabilidad, y se verificó la orientación de cada imagen, rotándola en 90°, en caso de ser necesario, para estandarizar la misma. Un segundo script, segmentó cada fotografía en doce regiones rectangulares de interés, de 310 × 310 píxeles, dando un total de 1,458 imágenes de espiguillas individuales, se etiquetó cada imagen con un prefijo asociado a la imagen original y categoría. La organización del conjunto de datos siguió la estructura recomendada en la literatura sobre aprendizaje profundo: se generaron carpetas independientes para entrenamiento, validación y prueba, y se asignó, de forma estratificada: 80 % de las imágenes para entrenamiento, 10 % para validación y 10% para prueba. El conjunto de entrenamiento se distribuyó $C_2 = 374$, $C_3 = 384$ y $C_5 = 407$. Los conjuntos de validación y prueba se distribuyeron $C_2 = 47$, $C_3 = 48$ y $C_5 = 51$. Para mejorar la capacidad de generalización del modelo, se aumentaron las imágenes del entrenamiento mediante la función *ImageDataGenerator*, se realizaron rotaciones aleatorias de hasta ±30°, desplazamientos horizontales y verticales del 10% y ajustes de brillo de ± 20%. El procedimiento se utilizó solo durante el entrenamiento y permitió ampliar cada categoría hasta 2,000 imágenes, de modo que el conjunto final constó de 6,000 imágenes. La transferencia de aprendizaje VGG19 es una arquitectura preentrenada con el conjunto de imágenes ImageNet. Los primeros dieciocho niveles convolucionales que capturan bordes y texturas básicas permanecieron fijos y, en los tres últimos, se actualizaron los parámetros, para especializar la red en los patrones de las espiguillas. A la salida del bloque de *max-pooling* final se agregó una cabeza densa compuesta por una capa *Flatten*, dos capas totalmente conectadas de 512 y 256 neuronas, con una función de activación ReLU (*rectified linear unit*), seguidas de normalización por lotes y una capa de salida con función de actvación *softmax*, con tres neuronas que devuelven la probabilidad de pertenencia a C2, C3 o C5. La arquitectura resultante sumó alrededor de 7.5 millones de parámetros entrenables y 12.9 millones de parámetros fijos. El entrenamiento se efectuó en "Google Colab" sobre una GPU NVIDIA Tesla T_4 con CUDA 11.2 y cuDNN 8.7, utilizando TensorFlow-Keras 2.18. El optimizador Adam se configuró con una tasa de aprendizaje inicial de 1×10^{-4}. La función *categorical crossentropy* se utilizó como función de pérdida y se empleó un lote de 32 imágenes durante el entrenamiento. El número de ciclos (epochs) se limitó a 50 y se implementó la opción de paro *early stopping* con paciencia de 15 ciclos para la función de pérdida en el conjunto de validación junto con la opción *reduceLROnplateau*, que redujo la tasa de aprendizaje a la mitad, cuando la precisión de clasificación no mejora durante cinco ciclos. El proceso concluyó de manera automática en la iteración 40. La evaluación se circunscribe a la **precisión global de clasificación** (ACC), precisión (P), sensibilidad (S) y el F_1-score a nivel de clase objetivo. A partir de la matriz de confusión, generada con la librería *sklearn.metrics*, se contaron aciertos y errores para calcular precisión global, precisión, sensibilidad y F_1-

score. Esto permite comprobar la viabilidad del modelo para discriminar cuantitativamente entre marcadores fenotípicos de espiguilla.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El entrenamiento del modelo VGG19 MOD, ejecutado por 40 de 50 ciclos (epochs) programados, mostró una tendencia ascendente de ACC y una estabilización temprana de la pérdida (Figura 2). La ACC alcanzó 87.4 % en el conjunto de entrenamiento y 84 % en validación; en el conjunto de prueba (147 imágenes no vistas por el modelo), se obtuvo un ACC de 88 %. La matriz de confusión (Figura 1) evidencia la solidez del clasificador en los extremos fenológicos: VGG19 clasificó C_2 con P = 96 %, S = 91 % y un F_1-score de 0.93. El modelo clasificó C_5 con P = 87 %, S = 88 % y un F_1 –score de 0.88 y clasificó C_3 con P = 80 %, S = 82 % y F_1 –score de 0.81, reflejo de su cromática mixta y la gradación morfológica entre verde oscuro, café y amarillo paja. Estos resultados muestran que VGG19 clasificó con alta precisión los estados inicial y final del ciclo; mientras que, la transición fenológica presenta algunas dificultades.

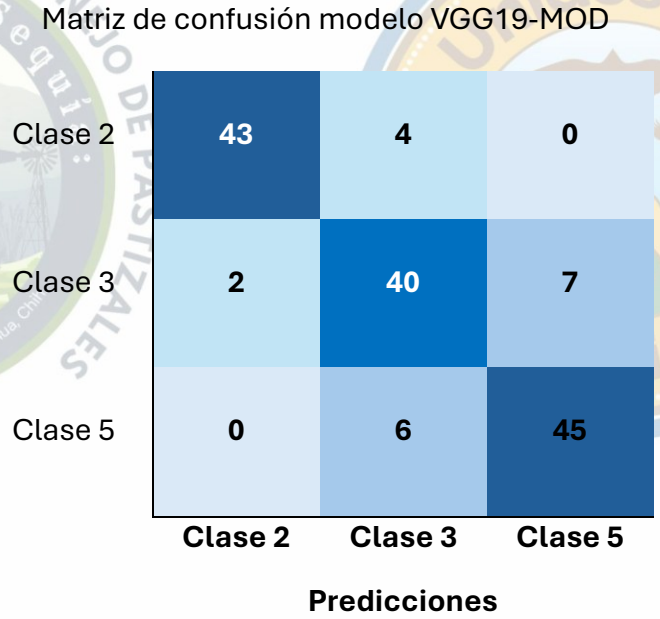


Figura 1. Matriz de confusión del modelo VGG19 para clasificar 147 imágenes no vistas previamente.

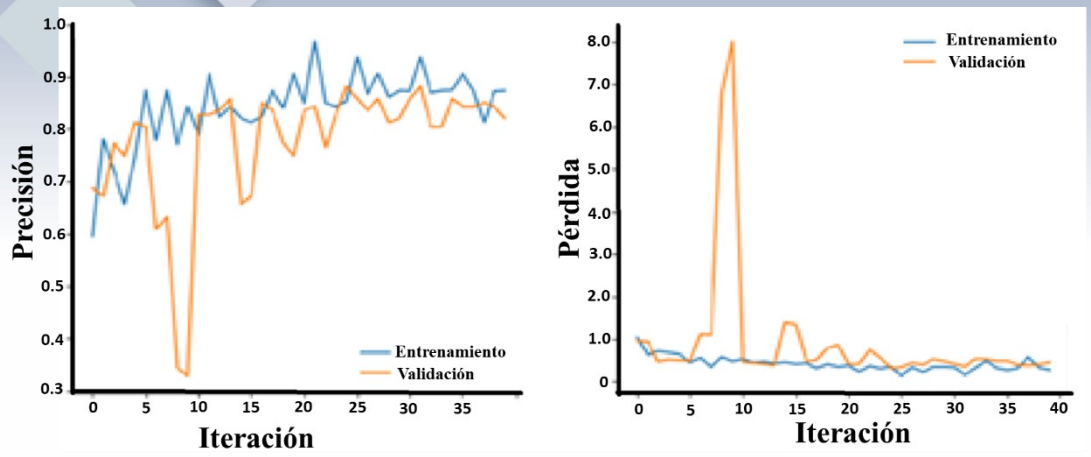


Figura 2. Precisión global y pérdida del modelo VGG19 durante las etapas de entrenamiento y validación, en función del número de iteración (*epoch*).

CONCLUSIONES

El modelo de red neuronal convolucional con transferencia de aprendizaje VGG19 alcanzó una precisión global de clasificación (ACC) de 88 % para identificar las tres etapas fenológicas analizadas de *Bouteloua curtipendula*. Este estudio muestra que las herramientas de inteligencia artifical y de visión por computadora tiene un uso potencial valioso en el manejo de semilla y es una herramienta de apoyo para mejorar la productividad y calidad de semilla en *B. curtipendula*.

Agradecimientos. La Línea de Generación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

Liu, S, M Maimaitijiang, A Ghulam, H Xing, and Z Li. 2018. Crop phenology monitoring using convolutional neural networks and high-resolution imagery. Remote Sensing, 10(9), 1426. https://doi.org/10.3390/rs10091426

Morales NCR, J Pérez R y M Torres Ch. 2009. Caracterización fenológica de *Bouteloua curtipendula* en pastizales naturales de Zacatecas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1(2): 123–131.

Simonyan, K. and A Zisserman. 2015. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. International Conference on Learning Representations (ICLR). https://arxiv.org/abs/1409.1556

Wang, Y, X Liu, and M Zhou. 2020. A performance comparison of CNN models for bean phenology classification using transfer learning techniques. Remote Sensing 12(15): 2413. https://doi.org/10.3390/rs12152413

INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y CALIDAD EN SEMILLA DE *Megathyrsus maximus* (JACQ.) BK SIMON & SWL JABOBS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SEED QUALITY IN *Megathyrsus maximus* BK SIMON & SWL JABOBS

Wilber López Sánchez[1], Yael Esbeydy Valenzuela Haro[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Juan Pablo Ambrosio Ambrosio[2], Juan Manuel González Camacho, Adrián R. Quero Carrillo*[2] queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

Se desarrolló un sistema automatizado para clasificación de propágulos de *Megathyrsus maximus* mediante visión artificial y aprendizaje automático. Se capturaron 646 imágenes de propágulos provenientes de inflorescencias clasificadas cualitativamente en: completas, con poco caído y con mucho propágulo caído. Las imágenes fueron segmentadas con software libre (GIMP), procesadas en Python utilizando bibliotecas como OpenCV y Scikit-image para extraer atributos morfológicos, color (RGB, HSV) y textura (GLCM). Posteriormente, se aplicó Análisis de Componentes Principales (PCA) y se entrenó un modelo Random Forest con optimización de hiperparámetros y validación cruzada (K=5). El modelo alcanzó una precisión del 77.13% y un 80.77% en el conjunto de prueba, destacando el desempeño en la clase "poca caída". Este sistema representa una herramienta replicable y precisa para apoyar la evaluación de semillas en el sector agroindustrial.

Palabras clave: clasificación de propágulos, clasificación automática, calidad de propágulos

ABSTRACT

This work presents the development of an automated system for the classification of *Megathyrsus maximus* (Guinea grass) propagules using computer vision and machine learning. A total of 646 propagules images were captured from manually classified inflorescences: complete, scarcely shedded, and highly shedded. Propagule images were segmented using open-source software (GIMP) and processed in Python with libraries such as OpenCV and Scikit-image to extract morphological, color (RGB, HSV), and texture (GLCM) features. Principal Component Analysis (PCA) was then applied, and a Random Forest model was trained with hyperparameter optimization and cross-validation (K=5). The model achieved an average accuracy of 77.13% and 80.77% on the test set, with the "low shedding" class showing the best performance. This system represents a replicable and precise tool to support seed evaluation in the agro-industrial sector.

Keywords: classification of propagules, automated classification, propagules quality.

INTRODUCCIÓN

La modernización del sector agroindustrial exige soluciones tecnológicas que optimicen los procesos productivos, reduzcan el esfuerzo manual y mejoren la precisión en la toma de decisiones. La aplicación de herramientas basadas en visión artificial y aprendizaje automático ha cobrado relevancia, especialmente en tareas como la evaluación y clasificación de semillas. *Megathyrsus maximus* BK Simon & SWL Jabobs (pasto Guinea) es una especie forrajera de alto valor agronómico por su adaptabilidad, productividad y calidad nutricional; sin embargo, varias actividades en la producción de semilla son aún subjetivas y demandantes en tiempo y recursos (Mulla *et al.,* 2022). El momento de cosecha y la calidad de semilla cosechada son de gran importancia. Al igual que muchos pastos tropicales, Guinea posee baja estandarización de madurez de semilla y la floración es múltiple con cohortes de diverso desarrollo desde la excersión hasta la caída natural del propágulo al momento de decisión de la cosecha (Joaquín *et al.*, 2021). El presente trabajo surge con el objetivo de desarrollar un sistema automatizado que permita clasificar propágulos de *M. maximus*; los cuales, fueron obtenidos a partir de inflorescencias clasificadas en tres categorías morfológicas: 1) inflorescencias visualmente maduras y completas (sin ramillas caídas); 2) inflorescencias con algunos propágulos caídos por dehiscencia natural y 3) inflorescencias con muchos propágulos caídos por dehiscencia natural. A través de la captura de imágenes de los propágulos (espiguillas) resultantes de cada tipo de inflorescencias, en condiciones controladas, segmentación manual y extracción de características morfológicas, de color y textura, se entrenó un modelo Random Forest para realizar la clasificación con altos niveles de precisión (Patel *et al.,* 2021). Esta investigación combina técnicas de procesamiento de imágenes, análisis estadístico y programación en Python, integrando conocimientos de mecatrónica agrícola aplicados a una problemática biológica real. Desarrollo no cualitativo de diferenciación morfológica (mediante Inteligencia Artificial) del propágulo resultante de cada tipo de inflorescencia. Además de contribuir al avance de la agricultura digital, el sistema propuesto puede representar una herramienta replicable y escalable para otras especies, promoviendo el uso de tecnologías emergentes en el análisis automatizado de semillas (Zhao *et al.,* 2020).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon propágulos de *Megathyrsus maximus* (pasto Guinea), especie forrajera tropical reconocida por su producción de forraje, buena digestibilidad y adaptabilidad a regiones tropicales. Las espiguillas fueron recolectadas a partir de parcelas experimentales establecidas en el Campo Experimental Montecillo del Colegio de Postgraduados. Estas parcelas tuvieron el mismo manejo agronómico. Una vez clasificadas las inflorescencias, las espiguillas resultantes de cada grupo fueron manejadas para diferenciarlas morfológicamente de manera cuantitativa. Se capturaron un total de 646 imágenes, de espiguillas, en condiciones controladas y utilizando un dispositivo Google Pixel 8, dentro de una caja de luz, específicamente construida para este propósito, con el fin de garantizar uniformidad en iluminación y fondo. En cada imagen se dispusieron 20 semillas organizadas según tres categorías

morfológicas de la inflorescencia de origen: completas, con pocas espiguillas caídas y con muchas espiguillas caídas. Posteriormente, se realizó la segmentación manual de las semillas mediante el software GIMP, extrayendo cada una en formato individual de 300×300 píxeles. El preprocesamiento se llevó a cabo en Python utilizando las librerías OpenCV y Scikit-image. Las imágenes fueron sometidas a mejora de contraste mediante ecualización en el espacio de color LAB, umbralización de Otsu, operaciones morfológicas y generación de máscaras binarias para aislar las semillas y eliminar el fondo blanco.

Se extrajeron atributos de color en los espacios RGB y HSV, así como características texturales usando matrices de co-ocurrencia de niveles de gris (GLCM), incluyendo contraste, disimilaridad, homogeneidad, energía y correlación. Las características se almacenaron en un DataFrame y se exportaron a formato CSV para su análisis posterior. Las clases fueron codificadas numéricamente (0: completas, 1: poca caída, 2: mucha caída). El conjunto de datos se dividió en entrenamiento (80%) y prueba (20%) con estratificación. Los datos fueron estandarizados utilizando StandardScaler() y se aplicó reducción de dimensionalidad con Análisis de Componentes Principales (PCA), conservando 11 componentes que retienen el 100% de la varianza.

Se entrenó un modelo Random Forest utilizando los siguientes hiperparámetros optimizados:

- n_estimators=300
- max_depth=None
- min_samples_split=10
- min_samples_leaf=2
- max_features='log2'
- class_weight='balanced'
- random_state=42

Este modelo permitió la clasificación precisa y automatizada de espiguillas, reduciendo errores cualitativos (humanos), reduciendo o elimando el proceso de entrenamiento y optimizando el tiempo de evaluación mediante el uso de visión artificial y aprendizaje automático.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Previo al preprocesamiento, se analizó la distribución de clases de semilla por tipo de inflorescencia [*1) inflorescencias completas, 2) inflorescencias con pocas espiguillas caídas y 3) inflorescencias con muchas espiguillas caídas*], identificando un desequilibrio que podría afectar el rendimiento del modelo. A pesar de ello, no se aplicaron técnicas de balanceo, optando por un enfoque que incorporara ponderación de clases en el modelo. Para reducir la dimensionalidad del conjunto de características, se aplicó Análisis de Componentes Principales (PCA), conservando 11 variables originales y reteniendo el 100% de la varianza explicada. Esto generó conjuntos de entrenamiento y prueba con dimensiones (516, 11) y (130, 11), respectivamente. El modelo Random Forest fue evaluado mediante validación cruzada con K-Fold (k=5), obteniendo una precisión media del 77.13% (±1.84%). En el conjunto de prueba, el modelo alcanzó un 80.77% de precisión general. La matriz de confusión evidenció una alta tasa de aciertos en la clase *poca caída*, con 41 de 48 muestras correctamente clasificadas, mientras que la clase *mucha caída* presentó mayor confusión, particularmente con la clase *completas*.

Las métricas de evaluación por clase fueron:

Clase	Precisión	Recall	F_1-score	Soporte
Completas	0.77	0.80	0.79	30
Mucha caída	0.77	0.77	0.77	52
Poca caída	0.87	0.85	0.86	48
Accuracy			**0.81**	130

Tanto el promedio macro como el ponderado alcanzaron un F1-score de 0.81. La clase *poca caída* demostró el mejor rendimiento general. Para optimizar el desempeño del modelo, se realizó una búsqueda de hiperparámetros, seleccionando la siguiente configuración final:

python
CopiarEditar

```
{
'n_estimators': 300,
'max_depth': None,
'min_samples_split': 10,
'min_samples_leaf': 2,
'max_features': 'log2',
'class_weight': 'balanced',
'random_state': 42
}
```

Esta configuración permitió al modelo ajustarse a las diferencias entre clases, manteniendo un buen balance entre sesgo y varianza, y fortaleciendo su capacidad de generalización.

CONCLUSIONES

Se implementó exitosamente un sistema de clasificación de espiguillas de *Megathyrsus maximus* usando visión artificial y aprendizaje automático. A partir de imágenes controladas y segmentación individual, se extrajeron características de color (RGB, HSV) y textura (GLCM). El preprocesamiento, especialmente la estandarización y reducción de dimensionalidad con PCA, mejoró la calidad de datos y precisión del modelo Random Forest; el cual, logró distinguir eficazmente entre espiguillas originadas de inflorescencias de cada categoría: completas, con pocas espiguillas caídas y con muchas espiguillas caídas. Se destacó la importancia de las características de textura y la limpieza de datos durante todo el proceso. El proyecto integró conocimientos de programación, estadística, visión artificial y automatización, aplicándolos a un problema real del sector agroindustrial. Se concluye que la metodología es eficiente, objetiva y escalable. El análisis automatizado de semillas debe respaldarse con diversos atributos fisiológicos de semilla: viabilidad, vigor, vida de anaquel, germinación. Esta será la fase siguiente del proyecto.

Agradecimientos. A la Línea de Generación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

LITERATURA CITADA

Joaquín, T. B. M., A. Gómez-Vázquez, J. A. Ramos J., E. M. Aranda I., S. A. Pérez A., and S Joaquín C. 2021. *Yield and quality of guinea grass seed cv. Mombaza at different pre-cut dates*. Rev. Mex. Cienc. Agric. II (Esp.) 24: 191-200.

Mulla, D. J., & Khot, L. R. (2022). *Precision Agriculture Technologies for Food Security and Sustainability*. Springer.

Patel, H., Shah, P., & Kumar, R. (2021). *Machine Learning Applications in Agriculture: Seed Classification and Yield Prediction*. Elsevier.

Zhao, Y., Zhang, X., & Wang, J. (2020). *Artificial Intelligence in Smart Agriculture: Current Trends and Future Perspectives*. CRC Press.

GERMINACIÓN Y DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE PROPÁGULOS DE *Sporobolus airoides* (TORR.) TORR.

GERMINATION AND PLANTLET DEVELOPMENT DIFFERENT PROPAGULE OF *Sporobolus airoides (TORR.)* TORR.

Francisco Santiago Hernández[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], Paulino Pérez Rodríguez[1]

[1]Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo-Ganadería, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México CP: 56264. *santiago.francisco@colpos.mx

RESUMEN

Sporobolus airioides es una gramínea ecológicamente no conservadora, perenne tolerante a sequía y bajas temperaturas; por tanto, requiere evaluaciones de manejo y propagación. Propágulos de dos especies se evaluaron para emergencia y desarrollo de plántula en invernadero. El objetivo fue evaluar la germinación y desarrollo de plántula de semillas en cariópside y espiguilla de *S. airoides* y compararla con aquellas de espiguilla de *Bouteloua curtipendula*, durante cuarenta días. Se observaron diferencias para germinación entre tipo de propágulo ($P \leq 0.0001$). A los 40 días post-siembra, *S. airoides* en cariópside mostró la mayor germinación (12.9%) y la en espiguilla (2.16%). La plántula originada de espiguilla *B. curtipendula* mostró valores intermedios de germinación (3.7%) y mayor desarrollo de plántulas ($P<0.05$). Beneficiar propágulos de *Sporobolus airoides* a cariópside antes de la siembra mejoró la germinación; lo cual, es alternativa para mayor establecimiento de este pasto.

Palabras clave: desarrollo de plántula, emergencia de plántula, evaluación de propágulos.

ABSTRACT

Sporobolus airioides is a native non-conservative grass species, perenne with good resistance to drought and winter temperatures; hence it requires evaluation to improve its management and multiplication. Two species' seed propagules were studied to define seedling emergence and development under greenhouse conditions. The objective was to evaluate plant emergence and development up to 40 days after sowing using two plant species and different seed propagules. Different seedling emergency rates were observed ($P< 0.0001$). *Sporobolus airoides*' caryopsis showed highest germination up to 12.9% and the lowest for spikelet (2.16%) in comparison to *Bouteloua curtipendula* spikelets (3.7%). Plant development was higher for *B. curtipendula*'s seedlings both for rood and foliar development ($P< 0.05$). Seed benefit

to caryopsis before sowing improved germination and represents a valuable alternative to increase seedling emergence and establishment in *S. airoides*.

Key words: seedling development, seedling emergence, seed propagules evaluation.

INTRODUCCIÓN

La escasa producción de forraje en época de sequía y bajas temperaturas es un serio problema en la producción ganadera y conservación/mejora de servicios del pastizal. En México, existen especies nativas de gramíneas con excelente producción y calidad veraniega; sin embargo, ante condiciones climáticas adversas, estas disminuyen marcadamente su productividad y poseen baja resistencia al pastoreo. En México semiárido zacatón alcalino *Sporobolus airioides* (Torr.) Torr., es un recurso forrajero perenne con mayor resistencia, en relación a especies veraniegas, a sequía, heladas y sobrepastoreo; por tanto, es importante conocer su manejo y propagación para promover su utilización para épocas de escasez de forraje. Establecer parámetros de germinación y desarrollo de plántula en esta especie es importante diferenciar su manejo para el establecimiento en campo (Álvarez–Holguín *et al.*, 2017). La semilla que se comercializa para el establecimiento de praderas en esta especie, es la espiguilla individual; la cual, consiste de cariópside contenido en brácteas accesorias. La impureza física de la semilla que se comercializa, dificulta el manejo en la siembra e influyen en germinación. La germinación y vigor de semilla son fundamentales para supervivencia y el establecimiento de praderas. El objetivo fue evaluar la germinación y desarrollo de semillas en cariópside y espiguilla de *S. airoides*, comparado con espiguilla de *Bouteloua curtipendula*, a 40 días postsiembra.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en invernadero en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México (19º 21’ N, 98º 55’ W) y 2 250 msnm, durante 40 días post-siembra. La temperatura del invernadero se determinó diariamente a las 8:00 am. La temperatura máxima fue de 46 °C y la mínima de 6 °C y la media de 26 °C. Se utilizaron 200 tubetes por tratamiento (5 cm, diámetro x 12 cm, profundidad). Se utilizó suelo composteado del ex lago de Texcoco. La profundidad de siembra fue de 1cm. El riego se aplicó acorde a la necesidad y desarrollo del cultivo. La semilla evaluada fue de *Sporobolus airoides (Torr.*) Torr. (espiguilla y cariópside) y espiguillas de *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr. La semilla se cosechó en octubre de 2023 y se conservó en bolsas de papel y condiciones frías y secas, de laboratorio. Los cariópsides fueron obtenidos mediante eliminación de brácteas accesorias por fricción física manual, con almohadilla y tapete corrugado. Las espiguillas se

obtuvieron de ramillas, mediante fricción manual, con almohadilla y tapete corrugado. Se eliminaron impurezas y semillas vanas. Para el muestreo, se destruyeron cinco plantas (tubetes) por día, por tratamiento. Los tubetes asignados para los días 1 al 10 se colocaron diez semillas, y para los días 11 al 40 se colocaron cinco semillas por tubete (1250 semillas en total por tratamiento). El muestreo se realizó todos los días. La variable evaluada fue, número de semillas germinadas. Los datos se analizaron por el método de Kaplan-Meier (1958); lo anterior, debido a que el experimento se interrumpió y no es posible definir, con certeza, si aquellas que no germinaron podrían haberlo hecho después y, por tanto, existe información parcial completa y censurada. Se utilizó el procedimiento LIFETEST de SAS 9.4 para estimaciones por Kaplan-Meier y para comparar curvas de germinación en el tiempo, se usó la prueba Logrank (Bland y Altman, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la estimación de Kaplan-Meier para la probabilidad de no germinación en el tiempo para los grupos “t” (zacatón en cariópside, zacatón en espiguilla y banderita en espiguilla). De acuerdo a la prueba Logrank, existen diferencias significativas en las tasas de germinación en el tiempo para los grupos considerados (p-valor<0.0001). A 40 días de evaluados, zacatón cariópside mostró emergencia de 12.9 %, la eliminación de brácteas accesoria incrementó el porcentaje de germinación (Quero-Carrillo *et al.*, 2017); lo anterior, indicativo de la presencia de inhibidores de germinación en embrión y/o brácteas accesorias, que son una barrera hidrofóbica (lignina, polisacáridos y pectinas fenólicas) que contribuyen a determinar el carácter impermeable de estas cubiertas. La semilla de zacatón en espiguilla tuvo un porcentaje de germinación del 2.2 %, la menor tasa de germinación; mientras que Banderilla espiguilla mostró germinación de 3.7 %.

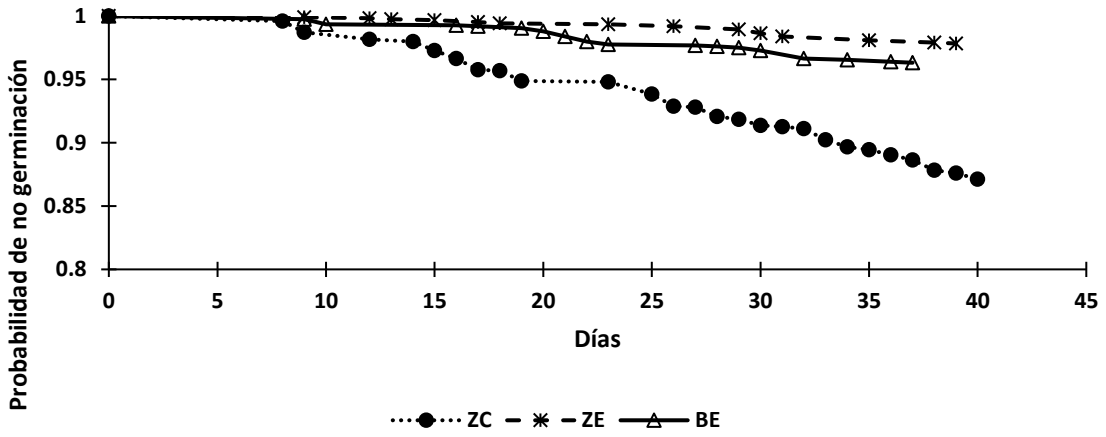


Figura 1. Probabilidad de no germinación obtenida utilizando el estimador método de Kaplan-Meier.

La temperatura media (26 °C), sus constrastes (máxima/mínima) y tipo de suelo (arcilloso) determinaron la emergencia de plántulas. La temperatura media máxima fue de 46 °C y la media mínima, de 6 °C. Se han reportados estudios de producción de plántulas de *B. curtipendula* en invernaderos a temperatura promedio de 22.5 °C, máxima 41 °C y mínima de 13 °C, con germinación mayores al 30 %, en otoño (Álvarez-Vázquez *et al.,* 2023). Álvarez-Holguín *et al.* (2017) también reportan estudios en *B. curtipendula* en invernaderos a temperatura media de 26.7 °C, máxima 44.7 y mínima de 17. El desarrollo de raíz mostró diferencias para propágulo (P<0.05) y dds (P<0.0001). Banderita-espiguilla mostró mayor desarrollo seguido de zacatón en cariópside. El menor desarrollo se observó en plántula originada de espiguilla de zacatón (Figura 2). La longitud foliar mostró diferencias significativas entre tratamientos (P<0.0001) y entre fechas de muestreo (P< 0.05I). Banderilla mostró mayor desarrollo (P <0.05), seguido por cariópside y espiguilla de zacatón. La diferencia al final del periodo fue de 16mm. El peso seco de planta completa total no mostro diferencia entre tratamientos (P>0.05), pero si entre fechas de muestreo (P 0.0001; Figura 2).

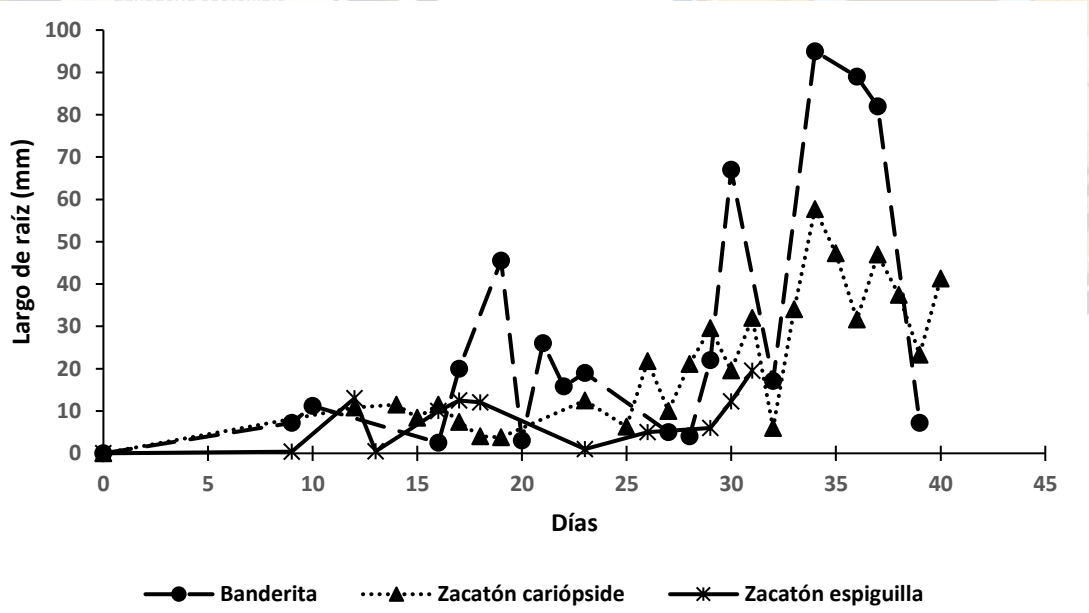


Figura 2. Largo de raíz de banderita espiguilla, zacatón cariópside y zacatón espiguilla en un periodo de 40 días.

CONCLUSIONES

El cariópside de *Sporobolus airoides* incrementó el porcentaje de emergencia en comparación al uso de espiguilla como propágulo de siembra. El desarrollo inicial de *S. airoides* fue menor respecto a aquel de plántulas de Banderilla. Sin embargo, una vez consolidado *S. airoides* es ampliamente reconocido por su condición de mayor

vigor y ecológicamente no conservadora, lo que la hace una especie altamente resistente al pastoreo y a ambientes desafiantes de sequía.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Holguín A, Morales-Nieto CR, Corrales-Lerma R, Melgoza-Castillo A, Méndez-Zamora G. 2017. Germination of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*) genotypes under different osmotic pressures. Esosistemas Recursos Agropecuarios 4(10):161-168. DOI: 10.19136/era.a4n10.898

Álvarez-Vázquez P, Quero-Carrillo AR, Rodríguez-Ortega LT, Velázquez–Martínez M, Hernández-Guzmán FJ, Hernández-Reséndiz EJ. 2023. Técnicas para crecimiento de plántulas de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) en invernadero para trasplante. Revista Fitotecnia Mexicana Vol. 46 (3). https://doi.org/10.35196/rfm.2023.3.283

Bland, JM, Altman, DG. 2004. The logrank test. BMJ. 328 (7447): 1073. doi:10.1136/bmj.328.7447.1073. PMC 403858. PMID 15117797.

Kaplan, EL, Meier, P. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. J. Amer. Statist. Assoc. 53 (282): 457–481. doi:10.2307/2281868

Quero-Carrillo AR, Hernández-Guzmán FJ, Pérez-Rodríguez P, Pool D, Landa-Salgado P y Nieto-Aquino R. 2017. Germinación y emergencia diaria de cariópsides y diásporas de pastos nativos e introducidos. Revista Fitotecnia Mexicana Vol. 40 (1): 35 – 44.

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE EXTENSIONISMO GANADERO EN PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO

IMPLEMENTATION OF RANGELAND EXTENSION PROGRAM IN NORTHERN MEXICO

Manuel Osvaldo Tarango Ponce [1], Eduardo Sánchez Murrieta[1*], Gilberto Pérez Arzate[1], Alicia Juárez Pérez[1], Adriana Mendoza Armendáriz[1], Arvind Panjabi[2]

[1] Evaluación Integral y Restauración de Hábitat A.C., [2] Bird Conservancy of the Rockies

RESUMEN

El programa de extensionismo de la Red de Pastoreo Sostenible se enfoca en dar seguimiento y asesoría ganadera a los productores, con la intención de mejorar la productividad del pastizal. Entre 2024 y 2025 se realizaron 22 entrevistas, donde se abordan temas económicos, ecológicos y sociales del rancho. Se identificaron 5 problemáticas asociadas con esta actividad productiva: degradación de suelos, escasez de agua, falta de capacitación técnica, resistencia al cambio y presión del mercado. Es necesario promover el planeación y registro de actividades en los ranchos para mejorar la eficiencia en la producción. Se debe continuar con el desarrollo de materiales prácticos que ayuden a evaluar la eficacia del manejo ganadero y que promuevan la participación de jóvenes y mujeres en la ganadería.

Palabras clave: extensionismo, ganadería, pastizales.

ABSTRACT

The Sustainable Grazing Network's extension program focuses on providing technical advice and follow-up support to producers, with the aim of improving grasslands productivity. Between 2024 and 2025, 22 interviews were conducted, addressing economic, ecological, and social issues related to the ranch. Five problems associated with this productive activity were identified: soil degradation, water scarcity, lack of technical training, resistance to change, and market pressure. It is necessary to promote the planning and registry of activities on ranches to improve production efficiency. The development of practical materials that help evaluate the effectiveness of livestock management and promote the participation of youth and women in livestock farming should continue.

Keywords: extension program, ranching, grasslands.

INTRODUCCIÓN

La actividad ganadera representa una de las principales actividades económicas primarias en gran parte del norte de México (S. Lopes, 2008). Históricamente los pastizales del Desierto Chihuahuense han sido la base del desarrollo de la ganadería en esta región del país. Sin embargo, en décadas recientes la extensión de este ecosistema se ha visto reducida por problemáticas como el calentamiento global, el crecimiento de la frontera agrícola y el sobrepastoreo, entre otras (Pool *et al*. 2014). Distintas organizaciones e instituciones han sumado esfuerzos para frenar la pérdida de pastizales y promover mejoras en las condiciones de salud del ecosistema, a través de la implementación de programas de monitoreo biológico, educación ambiental y extensionismo.

Entre estos esfuerzos se encuentra el programa de extensionismo de la Red de Pastoreo Sostenible, la cual está conformada por productores comprometidos con las buenas prácticas de manejo de los recursos. Dicho programa se enfoca en dar seguimiento y asesoría técnica a los miembros de la red, con lo cual se busca mejorar la productividad de los ranchos, priorizando la conservación de la biodiversidad asociada a los pastizales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El seguimiento a la actividad ganadera dentro de los predios se realiza a través de la aplicación de una entrevista al dueño o administrador de la propiedad. En dicho documento se abordan de manera general temas económicos, ecológicos y sociales del rancho. La entrevista puede realizarse de manera presencial o remota, en caso de que se realice en el rancho, el entrevistador hace un recorrido por el predio para conocer y detectar las principales áreas de oportunidad, con lo cual puede emitir recomendaciones de manejo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de las 22 entrevistas realizadas a lo largo del periodo 2024-2025 a los distintos ranchos de la Red de Pastoreo Sostenible, se han identificado múltiples retos que afectan su principal actividad productiva, la ganadería. A continuación, se mencionan los más importantes:

Degradación de suelos. El sobrepastoreo, la erosión y la falta de rotación adecuada de potreros han reducido la capacidad de los suelos para sostener la vegetación. El 70% de los ranchos visitados presentan sobrepastoreo, siendo notoria la presencia de plantas y arbustos invasores, además de áreas con suelo totalmente desnudo provocando la formación de cárcavas y pérdida del suelo.

Escasez de agua. Las prolongadas sequías y la baja captación de agua en la región limitan la disponibilidad del recurso para el ganado y el mantenimiento de los

pastizales. A pesar de que se ha mejorado en la distribución de agua en los ranchos, este tema sigue siendo una problemática. En el 90% de los ranchos este problema es grave, generando que ciertas áreas o potreros sean sobre pastoreados, mientras que otros son subutilizados por la falta de aguajes o bebederos.

Falta de capacitación técnica. Algunos propietarios y la mayoría de sus equipos operativos dentro del rancho carecen del conocimiento necesario para una mejor implementación de prácticas regenerativas eficaces y eficientes. Una de las oportunidades de mejora está en el establecimiento de procesos para la recaudación, evaluación y análisis de los registros productivos del rancho. Los propietarios que cuentan con ello no emplean herramientas digitales complejas, a excepción de algunos cuantos que influenciados por las nuevas generaciones familiares inician con el uso de tecnologías para facilitar sus manejos.

Resistencia al cambio. Existen barreras culturales y económicas que dificultan la adopción de nuevas metodologías de manejo. Aún existen paradigmas que no permiten el desarrollo y adopción de nuevas herramientas que permitan hacer más eficiente la administración de los recursos que se tienen dentro del rancho. Esto ha ocasionado que se dificulte la inclusión y/o entrega de mandos a las generaciones siguientes, quienes están más familiarizados con las nuevas tecnológicas.

Presión del mercado. Las demandas de producción intensiva muchas veces priorizan el rendimiento económico sobre la sostenibilidad ambiental. Por lo que son pocos los productores que están enfocados y hacen un esfuerzo por estar en un equilibrio económico y ambiental, sin embargo, están conscientes de la necesidad de respetar las cargas animales para no perjudicar la salud del pastizal.

CONCLUSIONES

Durante las visitas y seguimiento realizados a los productores de la Red de Pastoreo Sostenible, se identificó la necesidad de partir de una línea base para el levantamiento de información importante con la finalidad de evaluar y analizar la situación actual de los ranchos de la Red. De igual manera, se requiere consolidar un calendario anual de actividades en el rancho, que engloben acciones, mejoras y/o capacitaciones en un periodo determinado que de la certeza de cumplimiento de metas.

Con este programa se busca crear un vínculo fuerte que permita la comunicación efectiva entre todas las partes para el seguimiento y evaluar avances en la implementación de prácticas sostenibles. Para lo cual, se sugiere elaborar y/o crear materiales como manuales prácticos, presentaciones o lo correspondiente para buenas prácticas de pastoreo adaptado a las condiciones del estado. En este sentido, es imperante incentivar la participación de jóvenes y mujeres en la ganadería regenerativa como estrategia de relevo generacional.

LITERATURA CITADA

de S. Lopes, M. A. 2008. Revolución y ganadería en el norte de México. Historia Mexicana, 863-910.

Pool, D. B., Panjabi, A. O., Macias-Duarte, A., & Solhjem, D. M. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grassland bird species. Biological Conservation, 170, 274-281.

CAPTURA DE CARBONO Y COBERTURA VEGETAL DE UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO

CARBON CAPTURE AND VEGETABLE COVER OF A GRASSLAND

Daniel Sierra Franco[1], Carlos Enrique Aguirre Calderón[1*]

[1]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de El Salto.
carlos.ac@salto.tecnm.mx

RESUMEN

Los pastizales son fuente y reservorio de carbono dentro de los ecosistemas terrestres y es una de las principales vías por la cual el dióxido de carbono es fijado al suelo por las plantas. El objetivo de este estudio fue determinar el contenido de carbono en el suelo y caracterizar la cobertura vegetal en época de lluvias en un pastizal mediano abierto. El contenido de carbono total en el suelo fue de 19.4 Mg ha^{-1}. En cuanto a la cobertura vegetal, el pasto tuvo un 69.2 %, mientras que el suelo desnudo tuvo solamente un 7.7 %. Estos valores son referencias valiosas para poder establecer una línea base en cuanto a contenido de carbono en el ecosistema pastizal, así mismo, representa un área de oportunidad para un mejor aprovechamiento de este ecosistema. El conjunto de datos obtenidos sugiere que el pastizal estudiado representa un alto potencial para almacenar carbono, tanto en la vegetación como en el suelo.

Palabras clave: Época de lluvias, densidad aparente, ecosistema pastizal

ABSTRACT

Grasslands are both a source and reservoir of carbon within terrestrial ecosystems and one of the main pathways through which carbon dioxide is fixed into the soil by plants. The objective of this study was to determine soil carbon content and characterize vegetation cover during the rainy season in a medium-sized open grassland. The total soil carbon content was 19.4 Mg ha^{-1}. Regarding vegetation cover, grass accounted for 69.2%, while bare soil only accounted for 7.7%. These values are valuable references for establishing a baseline for carbon content in the grassland ecosystem. They also represent an area of opportunity for better utilization of this ecosystem. The data obtained suggest that the grassland studied offers high potential for carbon storage, both in vegetation and soil.

Key words: Rain season, apparent density, grassland ecosystem

INTRODUCCIÓN

En el ámbito ganadero, los pastizales representan la fuente principal de alimentación del ganado (Hewins *et al.*, 2018). Estos ecosistemas tienen un gran potencial productivo, y son una fuente importante para la alimentación en los sistemas de producción animal con rumiantes por su bajo costo. Según la FAO (2018), el pastoreo cumple múltiples funciones ecológicas: reduce la biomasa acumulada, estimula el crecimiento de nuevas plantas, evita incendios, regula el ciclo del agua y mejora su calidad. Dentro de estos ecosistemas, los pastizales destacan por su capacidad significativa de capturar carbono (De León *et al.*, 2014). La cantidad de carbono que almacenan o liberan estos sistemas depende de varios factores, como el tipo de vegetación, el uso del suelo y la edad de la cobertura vegetal (Romero-Sánchez *et al.*, 2022). Estos ecosistemas actúan como fuentes que emiten carbono o sumideros que lo absorben, formando así un ciclo dinámico (Ciesla, 1996). La captura o secuestro de carbono es una estrategia que ha cobrado popularidad en años recientes como estrategia de mitigación al calentamiento global, y esto sucede cuando las plantas absorben el CO_2 presente en la atmósfera y lo procesan por medio de la fotosíntesis; por lo tanto, el propósito de este estudio fue determinar la cantidad de carbono orgánico presente en el suelo y determinar la cobertura vegetal en un pastizal mediano abierto situado al noroeste del estado de Durango.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el noroeste del estado de Durango, específicamente en el poblado Benjamín Aranda, dentro del municipio de Canatlán. Esta región se distingue por presentar un pastizal de tipo mediano abierto, clasificado en las categorías b y c. El terreno comprende una superficie total de 194 hectáreas, en el cual se establecieron 26 puntos de muestreo seleccionados aleatoriamente, de acuerdo con lo establecido en la norma NOM-021-RECNAT-2000.

Para determinar los puntos de colecta, se utilizó un diseño de rejilla con puntos equidistantes, generado en QGIS 3.34.1. En cada sitio se llevó a cabo una caracterización de la vegetación mediante la técnica del cuadro latino, además de una estimación de la cobertura vegetal. Las muestras vegetales fueron colocadas en bolsas de papel y posteriormente sometidas a secado en estufa durante 24 horas. También se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0 a 30 cm.

Las muestras de suelo fueron tamizadas con un cedazo de 2 mm. Posteriormente, se tomaron 30 mg de cada una y se depositaron en matraces Erlenmeyer de 500 ml, añadiendo 10 ml de dicromato de potasio 0.17 M y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. A la postre, se agregaron 100 ml de agua destilada y 5 ml de ácido fosfórico concentrado. Después de un periodo de 10 minutos, se incorporaron entre 20 y 30 gotas de una solución de difenilamina al 0.5 %, y la mezcla se tituló con una

solución de sulfato ferroso 1M, hasta observar un cambio de color de púrpura oscuro a verde claro. Para cada serie de análisis se preparó una muestra blanco como control.

La densidad aparente (DA) se determinó utilizando el método de probeta, el cual requiere 100 g de muestra. Esta muestra se colocó en una estufa de secado durante 24 horas. Luego, en una probeta de 50 ml, se introdujo la muestra hasta alcanzar la marca de 50 ml y se realizó el pesaje. El carbono absorbido del suelo (CAS, t C /ha) se estimó a partir del porcentaje de C en el suelo (% CS), la densidad aparente (DA) y la profundidad de muestreo (P), usando la fórmula:

$$CAS = \% CS \times DA \times P$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo de lluvias del 2024, la estimación de carbono almacenado en el suelo para el área de estudio fue de 19.8 Mg ha^{-1}, estos valores son similares a los reportados en un matorral primario donde obtuvieron un contenido de carbono de 14.25 Mg ha^{-1} (Yerena-Yamallel *et al.*, 2014), por el contrario, a lo reportado en un pastizal de Argentina donde obtuvieron valores de 43.2 Mg ha^{-1} (Cruz *et al.*, 2015), a diferencia de lo reportado por Romero *et al.* (2022) en un pastizal halófilo para el norte de México donde determinaron valores que van desde los 2.34 Mg ha^{-1}.

Cuadro 1. Estimación del contenido de carbono orgánico en el suelo en época de lluvias y su caracterización de la cobertura vegetal en pastizal mediano abierto

Variables del suelo	Valores
Pasto (%)	69.2 ± 3.13
Hierba (%)	17.6 ± 3.15
Otra cobertura (%)	6.03 ± 0.09
Suelo Desnudo (%)	7.7 ± 2.7
CAS (Mg ha^{-1})	19.8 ± 1.4
DA (gr/ml)	1.20 ± 0.07

En cuanto a la cobertura vegetal, se observó un predominio del pasto, que cubre el 69.2 % del área, mientras que el suelo sin cobertura representa apenas el 7.7 %. Estos resultados reflejan la capacidad del suelo para retener carbono, y los altos porcentajes de vegetación indican una cobertura bien establecida, que probablemente contribuye de forma eficiente al proceso de captura de carbono. La densidad aparente del suelo no muestra signos de compactación severa; sin embargo, podría afectar en cierta medida la infiltración de agua y la absorción de nutrientes por parte de las plantas.

CONCLUSIONES

El contendido de carbono almacenado en época de lluvias para un pastizal mediano abierto fue de 19.8 Mg ha^{-1} por lo que se sugiere que el pastizal mediano abierto presenta un alto potencial para almacenar carbono en el suelo. En cuanto a los altos porcentajes de la vegetación presente y el escaso suelo desnudo, son factores clave que pueden favorecer a los procesos de captura y almacenamiento de carbono en los suelos.

LITERATURA CITADA

Ciesla, W. M. (1996). Cambio climático, bosque y ordenación forestal. Una visión de conjunto. Roma, Italia. FAO. 115p.

Cruz, M., García, O., y Martínez, J. (2015). Almacenamiento de carbono en suelos de pastizales naturales en Argentina. Journal of Environmental Management, 56(4), 672-681.

De León, M. G. D., Pinedo, A. A., Martínez, G. J. H. (2014). Aplicaciones de sensores remotos en el país Fragmento de paisaje de Cuchilla de las Zarca, México. Investigaciones Geográficas, Boletín, núm. 84, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 42-53, doi: 10.14350/rig.36568

Hewins, D. B., M. P. Lyseng, D. F. Schoderbek, M. Alexander, W. D. Willms, C. N. Carlyle, S.X. Chang and E. W. Bork. (2018). Grazing and climate effects on soil organic carbon concentration and particle-size association in northern grasslands. Scientific Reports 8:1336, https://doi.org/10.1038/s41598-018-19785-1

Romero-Sánchez, M. E., Velasco-Bautista, E., Josué Meza-Juárez, D. y Pérez-Miranda, R. (2022). Análisis y estimación del contenido de carbono en pastizales halófilos de la zona central semiárida de México. Terra Latinoamericana, 40, 1-14. e1007. https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1007

Yerena-Yamallel, J. I., Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., Treviño Garza, E. J. (2014). Dinámica de la captura de carbono en pastizales abandonados del noreste de México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 17(1), 113-121.

VALOR NUTRITIVO DE TRES VARIEDADES DE *Pennisetum purpureum* EN DIFERENTES EDADES DE REBROTE

NUTRITIONAL VALUE OF TREE VARIETIES OF *Pennisetum purpureum* AT DIFFERENT AGES OF REGROUTING

José Antonio Aguilar-Quiñonez[1], Daniel Gonzalez-González[2], Pablo Carlos Arellano-Piña[1], Emiliano Alejandro Corrales-Navarro[1], Miguel Antonio Cárdenas-Contreras[1], Carlos Vladimir Lopez-Aispuro[1]. Miguel Ángel Gastélum-Delgado[1*]

[1]Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa, km 17.5 carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental del Valle de Culiacán, km 17.0 carretera Culiacán-Eldorado, Culiacán, Sinaloa.

*miguel.angel.gastelum@uas.edu.mx

RESUMEN

Se desarrolló un estudio con el objetivo de determinar el efecto de la edad de rebrote sobre la digestibilidad en tres variedades de *Pennisetum Purpureum*. Se aplicó un diseño de bloques al azar de efecto aleatorios en arreglo factorial (3 x 4) con cuatro réplicas, doce tratamientos con interacción-variedad (CT-115, CT-800 y Morado) con edad de rebrote (50, 85, 100 y 120). Se consideraron variables relacionadas con el valor nutritivo (digestibilidad de la materia seca (MS) y orgánica (DMO)). La DMS disminuyo con la edad de rebrote, las mayores diferencias (P≤0.05) se presentaron a los 50 y 85 días CT-800 y 115, respectivamente; DMO, Morado a 50 y 100 días mostraron diferencia (P≤0.05) entre variedades, CT-800 manifestó menores valores (P≤0.05). La edad de rebrote afectó positivamente la DMS y DMO.

Palabras claves: *gramíneas, Fibra detergente neutra, digestibilidad*

ABSTRACT

A study was conducted to determine the effect of regrowth age on digestibility in three varieties of *Pennisetum Purpureum*. A random block design with random effects in a factorial arrangement (3 x 4) with four replications was applied, twelve treatments with variety interaction (CT-115, CT-800 and Morado) with regrowth age (50, 85, 100 and 120). Variables related to nutritional value (dry matter (DM) and organic matter digestibility (OMD)) were considered. The DMS decreased with the age of regrowth, the greatest differences (P≤0.05) occurred at 50 and 85 days CT-800 and 115, respectively; DMO, Purple at 50 and 100 days showed difference (P≤0.05) between varieties, CT-800 showed lower values (P≤0.05). The age of regrowth positively affected the DMS and BMD.

Keywords: grasses, neutral detergent fiber, digestibility.

INTRODUCCIÓN

La alimentación a base de pastos y forrajes es una propuesta que requiere bajos costos de inversión para producir un kilogramo de carne o leche (Díaz *et al.*. 2013). Dentro de las alternativas de los pastos se destacan las gramíneas que se combinan tanto en sistemas silvopastoriles como pasto base, o en los sistemas de pastoreo basado solo en gramíneas (Feria *et al.*, 2002; Fortes *et al.*, 2009), su particularidad es la de poseer la combinación de los senderos C_3 y C_4 que le permiten una gran capacidad fotosintética, donde destaca el género *PENNISETUM*. Asimismo, la digestibilidad es afectada severamente por el contenido de fibra, consensuándose que difícilmente estas superan el 50%, debido a las relaciones e interrelaciones entre los constituyentes de la pared celular (Pérez-Infante, 2008), efecto que se acentúa conforme avanza la edad de la planta, y que dependerá de las condiciones edafoclimáticas en las crezca y se desarrolle la misma (Arias *et al.*, 2019). Proponiéndose como objetivo del presente estudio determinar el efecto de la edad de rebrote en la digestibilidad entre variedades.

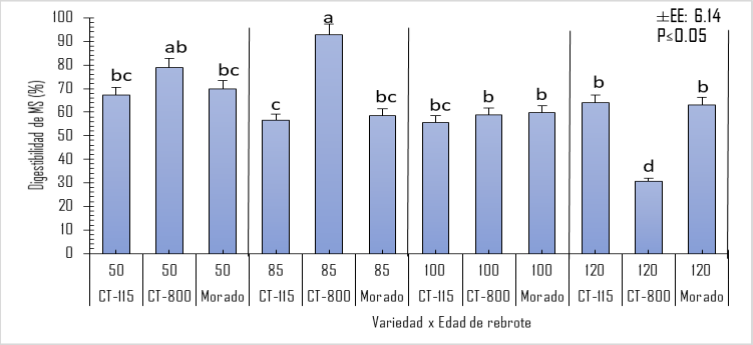
MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la Posta Zootécnica de la facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Sinaloa, ubicada en carretera Culiacán-Eldorado Km 17,5 Culiacán. En el municipio de Culiacán de Rosales, Sinaloa (24° 48' 31" N; 107° 23' 37" O) a una altitud de 57 msnm. El clima de la región es subtropical, con un invierno muy cálido y verano largo y caluroso (BS1(h')), con periodo de lluvias de julio a septiembre y temperatura promedio de 26 °C; su precipitación anual promedio es 695 mm (García, 1985). Mediante un análisis de suelo realizado en la Universidad de Sinaloa, para las muestras recolectadas en el campo durante la siembra, se identificó el suelo como un acrisol órtico con un suelo franco-arenoso. textura, baja materia orgánica (0.34%), pH ácido (3.5), bajo nivel de N, Ca, Mg y Cu inorgánicos (2.174, 48 y 0,2 mg kg^{-1}) pero niveles adecuados de Fe, Zn, Mn y P (57, 1.6, 4.4 y 55 mg kg^{-1}).

Se utilizaron las variedades CT-115, CT-800 y Morado, estas cuentan con seis meses de establecidas en parcelas de 5x5, con 0.75 m entre plantas y un metro entre surcos. Se utilizó un diseño de bloques al azar de efectos aleatorios en arreglo factorial con cuatro repeticiones. Se evaluaron doce tratamientos resultantes de la interacción variedad (CT-115, CT-800 y Morado) y edad de rebrote (50, 75, 100 y 125 días). Para la normalidad de los datos se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey, 1951) y para la homogeneidad de varianzas la prueba de Bartlett, la medias se compararon mediante la dócima de Newman-Keuls (Keuls, 1952) a un nivel de confianza del 95%.

RESULTADOS

Los resultados indican que existieron diferencias significativas en el análisis de digestibilidad de la MS realizado a las diferentes variedades de *Pennisetum purpureum* (Figura 1), siendo la variedad Ct-800 a los 85 días de corte la que mayor digestibilidad



presento, y fue la misma variedad a los 120 días la que presento menor digestibilidad de materia seca.

Figura 1. Digestibilidad de la materia seca de tres variedades de *Pennisetum purpureum* a diferentes edades de corte. [a,b] Medias con distintas literal difieren estadísticamente (P<0.05).

Los resultados obtenidos en cuanto a la digestibilidad de Materia Orgánica (MO) muestran que hubo diferencia estadística Significativa al comparar, las diferentes edades de corte de tres variedades de *Pennisetum purpureum* (Figura 2), siendo mayor a los 50 días a corte para el Taiwan morado, para los 85 días a corte el CT-115, para los 100 días a corte el Taiwan Morado y para los 120 días el CT-800.

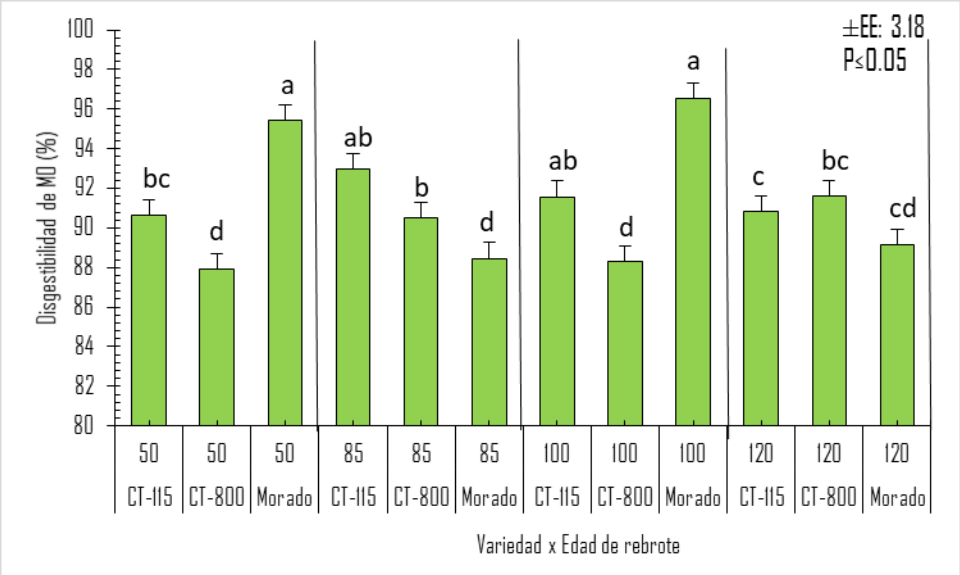


Figura 2. Digestibilidad de la materia seca de tres variedades de *Pennisetum purpureum* a diferentes edades de corte. [a,b] Medias con distintas literal difieren estadísticamente (P<0.05).

DISCUSION

Los resultados obtenidos en este trabajo experimental, coinciden con los reportados por Araya y Boschini (2005) que reportan diferencias en cantidad y digestibilidad de MS, MO al comparar los pastos entre si a diferentes fechas de corte Santana, Pérez y Figueredo (2010) quienes, en un trabajo sobre momento óptimo de corte en esta especie forrajera, concluyen que la variedad de Pennisetum Purpureum con mayo producción y digestibilidad tanto de materia seca, como de materia orgánica es el CT-800 al compararlo con otras variedades de este Pasto.

CONCLUSIONES

Se concluye que bajo las circunstancias del presente trabajo la variedad de *Pennisetum purpureum* muestra ser el de mayor calidad y digestibilidad.

LITERATURA CITADA

Arias, R.C., Reyes, J.J. Ledea, J.L., Benitez, D.G., Ray, J.V. and Hernández, L.G. 2019. Respuesta agroproductiva de nuevas variedades de Cenchrus purpureus. Tropical and Subtropical Agroecosistems, 22, pp. 79-86.

Díaz, A., Castillo, E. and Hernández, P.C.M.J.L., 2013. Preceba de toros mestizos lecheros en pastoreo con glycine (*Neonotonia wightii*) y gramíneas tropicales con suplemento activador del rumen. (1977), pp.23–26.

Feria, A.L., Valdés, G., Martín, P.C. and González, M.E., 2002. Evaluación de tres métodos de pastoreo para la ceba bovina. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, [online] 36(3), pp.225–230.

Fortes, D., Herrera, R.S., González, S., García, M. and Romero, A., 2009. Comportamiento de los pigmentos fotosintéticos, según la edad de rebrote después del pastoreo de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 en la estación poco lluviosa. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(2), pp.183–186.

García, E. 1985. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koeppen. 3ra. Edición, México, D.F., Universidad Nacional Autónoma de México.

Keuls, M., 1952. The use of the 'studentized range' in connection with an analysis of variance. *Euphytica*, 1(2), pp.112–122.

Massey, F.J., 1951. The Kolmogorov-Smirnov Test for Goodness of Fit. *Journal of the American Statistical Association*, [online] 46(253), pp.68–78.

Pérez-Infante, F.; Jordán. H. y Rodríguez, V. 2008. Balance alimentario necesidad del técnico nutricionista. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p. 7.

Santana, Á. A.; Pérez, A. y Figueredo, María E. 2011. Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum Schum*.) en época lluviosa. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 48 (3):277

REVISIÓN: GRAMÍNEAS NATIVAS PARA RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS EN PASTIZALES DEL NORTE DE MÉXICO

REVIEW: NATIVE GRASSES FOR RESTORING DEGRADED SOILS IN GRASSLANDS OF NORTHERN MEXICO

Victoria Guadalupe Fierro Candia[1], Raúl Corrales Lerma*[1], Alan Álvarez Holguín[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Martín Martínez Salvador[1], Jesús Alejandro Prieto Amparán[1], Alfredo Pinedo Alvarez[1], Federico Villarreal Guerrero

[1] Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. *Autor de correspondencia: Raúl Corrales Lerma. rclerma@uach.mx

RESUMEN

A nivel mundial se ha reportado una degradación de pastizales del 49% de su extensión territorial total, esto amenaza los servicios ecosistémicos que estos proporcionan. Ante esto se han llevado a cabo programas para su restauración. Sin embargo, el éxito en México ha sido escaso ya que las especies no logran establecerse. El objetivo de esta revisión es indagar sobre el potencial restaurador de algunas especies de gramíneas nativas en diferentes tipos de pastizales. Por lo que su uso podría representar una alternativa viable para futuros programas de restauración.

Palabras clave: degradación, revegetación, pastos nativos.

ABSTRACT

Grasslands have been reported to have suffered degradation of 49% of their total land area worldwide, threatening the ecosystem services they provide. In response, restoration programs have been implemented. However, success in Mexico has been limited, as the species fails to establish. The objective of this review is to report on the restorative potential of some native grass species in different grassland types. Therefore, their use could represent a viable alternative for future restoration programs.

Keywords: degradation, revegetation, native grasses

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, los pastizales comprenden una extensión territorial del 40%, casi la mitad de esta área está deteriorada hasta cierto punto. La degradación de pastizales por sobrepastoreo, quemas o cambio a tierras de cultivo ha sido precursor de la falta de biodiversidad, invasión o introducción de especies no nativas y erosión del suelo en Estados Unidos, India, Brasil, Mongolia interior, Reino Unido, Kenia y Australia (Bardgett *et al.*, 2021). En México se ha reportado una degradación por sobrepastoreo del 95% de los pastizales, de una extensión total de 9.77 millones de ha. Esta extensión, además, se ha reducido un 14% en un periodo de 50 años. Entre los principales

motivos de esa reducción está el cambio de uso de suelo de pastizales naturales a tierras de cultivo (Jurado *et al.*, 2021). Dávila *et al.* (2017) reportaron que en el proceso de expansión urbana de Chihuahua capital, la presión intermunicipal ha tenido un impacto negativo en la cobertura vegetal por los cambios de uso de suelo. Parte del pastizal se ha convertido en asentamientos humanos en la zona comprendida entre Aldama, Aquiles Serdán y Chihuahua. Del 2000 al 2010 los pastizales han sufrido una tasa de disminución de 2.49. Rodríguez *et al.* (2017), también reportaron una disminución en la cobertura vegetal en el área de Cuchillar de la Zarca del 2009 al 2011, donde mediante el uso de la cobertura de copa de hierba reclasificada, mostró la tendencia de disminución de cobertura vegetal alta y muy alta en los tres años que duró el estudio, en especial durante el 2011. Por otro lado, el sobrepastoreo y mal manejo de la tierra ha sido una práctica antrópica de las que más ha influido en la degradación del suelo y de los pastizales, convirtiéndose en uno de los principales problemas ambientales en zonas ganaderas (FAO, 2024). La presión constante del ganado ha provocado la pérdida de cobertura vegetal, compactación del suelo y disminución de su fertilidad. Esto impide el rebrote natural de las especies forrajeras, favoreciendo la erosión y en ocasiones el oportunismo de algunas especies invasoras (UNCCD, 2024). Por ejemplo, un metaanálisis mundial encontró que la intensidad del pastoreo incrementa la compactación del suelo, altera la infiltración y reduce la retención de agua, así como su interacción con la cobertura vegetal (Cui *et al.*, 2025). Otro estudio en China semiárida demostró que excluir el pastoreo durante 11 años mejoró significativamente el almacenamiento de agua y carbono en el suelo gracias al incremento de biomasa subterránea (Zhou *et al.*, 2025). Una síntesis global mostró cómo los pastizales con menor degradación ofrecen mayores sinergias entre retención de agua, almacenamiento de carbono y resistencia a la erosión, mejorando múltiples servicios ecosistémicos (Wen *et al.*, 2024).

MARCO TEÓRICO

En los intentos de revertir la degradación de pastizales en el Norte de México, se han implementado programas de revegetación con algunas especies nativas. Por ejemplo, B*outeloua gracilis* y *B. curtipendula*, han sido valoradas por su tolerancia al pastoreo y sequía. Sin embargo, muchos de estos proyectos han fracasado debido a la elevada sensibilidad de estas gramíneas a las condiciones climáticas fluctuantes (Morales-Nieto *et al.*, 2022). En *B. curtipendula* se observó que variables como la precipitación estacional y la temperatura anual explican alrededor del 70% de la variabilidad en las tasas de crecimiento anual de la especie, lo que indica una respuesta fisiológica muy dependiente del clima específico (Álvarez-Holguín *et al.* 2025). De manera similar, la germinación y supervivencia temprana de *B. gracilis* dependen críticamente de la disponibilidad de humedad del suelo en las primeras dos semanas tras la siembra; si la humedad desciende rápidamente por debajo del punto de marchitez, las plántulas mueren antes de desarrollar raíces adventicias, demás, la estructura genética y la adaptación al clima de origen influyen enormemente en su capacidad de

establecimiento (Alder *et al.*, 2006, Morales-Nieto *et al.*, 2022). Las poblaciones presentan variabilidad genética asociada con precipitaciones y temperaturas medias del año, lo que sugiere que el uso de semillas de fuentes climáticamente inapropiadas puede reducir notablemente el éxito en restauración (Kaulfuß *et al.*, 2022). En conjunto, estos hallazgos explican por qué muchos esfuerzos de revegetación con estas gramíneas fallan. Si se siembran en años o lugares con distribución impredecible de precipitaciones, o si la semilla no corresponde a la genética adaptada a esas condiciones, las plántulas no sobreviven. La recomendación actual es seleccionar semillas locales adaptadas y complementar con técnicas de retención de humedad y protección de plántulas para mejorar la eficacia de los programas de restauración. El establecimiento de gramíneas adecuadas para la restauración de pastizales puede representar un reto por las duras condiciones del ambiente. En este contexto, mediante el uso de modelado de nicho ecológico; el cual se vale datos ecológicos y modelos estadísticos para predecir la idoneidad ambiental de las especies, los datos arrojados sugieren que las especies *Aristida divaricata*, *Bothriochloa barbinodis* y *Heteropogon contortus* tienen potencial remediador al ser especies nativas perennes de amplia distribución en el Norte de México (Álvarez, *et al.*, 2024). Por lo anterior, es indispensable evaluar nuevas especies nativas de gramíneas con potencial restaurador las cuales no estén presentes de manera recurrente en programas de remediación anteriores.

En cuanto a la especie *B. gracilis*, esta ha sido considerada como una de las especies más promisorias para la restauración de pastizales mediante la revegetación, en 2019 se llevó a cabo el Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas en Durango, en la memoria uno de los ponentes reportó el comportamiento productivo de esta especie y del *Pennisetum ciliare* en áreas degradadas en el municipio de Mapimí, en Durango. Se hizo un diseño experimental por bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones, había parcelas grandes y medianas, en las primeras se probaron los métodos de siembra directa y trasplante, el método de trasplante incrementó el rendimiento de biomasa para ambos pastos, sin embargo, el pasto *B. gracilis* tuvo un rendimiento inferior al zacate *P. ciliare*, de 61.8g y 55.6g de la especie nativa en un periodo de dos años en comparación a los 80.2g y 71.1g de la especie introducida en el mismo periodo (Yáñez y Pedroza, 2019). B. *gracilis* presenta potencial para la restauración de pastizales, aunque su rendimiento en biomasa fue menor que el de *P. ciliare* bajo las mismas condiciones y métodos de establecimiento. No obstante, *P. ciliare* es una especie introducida reportada como invasora.

En un estudio sobre el pasto *B. gracilis* es sobre las implicaciones genéticas de los ecotipos de esta especie, de 48 poblaciones de se consideraron tres ecotipos distintos presentes en diferentes nichos ecológicos. Se utilizó un modelado de nicho ecológico para predecir la distribución geográfica de las especies agrupadas en tres conjuntos, el primer conjunto se encontraba en la zona árida y semiárida del estado de Chihuahua, el segundo conjunto está en la zona árida y templada y del tercer conjunto, este se encontraba en la zona árida, en los tres conjuntos había diferencias genéticas significativas con el tercer conjunto con un a diversidad genética mayor. La ventaja del

modelado ecológico es que permite simular escenarios pasados, presentes y futuros, esto permitió concluir que los conjuntos de poblaciones de *B. gracilis* del primer y tercer grupo aumentaran su distribución en la mitad del siglo al ser más resistentes al estrés hídrico propiciado por las actividades antropogénicas. Este tipo puede servir para que, a futuro, germoplasma con características sobresalientes se pueda usar en programas de restauración (Nieto *et al.,* 2022).

En literatura científica no se encontraron referencias específicas sobre el uso de *A. divaricata* para la remediación de pastizales. Sin embargo, esta especie suele mencionarse como componente dominante en comunidades de pastizales, junto con especies del género *Bouteloua*. Un caso relevante se documenta en el Área de Protección de Flora y Fauna – Sierra de Quila, donde se evaluaron 35 especies herbáceas y arbustivas mediante 15 criterios para determinar su potencial restaurador y *A. divaricata* fue clasificada con un potencial medio de restauración (Romo *et al.*, 2020). Otro antecedente se encontró en un estudio realizado en el Área de Protección de Flora y Fauna La Primavera, específicamente en la parcela "De la Mujer", municipio de Zapopan, Jalisco. En este trabajo se evaluaron 39 especies, incluidas 16 gramíneas entre las que se encontraba *A. divaricata*. Se consideraron sólo las especies que germinaron durante el primer mes tras la siembra; sin embargo, ninguna de las gramíneas germinó en ese periodo. Los autores concluyeron que la falta de germinación se debió a la alta competencia por luz y nutrientes, resultado de haber sembrado las gramíneas en mezcla con otras especies (Mayo *et al.*, 2018).

En cuanto la especie *Bothriochloa barbinodis* para restauración, se encontró un poco más de información. En un estudio de la Universidad de Pamplona en Colombia, evaluación del potencial remediador de especies de gramíneas encontradas a orilla de carretera para determinar cuáles pudieran ayudar a minimizar el deterioro de los ecosistemas naturales al momento de construir o reparar carreteras. El enfoque fue la interacción entre las micorrizas y las gramíneas presentes y cómo esta interacción pudiera permitir el establecimiento de las especies. Sin embargo, se llegó a la conclusión de que esta especie es una alternativa que pudiera brindar un resultado exitoso (Castellanos-Gonzales *et al*. 2018). También *Bothriochloa barbinodis* se ha utilizado para el control de especies invasoras como el *P. ciliare* y *Eragrostis lehmanniana*. Durante el 2024 se estudió para la supresión de zacate *P. ciliare*, las especies perennes pueden usarse después controlar el zacate *P. ciliare* para suprimir su crecimiento antes de que se desarrolle ya que controla su biomasa superficial en un 95%, para el *E. lehmanniana* durante 1992, se utilizó en parcelas donde el pasto estaba recortado, esta especie mostró un alto establecimiento de plántulas, el tratamiento con parcelas podadas resultó tener bastante éxito para suprimir el establecimiento de plántulas de *E. lehmanniana* (Gornish *et al.*, 2024; Biedenbender *et al.*, 1995).

En el caso de la especie *Heteropogon contortus*, se ha utilizado para la restauración de pastizales en Hawái, donde se le considera una especie nativa. Ante la invasión de zacate *P. ciliare*, se establecieron dos parcelas quemadas, la vegetación anterior

comprendía un 95% de *P. ciliare*, en una parcela no quemada donde fue difícil establecer el *H. contortus*, pero en parcelas quemadas combinadas con el uso de herbicida, la supresión del *P. ciliare* permitió un rápido establecimiento de *H. contortus* (Daehler y Goergen, 2005). Aunque el *H. contortus* es nativo del Norte de México, en algunas zonas este puede comportarse como especie invasora, en este caso, habrá que evaluar o no la inclusión, dependiendo de los sitios y objetivos de la restauración (Bielfelt y Litt, 2016).

CONCLUSIONES

Para restauración de suelos degradados en pastizales del Norte de México con algunas gramíneas nativas; *Bouteloua gracilis* es una gramínea nativa resistente y adaptable, pero su establecimiento es más eficaz por trasplante que por resiembra, lo que limita su uso en restauración a gran escala. Además, esta especie enfrenta dificultades en la etapa de plántula debido a la variabilidad en la temperatura y precipitación en las últimas décadas. Aunque *Heteropogon contortus*, presenta potencial como especie remediadora, su uso debe ser evaluado debido a su comportamiento invasivo en ciertas condiciones. Por su parte, *Aristida divaricata* cuenta con escasa literatura que respalde su aplicación directa en remediación. La mayoría de los estudios se limitan a reportar su presencia sin evaluaciones de campo. En cuanto a *Bothriochloa barbinodis*, ha mostrado un éxito moderado en el control de especies invasoras. Sin embargo, su potencial restaurador aún no ha sido comprobado plenamente, ya que los ensayos disponibles se han enfocado en áreas de borde de carretera y no en pastizales degradados, sin resultados concluyentes hasta el momento.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Ochoa-Rivero, J. M., Ponce-García, O. C., Prieto-Amparán, J. A., Vega-Mares, J. H. y Villarreal-Guerrero, F. (2024). Grass species with potential for rangelands restoration in northern Mexico: an assessment with environmental niche modeling. Scientific Reports, 14(1), 6318.

Campos, R. D. L. R., López, M. M. G., López, A. N. A., Vázquez, S. C., Carrillo, L. C. N., Rodríguez, G. G. P., Arias-Hernández, J, A., Medina-Vaca, A., Ortiz-Brunel, J, A. y Gutiérrez, J. A. M. Sierra de Quila. (2020) Especies nativas con potencial de restauración de suelos degradados del Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Quila”

Gornish, E. S., Farrell, H., Law, D., & Funk, J. (2024). Utilizando plantas nativas para controlar el zacate *Penissetun ciliare*.

Morales-Nieto, C. R., Villarreal-Guerrero, F., Jurado-Guerra, P., Ochoa-Rivero, J. M., Prieto-Amparán, J. A., Corrales-Lerma, R., Pinedo-Álvarez, A., & Álvarez-Holguín, A. (2022). Environmental niche dynamics of blue grama (Bouteloua gracilis) ecotypes in Northern Mexico: Genetic structure and implications for restoration management. Plants, 11(5), 684.

GERMINACIÓN DE SEMILLA DE NAVAJITA SILVESTRE [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth.)] COSECHADA EN UN RANCHO CONSERVADO ANTE DOS AÑOS ANTERIORES DE SEQUÍA

GERMINATION OF WILD BLUE GRAMMA SEED [*Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth.)] HARVESTED ON A CONSERVED RANCH FROM TWO PREVIOUS YEARS OF DROUGHT

Candelario Iván Jaquez Loya[1], Raúl Corrales Lerma*[1], Alan Álvarez Holguín[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Martín Martínez Salvador[1], Jesús Alejandro Prieto Amparán[1], Alfredo Pinedo Alvarez[1], Federico Villarreal Guerrero[1]

[1] Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. *Autor de correspondencia: rclerma@uach.mx

RESUMEN

La capacidad de germinación de una semilla de pasto es fundamental para la revegetación natural. Para saber la calidad y respuesta de la semilla es fundamental analizar a través de pruebas de germinación tanto en semilla con cubierta y en cariópside. El objetivo del presente estudio fue evaluar la germinación de semilla de pasto navajita silvestre. La semilla se recolectó en un potrero conservado que tiene como principio el ajuste de su carga animal año con año. Se realizó una prueba de germinación con cuatro repeticiones en cariópside y cuatro con cubierta a temperatura de 27 ± 2 °C con humedad constante. Se validó normalidad con la prueba Shapiro Wilks y se realizó comparación de medias a través de T-Student para muestras independientes. En porcentaje de germinación no se encontró diferencia entre semilla con cubierta y cariópside ($P>0.05$). El índice de velocidad de germinación si presentó diferencia ($P<0.05$). Los resultados de este estudio pueden contribuir en la toma de decisiones sobre la utilización de semilla de pasto navajita cosechada en predios con buen manejo.

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

ABSTRACT

The germination capacity of grass seed is essential for natural revegetation. To determine seed quality and response, it is essential to analyze through germination tests on both coated and caryopsis seeds. The aim of this study was to evaluate the germination of wild blue gramma seed. The seed was collected from a maintained pasture that has been guided by the principle of adjusting the animal load for grazing year after year. A germination test was conducted with four replicates in caryopsis and four replicates without coating at a temperature of 27 ± 2 °C with constant humidity. Normality was validated with the Shapiro Wilks test and means were compared using T-Student for independent samples. No differences were found in percentage germination between coated and caryopsis seeds ($P>0.05$). The germination speed

index did show a difference (P<0.05). The results of this study may contribute to decision-making regarding the use of blue gramma seed harvested from well-managed properties.

Keywords: drought, native grass seed, natural populations.

INTRODUCCIÓN

La germinación de semillas es uno de los procesos más críticos para el establecimiento de gramíneas nativas y revegetación de los pastizales naturales, especialmente en ecosistemas áridos y semiáridos donde estos desempeñan un papel clave en la conservación del suelo, la biodiversidad y la productividad ganadera. El éxito de la revegetación natural en un rancho ganadero, depende del buen manejo y en gran medida de la capacidad germinativa de las especies nativas. Un pasto de gran importancia es el *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth), conocido comúnmente como navajita azul. Esta gramínea perenne es una de las especies clave en los pastizales del norte de México y el sur de Estados Unidos, valorada por su tolerancia a condiciones climáticas extremas y su importancia forrajera (Avendaño-González., 2019). La germinación puede verse afectada por múltiples factores, incluyendo las condiciones climáticas previas a la cosecha de la semilla. Eventos como sequías prolongadas pueden modificar la calidad fisiológica de las semillas, lo que repercute directamente en su porcentaje y velocidad de germinación (Barush y Fisher, 1991). El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad germinativa de semillas de *B. gracilis* recolectadas en un potrero conservado tras dos años consecutivos de sequía. Este tipo de evaluaciones es esencial para planear estrategias de restauración ecológica y manejo sustentable de los pastizales, particularmente en escenarios de cambio climático donde los patrones de precipitación son cada vez más variables.

MATERIALES Y MÉTODOS

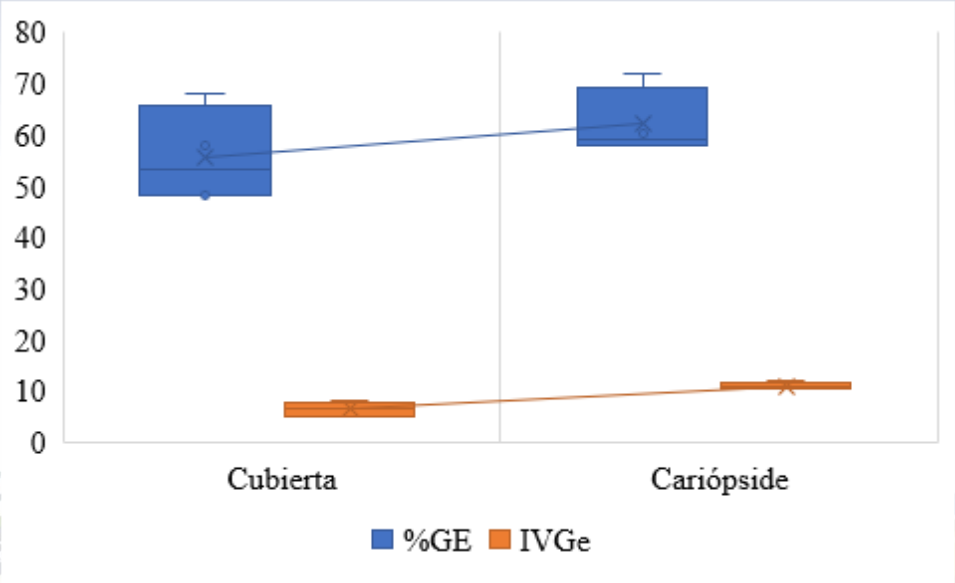
En octubre del año 2024 se recolectó semilla de pasto navajita en el Rancho Experimental Teseachi, propiedad de la Universidad Autónoma de Chihuahua, administrado y manejado por la Facultad de Zootecnia y Ecología. Se identificó una población de pasto navajita dentro un potrero (Las Coloradas) en el cual se aplica un manejo del pastoreo tomando como principio el ajuste adecuado de carga animal para el pastoreo. Esta región corresponde a pastizales amacollados con bosque de encino en el municipio de Namiquipa (28°45'48.88"N; 107°23'24.72"O); donde la precipitación media anual oscila en 438 mm, temperatura media anual alrededor de 14.5°C a una altitud promedio de 2100 m (INEGI, 2022). No obstante, la precipitación de los años 2023 y 2024 fue atípica y se registraron alrededor de los 220 y 230 mm anuales respectivamente (CLIME DATA-ORG, 2025). El método de recolección de semilla fue manual y se recolectaron aproximadamente 3 kg de semilla en greña (con cubierta), la

cual se colocó en bolsas de papel café para ser almacenada en un lugar seco y fresco durante seis meses. La prueba de germinación fue en semilla con cubierta y en cariópside (grano desnudo). Esta se llevó a cabo en junio del 2025 en el laboratorio de parámetros ambientales de la Facultad de Zootecnia y Ecología. Se utilizaron cajas de Petri provistas con algodón, papel filtro y agua destilada. En cada caja de Petri se colocaron 50 semillas y se midieron cuatro repeticiones por tipo de semilla. La germinación se llevó a cabo en una germinadora marca Torrey a temperatura de 27 ± 2 °C. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación (%GE) e índice de velocidad de germinación (ÍVGe). Se registraron conteos diarios de las semillas germinadas durante 15 días. Se consideró como semilla germinada cuando la radícula o plúmula, alcanzó al menos 5.0 mm de longitud. El ÍVGe se calculó mediante la ecuación propuesta por Maguire (1962) $ÍVGe=\sum[(\%SG)/(t)]$. Donde: ÍVGe= Velocidad de germinación, %SG= porcentaje de semillas germinadas en el día, tomando como 100 % al total de semillas germinadas; t = día en el que sucedió la germinación. En el análisis estadístico se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para comprobar si el conjunto de datos cumplió con una distribución normal, luego se realizó una comparación de medias a través de la prueba T-Student para muestras independientes con alfa de 0.05. El procedimiento estadístico fue con el programa estadístico R versión 4.5.1 (R Core Team. 2025).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Gráfica 1 muestra el comportamiento de germinación de la semilla de pasto navajita silvestre. Para %GE no se encontró diferencia ($p>0.05$) entre semilla con cubierta (55%) y cariópside (62%). A pesar de que el año anterior y el mismo año de cosecha, la precipitación fue alrededor de la mitad de lo que normalmente llueve en esa zona; el alcanzar un porcentaje de germinación de semilla en cubierta superior al 50% en condiciones silvestres, es un hallazgo importante que valida calidad de semilla en esta población, Esto también refleja que casi el total de los carpelos que produjeron grano, los desarrollaron viables. Velázquez *et al.* (2015) mencionan que, en condiciones naturales, un 15% de %GE en semilla de gramíneas silvestres es normal. Ronquillo-Leyva (2022) reportó %GE entre el 1.5 y 13% en poblaciones de pasto navajita a orilla de carretera en los municipios de Chihuahua, Aldama y Aquiles Serdán con precipitaciones entre los 280 y 350 mm. Chicahuala *et al.* (2018) afirman que factores como sequía y/o precipitación contribuyen directamente la calidad de semilla y que la respuesta de germinación varía de acuerdo a las condiciones del sitio y al año de cosecha. Por lo general, la semilla con cubierta presenta un alto contenido de materia inerte, lo que puede reducir el porcentaje de germinación (%GE). Además, las cubiertas pueden servir como refugio para hongos y otros agentes que afectan

negativamente la germinación y el desarrollo de la cariópside (Borges y Urdaneta, 2010).



Gráfica 1. Medias ± error estándar en comportamiento de la germinación de semilla de pasto navajita (*Bouteloua gracilis*) procedente de un potrero con carga animal moderada. %GE = Porcentaje de germinación, IVGe = índice de velocidad de germinación.

El ÍVGe presentó diferencia ($p<0.05$) entre semilla con cubierta (6.3) y cariópside (10.9). Se observó que en cariópside fue más rápida para germinar, entre el segundo y cuarto día germinó casi el total de la semilla, mientras que, en cubierta, la mayoría germinó entre el cuarto y sexto día. Esto es comprensible, ya que la cariópside no presenta barreras físicas que dificulten la emergencia de la plúmula o la radícula, a diferencia del grano que permanece envuelto por una cubierta. La velocidad y uniformidad en la germinación de semilla, indican que se trata de un lote reciente y con semillas de una misma procedencia genética (Sobrevilla-Covarrubias *et al.*, 2022; Escobar-Álvarez *et al.*, 2021). Además, la rapidez con que una semilla germina y se establece puede ser crucial para la supervivencia de los individuos (Contreras *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sequía de los años 2023 y 2024 es un factor que pudo haber influido negativamente en el comportamiento de germinación de la semilla en el potrero de Teseachi. No obstante, el respeto por la carga animal permitió mantener la cobertura vegetal y favorecer una buena producción de semilla viable. La capacidad de germinar, tanto en porcentaje como en velocidad que se observó en la semilla de pasto navajita, permiten inferir que recolectar semilla de esta especie en bancos naturales bien conservados, es una buena alternativa para que esta sea utilizada por productores que la quieran diseminar y propagar en sus predios.

Se recomienda considerar esta población como una opción para seleccionar ecotipos con alto potencial en producción de semilla y en un futuro reproducirse por medio de lotes de producción de semilla nativa local para ser incluida en programas de revegetación de pastizales.

LITERATURA

Baruch, Z., & Fisher, M. (1991). Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. Establecimiento y renovación de pasturas. CIAT. Cali, Colombia, 103-142.

Chicahuala, M. S., D. F. Steinker y M. R. Demaria. 2018. Respuestas fenológicas de gramíneas C3 y C4 a variaciones interanuales de precipitación y temperatura. Ecología Austral. 28:455-466.

Escobar-Álvarez, J., L., Ramírez-Reynoso, O., Cinsteros Saguilán, P., Gutiérrez-Dorado, R., Maldonado-Peralta, M. de los Ángeles y J. L. Valenzuela -Lagarda. 2021. Viabilidad y germinación en semillas de maíz criollo del estado de Guerrero. Ecosistemas Y Recursos Agropecuarios, 8(II). https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2963.

Ronquillo-Leyva, A. (2022). Calidad de semilla de navajita [*Bouteloua gracilis* (Willd. Ex Kunth) Lag. Ex Griffiths] y banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] cosechada a orilla de carretera. Tesis de Licenciatura. Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Chih. México.

Sobrevilla-Covarrubias, A., M del R. Contreras-Quiroz, M. Gutiérrez-Gutiérrez y M. Pando-Moreno. 2022. Effect of aging in seed germination of native Northern Mexican Plateau grassland species: Seed viability loss of native Northern Mexican species. Botanical Sciences, 100(3), 600-609. https://doi.org/10.17129/botsci.3020.

PERFIL DE LA BIOMASA AÉREA ACUMULADA EN VERANO DE *Crotalaria pumila* Ort.

PROFILE OF THE AERIAL BIOMASS OF *Crotalaria pumila* Ort.

Jesús Adán Martínez Zaragoza[1], Pedro Arturo Martínez Hernández[1], José Luis Zaragoza Ramírez[1], Enrique Cortés Díaz[1]

[1]Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. Tel 5959521621. Autor de correspondencia: jamzmzz96@gmail.com

RESUMEN

Se determinó el rendimiento total y por componentes de *Crotalaria pumila* Ort., leguminosa nativa mexicana, para generar información y valorar el uso de esta planta como forrajera. En un área con *C. pumila* espontánea se realizaron nueve muestreos semanales, donde se determinó rendimiento total y por componente hoja, tallo, flor y vainas; y el aporte proporcional al rendimiento total. El análisis estadístico fue diseño completamente al azar con tres repeticiones. A lo largo de la estación de verano los rendimientos totales y rendimiento de vainas se incrementaron mientras que el rendimiento de hojas disminuyó. El rendimiento total varió entre 9 a 20 t ha^{-1}. Se concluye que, con base al rendimiento total, la especie *Crotalaria pumila* puede considerarse como una opción para uso forrajero.

Palabras clave: leguminosa nativa, rendimiento total, vainas.

ABSTRACT

The total yield and component yields of *Crotalaria pumila* Ort., a native Mexican legume, were determined to generate information and assess the use of this plant as forage. Nine weekly samplings were conducted in an area with spontaneous *C. pumila*, where the total yield and yields per component (leaf, stem, flower, and pods) were determined, as well as the proportional contribution to the total yield. The statistical analysis was completely randomized with three replicates. Throughout the summer season, total yields and pod yields increased, while leaf yields decreased. Total yield ranged from 9 to 20 t ha-1. It is concluded that, based on total yield, the species *Crotalaria pumila* can be considered as an option for forage use.

Keywords: native legume, total yield, pods.

INTRODUCCIÓN

Crotalaria pumila Ort. es una leguminosa nativa de México, con distribución desde el sur de Estados Unidos de América hasta Sudamérica, con presencia en 27 de las 32 entidades federativas de México, hierba erguida que puede alcanzar una altura de hasta 50 cm, su comportamiento es de ciclo anual o perenne de vida corta, al ser nativa no es considerada con potencial de ser invasora en la vegetación de pino-encino del Valle de México localizada dentro de los 2 250 a 2 350 msnm. Algunos nombres comunes de esta especie son: tronadora, hierba del cuervo y sonadora (Vibrans, 2009). Esta especie se ha recomendado incluir en protocolos encaminados a la restauración ecológica de ambientes templados subhúmedos de México (Lindig-Cisneros, 2004). En los protocolos de restauración de ecosistemas degradados en ambientes semiáridos y subhúmedos deben validarse la integración de leguminosas nativas por ser un germoplasma único adaptado a sobrevivir en esos ambientes, mantienen la biodiversidad y aun para afrontar los efectos del cambio climático (Bianco y Cenzano, 2018). El objetivo de la investigación fue analizar el perfil de la biomasa aérea acumulada, total y por componente, en verano por *Crotalaria pumila* Ort. y determinar la posibilidad de su uso como especie forrajera.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase de campo se realizó en un Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo en el año 2021. En la parcela mencionada de aproximadamente 1 ha, se ubicaron tres áreas con similar densidad espontánea de *Crotalaria pumila*, cada una de estas tres áreas tuvo una superficie aproximada de 60-70 m^2, la identificación de la especie se realizó con base a información del USDA (2022). En cada área se realizó un total de nueve muestreos, el muestreo fue mediante un cuadro de 20 x 20 cm (0.04 m^2) colocado sobre una trayectoria en zigzag previamente establecida para evitar colocar el cuadro en algún lugar muestreado previamente.

En cada muestreo se colectaron al azar tres plantas enraizadas dentro del cuadro, en cada una se contó el número de hojas, tallos, flores y vainas, componentes que fueron colocados en bolsas de papel. Después se cosechó a nivel del suelo todas las plantas de *C. pumila* enraizadas dentro del cuadro. Los componentes y plantas cosechadas fueron secados en estufa de aire forzado a 65 ºC por 72 h y pesados. Para los componentes: hojas, tallos, flores y vainas, se calculó el aporte de cada uno al rendimiento total base seca expresado en porcentaje. El análisis estadístico fue por análisis de varianza de las variables dependientes: rendimiento base seca total y por componente y porcentaje de aporte de cada componente al rendimiento total, la independiente fue número de días transcurridos desde el inicio del verano (21 de junio), el modelo estadístico fue para un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental fue cada una de las tres áreas identificadas previamente. Los días transcurridos del verano se calcularon restando 172 (día juliano del 21 de junio) al día juliano de la fecha de muestreo.

Los rendimientos totales y por componente se analizaron como g 0.04 m^{-2} (20 x 20 cm), para presentarlos en resultados se convirtieron a kg ha^{-1}. En caso de efecto significativo

(p< 0.05) se separaron las medias por Tukey a un α= 0.05. Los cálculos se hicieron mediante PROC GLM, de SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento total se incrementó conforme avanzó el verano (Cuadro 1), en el primer muestreo a 43 días de transcurrido del verano *C. pumila* alcanzó un rendimiento total poco mayor a las 9 t ha^{-1}, dicho rendimiento la hace una opción forrajera si se considera que en algunos cereales forrajeros como avena y triticale se han registrado rendimientos totales entre 7 a 12 t ha^{-1}, en algunos casos bajo condiciones de riego (Velasco-López *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Rendimiento total y por componentes de *Crotalaria pumila* a través del verano.

Días*	Rendimiento (kg ha^{-1})				
	Total	Hoja	Tallo	Flor	Vaina
43	9185b	4030ab	5060	53b	40c
50	10993ab	4538ab	5913	223b	300c
57	11733ab	4143ab	5195	1393a	975c
64	7128ab	2695ab	3105	135b	1175bc
71	12433ab	3838ab	5330	475b	2775abc
78	13728ab	3763ab	7565	20b	2375abc
85	27175a	6105a	10438	785ab	9850a
92	19738ab	2348b	7388	343b	9650ab
99	15453ab	2273b	5115	520b	7525abc

*= el número de días transcurridos del verano se calculó con base en días julianos, a la fecha de muestreo en días julianos se le restó 172 que es el día juliano del 21 de junio, inicio del verano; a, b, c=medias en igual columna con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey, α=0.05)

Además de los valores absolutos en rendimiento de los componentes es interesante observar los cambios en el aporte proporcional que estos componentes dan al rendimiento total. El rendimiento del componente vaina aportó 47% del rendimiento total al final del periodo de estudio, esto es a 90 días de transcurrido el verano, este cambio en el aporte de este componente al rendimiento total implicó un cambio muy relevante, si se toma en cuenta que a 43 días de transcurrido el verano el aporte de este componente al total era menor al 1% (Cuadro 2). Este aumento de vainas es un indicador de la capacidad de *C. pumila* para producir suficiente banco de semilla relativamente uniforme en la madurez fisiológica que permita la resiembra natural en la próxima estación de crecimiento (Grace *et al.*, 2019).

Cuadro 2. Aporte (%) de cada componente a la biomasa aérea de *Crotalaria pumila* a través del verano.

Días*	Hojas	Tallos	Flores	Vainas
43	44.6 a	54.3 a	0.53 b	0.54 c
50	43.3 a	52.9 ab	1.5b	2.34 c
57	34.8 ab	44.9 abc	12.66 a	7.66 c
64	39.4 a	44.3 abc	1.85 b	14.48c
71	31.4 abc	43.1 abc	3.69 b	21.81 bc
78	28.9 abcd	52.5 ab	0.13 b	18.42 bc
85	22.1 bcd	38.3 bc	3.14 b	36.44 ab
92	13 d	38.3 bc	1.66 b	46.99 a
99	17.3 cd	32.9 c	5.64 ab	44.1 a

*= el número de días transcurridos del verano se calculó con base en días julianos, a la fecha de muestreo en días julianos se le restó 172 que es el día juliano del 21 de junio, inicio del verano; a, b, c=medias en igual columna con al menos una letra en común no son diferentes (Tukey, α=0.05)

CONCLUSIONES

En este estudio *Crotalaria pumila* Ort., leguminosa nativa de México, con base al rendimiento total de biomasa aérea durante el verano y crecida en temporal mostró potencial forrajero para sitios del Valle de México, ya que alcanzó un rendimiento similar a otras opciones forrajeras como la avena y otros cereales de grano pequeño cultivos comunes en la zona donde se realizó el estudio. También es importante resaltar, que existe la posibilidad de auto resiembra al lograr una alta producción de vaina, componente que logró ser el de mayor aporte a la biomasa total acumulada hacia el final del verano.

LITERATURA CITADA

Bianco, L., & Cenzano, A. M. (2018). Native legumes: adaptive strategies and capacity for biological nitrogen fixation. Ecological implication *Idesia, Arica*, *36*(4):71-80. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005002601

Grace, J. L., Rideout, H. S., Stanko, R., Acosta, M. V., Ortega, S. J. A., & Wester, D. B. (2019). Soil seed bank characteristics in rangelands with increasing invasion of *Heteropogon contortus* or *Eragrostis Lehmanniana*. *Journal of Arid Environments, 170*, 104009. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104009

Lindig-Cisneros, R., & Lara-Cabrera, S. (2004). Effect of scarification and growing media on seed germination of *Crotalaria pumila* (Ort.). *Seed Science and Technology*, *32*(1):231-234. 10.15258/sst.2004.32.1.25

USDA. United States Department of Agriculture. 2022. Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. Germplasm Resources Information Network (GRINTaxonomy). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomydetail?id=12370

Velasco-López, J. L., Soto-Ortiz, R., Ail-Catzim, C. E., Juárez, O. G., Avilés-Marín, S. M., & Lozano del Río, A. J. (2020). Rendimiento de biomasa y grano en variedades de

triticale en el valle de Mexicali. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11*(5):1097-1109. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2293

Vibrans, H. (2009). *Crotalaria pumila* Ort. http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/fabaceae/crotalaria-pumila/fichas/pagina1.htm

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA EN LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

EVALUATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT GAMMA RADIATION DOSES ON THE GERMINATION AND SEEDLING GROWTH OF ALFALFA (*Medicago sativa* L.)

Álvaro Alan Villarreal Gándara[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1*], Alan Álvarez Holguin[1], Raúl Corrales Lerma[1], Carlos Avendaño Arrazate[2], Eulogio De La Cruz Torres[3].

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología, UACH. [2]Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG). [3]Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). *Autor para correspondencia: cnieto@uach.mx

RESUMEN

La radiación gamma es una herramienta para generar variabilidad genética en alfalfa (*Medicago sativa* L.) y mejorar su resiliencia. Este estudio evaluó el efecto de diferentes dosis de radiación gamma (0 a 1000 Gy) en la germinación y crecimiento inicial de plántulas. Las semillas de alfalfa variedad 'CUF 101' se irradiaron y se evaluó el porcentaje y la velocidad de germinación, así como la longitud de la plúmula y la radícula. Los resultados mostraron que las dosis bajas a moderadas (100–400 Gy) no afectaron la germinación (P >0.10), e incluso la estimularon levemente. Por el contrario, las dosis altas (≥ 600 Gy) redujeron progresivamente tanto el porcentaje como la velocidad de germinación. La radícula demostró ser más sensible a la radiación que la plúmula, lo que alteró el equilibrio morfológico. La radiación gamma tiene un efecto dosis-dependiente en la alfalfa. Las dosis altas comprometen el establecimiento inicial de las plántulas, mientras que las dosis bajas son prometedoras para programas de mejoramiento genético.

Palabras clave: radiación gamma, mutagénesis, alfalfa (*Medicago sativa*), germinación y crecimiento de plántulas.

ABSTRACT

Gamma radiation is a valuable tool for inducing genetic variability in alfalfa (*Medicago sativa* L.) and improving its resilience to stress. This study evaluated the effects of different gamma radiation doses (0 to 1000 Gy) on the germination and initial growth of alfalfa seedlings. Seeds of the 'CUF 101' variety were irradiated, and germination percentage and speed, along with plumule and radicle length, were measured. Results indicated a dose-dependent effect. Low to moderate doses (100–400 Gy) did not negatively affect germination (P >0.10) and even provided a slight stimulatory effect. In contrast, high doses (≥ 600 Gy) progressively reduced both germination percentage and speed. The radicle proved to be more sensitive to radiation than the plumule, causing an imbalance in morphological development. High doses of gamma radiation compromise the initial establishment of alfalfa seedlings. However, low doses are a promising starting point for genetic improvement programs.

Keywords: gamma radiation, mutagenesis, alfalfa (*Medicago sativa*), germination, seedling growth

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.), llamada la "reina de las forrajeras", es clave para la sostenibilidad agropecuaria por su alto valor nutricional (Jáuregui, 2019). En México, resulta esencial para la ganadería, sobre todo en regiones áridas y semiáridas, donde favorece la alimentación del ganado lechero (Villalobos-Cano *et al.*, 2019). No obstante, su productividad se ve limitada por estrés hídrico, salinidad, temperaturas extremas y patógenos (Roy *et al.*, 2017). La obtención de variedades con resiliencia al estrés hídrico se presenta como una alternativa estratégica para mantener la productividad bajo condiciones de escasez de agua, optimizar el uso del recurso hídrico y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios regionales.

La mutagénesis inducida por radiación gamma ofrece una vía rápida para generar variabilidad genética en especies poliploides como *M. sativa*, sin depender de la recombinación natural (IAEA, 2018). Su objetivo es obtener plantas con rasgos novedosos, siendo la dosis letal media (DL_{50}) y la dosis de reducción de crecimiento al 50% (RC_{50}) parámetros clave para inducir mutaciones útiles (Khalil *et al.*, 2014). Dosis bajas generan cambios mínimos, mientras que dosis altas provocan alteraciones severas (Thole *et al.*, 2011), por lo que determinar DL_{50} y RC_{50} es el primer paso en programas de mejoramiento genético mediante radiación gamma. El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la radiación gamma inducida en semillas de alfalfa sobre su germinación y crecimiento inicial de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

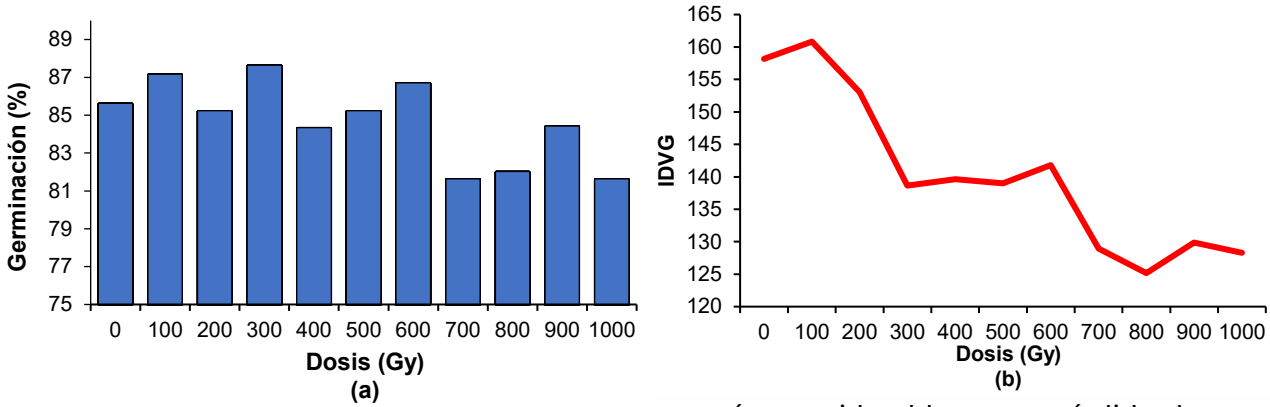
Se utilizó semilla comercial de alfalfa variedad CUF 101, la cual fue sometida a diez dosis de radiación gamma: 0 (testigo), 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 y 1000 Gray (Gy). El experimento se desarrolló durante un periodo de 15 días en las instalaciones de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), bajo condiciones controladas de laboratorio. Se emplearon cajas Petri de 90 mm de diámetro con papel filtro y algodón como sustrato, manteniendo la temperatura en 25 ± 2 °C. El diseño experimental fue completamente al azar, considerando como unidad experimental una caja Petri con 25 semillas y estableciendo diez repeticiones por tratamiento. Las semillas se humectaron inicialmente con 25 mL de agua destilada y, posteriormente, se aplicaron riegos por aspersión de 2.0 mL cada dos días. Se definió como germinada toda semilla cuya plúmula o radícula alcanzó al menos 0.5 cm de longitud. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación (PG), el índice de velocidad de germinación (IVG), la longitud de la plúmula (LP) y la longitud de la radícula (LR). Los datos de PG fueron transformados mediante la función arcoseno para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, y posteriormente se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA). La comparación de medias se realizó utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (LSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de germinación evidenció una clara respuesta dosis-dependiente a la radiación gamma [Gráfica 1 (a)]. Mientras que los tratamientos con dosis bajas (100, 200 y 400 Gy) mostraron porcentajes de germinación cercanos al 89%, superando incluso al grupo de control, las dosis a partir de 600 Gy generaron una tendencia descendente. La inhibición fue más severa en los tratamientos de 900 y 1000 Gy, donde la germinación se redujo por debajo del 82%. Estos resultados confirman que las dosis bajas a moderadas no afectan significativamente (P >0.10) la germinación, mientras que las dosis altas ejercen un efecto inhibitorio progresivo.

El índice de velocidad de germinación (IVG) resultó ser un indicador más sensible a la radiación que el porcentaje de germinación total [Gráfica 1 (b)]. Aunque la dosis de 100 Gy mostró un efecto estimulante, la velocidad disminuyó gradualmente con el aumento de la dosis, con una reducción más marcada a partir de los 500 Gy. Las dosis más altas (800, 900 y 1000 Gy) redujeron la velocidad hasta en un 25% respecto al control. Esto demuestra que, si bien las semillas pueden germinar a dosis elevadas, el proceso se vuelve significativamente más lento y menos eficiente.

Por otra parte, el análisis de la variabilidad en la germinación entre las réplicas evidenció un comportamiento más estable en las dosis intermedias [Gráfica 1 (a)]. En contraste, los tratamientos con 800 Gy o más mostraron una mayor dispersión de los datos y una disminución de los promedios. Esta alta variabilidad sugiere un efecto de estrés considerable y una pérdida de uniformidad en la respuesta de las semillas.

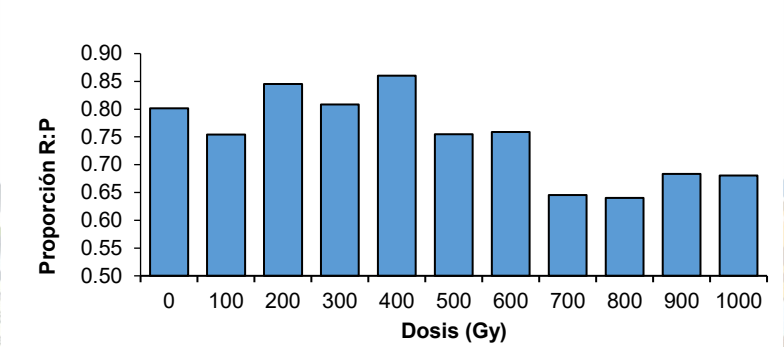


Gráfica 1. Porcentaje de germinación (a) e índice de velocidad de germinación (b) de semillas de alfalfa variedad 'CUF 101' expuesta a diferentes dosis de radiación gamma con cobalto 60.

Finalmente, al analizar la proporción radícula:plúmula (no mostrada explícitamente en las gráficas, pero calculada a partir de las mediciones), se observó que las dosis superiores a 600 Gy afectaron más severamente el crecimiento radicular en comparación con el desarrollo de la plúmula, alterando el equilibrio morfológico inicial de las plántulas. Este patrón sugiere que la radícula es más sensible a la radiación, lo

cual puede comprometer la capacidad de absorción de agua y nutrientes en fases tempranas de establecimiento (Gráfica 2).

El análisis de la proporción radícula:plúmula reveló un claro desequilibrio morfológico en las plántulas irradiadas con dosis superiores a 600 Gy. Se observó que el crecimiento de la radícula fue más severamente inhibido que el de la plúmula, lo que indica que la radícula es el órgano más sensible a la radiación gamma. Este resultado es importante, ya que un desarrollo radicular deficiente compromete directamente la capacidad de la plántula para absorber agua y nutrientes, afectando su establecimiento.



Gráfica 2. Proporción radícula:plúmula de semillas de alfalfa variedad 'CUF 101' expuesta a diferentes dosis de radiación gamma con cobalto 60.

En conjunto, los resultados demuestran que la radiación gamma induce efectos dosis-dependientes sobre las plántulas de alfalfa. Mientras que las dosis bajas (100–400 Gy) no afectaron la germinación y mostraron un ligero efecto estimulante, las dosis altas (≥ 600 Gy) inhibieron tanto la velocidad de germinación como el crecimiento radicular. Estos dos parámetros son fundamentales para establecer la dosis letal media (DL_{50}) y la dosis de reducción de crecimiento al 50% (RC_{50}) en los programas de mejoramiento genético a través de la mutagénesis inducida.

CONCLUSIONES

La radiación gamma tuvo un efecto dosis-dependiente sobre la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas de alfalfa. Dosis bajas (100–400 Gy) no afectaron el porcentaje de germinación y mostraron un ligero efecto estimulante, lo que las hace candidatas prometedoras para programas de mejoramiento genético. En contraste, las dosis altas (≥ 600 Gy) inhibieron significativamente la germinación y, en particular, el crecimiento de la radícula. Esta mayor sensibilidad de la radícula compromete el desarrollo inicial de la planta, afectando su capacidad para absorber agua y nutrientes. Lo anterior demuestran la importancia de identificar la dosis óptima de radiación para la mutagénesis en alfalfa, garantizando un equilibrio entre la inducción de variabilidad y la viabilidad de las plántulas.

LITERATURA CITADA

Akgüm I, Tosun M. Agricultural and cytological characteristics of M1 perennial rye (Secale montanum Guss.) as affected by the application of different doses of gamma rays. Pak J Biol Sci 2004;7:827-833.

IAEA. (2018). Mutant variety database. https://mvd.iaea.org

Jáuregui, J. M. (2019). Brechas productivas en Alfalfa ¿Qué necesitamos para alcanzar el potencial? Ing. Agr. José M. Jáuregui. GENTOS Gente de Pastos. https://aws.agroconsultasonline.com/documento.html?op=d&documento_id=1436

Khalil SA, Zamir R, Ahmad N. Effect of different propagation techniques and gamma irradiation on major steviol glycoside's content in Stevia rebaudiana. The J Anim Plant Sci 2014;24:1743-1751.

Roy, S. J., Negrão, S., & Tester, M. (2017). Salt resistant crop plants. Current Opinion in Biotechnology, 23(2), 122-127.

Thole V, Peraldi A, Worland B, Nicholson P, Doonan JH, Vain P. T-DNA mutagenesis in Brachypodium distachyon. J Exp Bot 2011;10:110.

Villalobos-Cano, O., Santellano-Estrada, E., Sánchez-Chávez, E., Mancillas-Flores, P. F., Martínez-Salvador, M., Morales-Nieto, C. R., & Esparza-Vela, M. E. (2019). Diagnóstico y evaluación del uso y aprovechamiento del agua en el Distrito de Riego 05-Delicias, Chihuahua, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 7(1). https://doi.org/10.19136/era.a7n1.2195

PRESENCIA DE AVES MIGRATORIAS CON RELACIÓN A LA VEGETACIÓN DISPONIBLE EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA

MIGRATORY BIRDS PRESENCE IN RELATION TO VEGETATION STRUCTURE IN GRASSLANDS OF CHIHUAHUA

Carlos Gustavo Monzón Burgos[1], Alan Álvarez Holguín*[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Alicia Melgoza-Castillo[1], Arvind O. Panjabi[2], Nelson Aguilar Palma[1]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología-Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Mx. [2]Bird Conservancy of the Rockies, Colorado, USA. *aaholguin@uach.mx

RESUMEN

Los ecosistemas de pastizal representan 40% de la superficie del planeta. También, son un gran reservorio de servicios ecosistémicos, diversidad y protección para las aves migratorias. El ecosistema de pastizal del estado de Chihuahua presenta un deterioro por la actividad agrícola y ganadera. Por lo anterior, en las últimas dos décadas las aves migratorias de pastizales han mostrado un declive. El objetivo de este trabajo es, observar la relación entre las aves migratorias y las especies de vegetación de pastizal. Por la estructura y característica de los datos obtenidos, cumplen con criterios de métodos estadísticos paramétricos, por lo que se analizaron las asociaciones con análisis de regresión de Spearman, se encontró relación significativa entre las aves migratorias y la vegetación disponible P<0.05 en los diferentes sitios de muestreo.

Palabras clave: pastizales, sobrepastoreo, aves migratorias

ABSTRACT

Grassland ecosystems represent 40% of the planet's surface. They are also a great reservoir of ecosystem services, diversity, and protection for migratory birds. The grassland ecosystem in the state of Chihuahua has deteriorated due to agricultural and livestock activity. As a result, migratory grassland birds have shown a decline in the last two decades. The objective of this work is to observe the relationship between migratory birds and grassland vegetation species. Due to the structure and characteristics of the data obtained, they meet the criteria of parametric statistical methods, so the associations were analyzed with Spearman regression analysis, and a significant relationship was found between migratory birds and the available vegetation P<0.05 in different survey sites.

Keywords: Grasslands, overgrazing, migratory birds.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de pastizal representan 40% de la superficie del planeta. También, un gran reservorio servicios ecosistémicos, diversidad y protección para las aves migratorias. En las últimas dos décadas las aves migratorias de pastizales han mostrado un declive. Se han visto en riesgo por los cambios ambientales, pero también la actividad antropogénica, que traen a su vez perdida a la cobertura vegetal, o cambios de uso de suelo (Knopf, 1994; Peterjohn *et al.*, 1999). Las grandes áreas de pastizal son utilizadas para la producción de ganado. Sin embargo, el sobrepastoreo ha alterado los pastizales naturales, actualmente, las cargas del pastoreo han reducido la cobertura vegetal (Liu *et al.*, 2013). Por la importancia de lo anterior, desde hace 70 años los pastizales en Norte América se consideraron como amenazados, Sin embargo, sigue el deterioro de los mimos (Weaver, 1954). La importancia de los pastizales para las aves migratorias radica en que representa la principal fuente de alimentación de las aves migratorias de pastizal, en el norte de México se ha llevo a cabo un estudio en el que se documentó la preferencia de semillas de pastos por las aves migratorias mediante pruebas de cafetería. Sí consumieron semillas de pasto introducido invasivo, pero en poca proporción. en contraste con las especies nativas fueron preferidas (Titulaer *et al.*, 2018). Por otra parte, se ha estudiado la relación que existe entre el habitad y la conservación de aves de pastizal, esto en el desierto Chihuahuense (Desmond *et al.*, 2005). En necesario evaluar la relación que existe entre dinámica de aves migratorias de pastizal, la vegetación y la disponibilidad del banco de semilla como fuente de alimento. Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la relación que existe entre la dinámica poblacional de aves migratorias y la vegetación en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en nueve ranchos presentes en el sur oeste de la ecorregión Desierto Chihuahuense, zona con climas áridos. Dos áreas de uso comunal, Ejido el Faro y Ejido Ojo Laguna. Además, nueve ranchos privados: Rancho El 15, Rancho El Diamante, Rancho El Morrión, Rancho El Roble, Rancho Experimental La Campana, Rancho Las Damas, Rancho Santa María, Rancho Santa Rosa, Rancho Tres Hermanos.

Diseño de muestreo

Se utilizó un diseño muestreo aleatorio estratificado generalizado, donde los estratos son áreas específicas con probabilidad de presencia de aves, en este caso aves de pastizal, estas áreas se determinan con la elevación y pendiente obtenidos de imágenes de satélite más recientes. Utilizando celdas con orientación este a oeste, de tres transectos de 800 m con separación de 250m, para un muestreo especialmente balanceado.

Muestreo de Vegetación

Para observar la forma de vida de la vegetación y proporción de vegetación, es decir, pastizal, hierbas o arbustos. Se muestreo en al menos cinco celdas por rancho. Para estimar dichas proporciones, se utilizó el método de líneas de intercepción, donde a cada cuatro pasos se registró lo que se observaba en la punta del pie: pasto, hierba o arbusto. En el registro solo se consideró el nombre científico a las gramíneas, esto para determinar si es nativa o introducida.

Monitoreo de Aves Migratorias

Para el registro de las aves se tomó en cuenta que son migratorias, por lo que, se realizaron en los meses de noviembre y a más tardar el mes de marzo. Considerando una hora después de salir el sol se iniciaba el monitoreo y hasta las doce del día como la última hora para poder monitorear, con el fin de registrar aves repetidas los transectos cuentan con separación de 150 m. Se utilizaron las mismas celdas con los respectivos transectos para registrar las aves, se consideran las aves que se observan en el transecto, o que vocalicen llamado o sobrevolaron el transecto, no se registraron aves que se observan a una distancia no mayor a 500 m.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de correlación de Spearman para ver la relación de la vegetación y las aves, para poder entender las interacciones negativas o positivas de las aves migratorias con la vegetación presente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlación de Spearman mostró relaciones significativas $P<0.05$ al relacionar la vegetación y las especies de aves presentes en los diferentes sitios de muestreo. Al considerar la presencia de *Eragrostis lehmanniana* en los sitios, se observa como esta especie, que es introducida e invasora y de importancia ecológica, La Figura 1 muestra el mapa de calor, donde se observa la correlación de las aves migratorias, asociadas a la vegetación, obtenidas en los monitoreos, efecto que se observó por (Flanders, *et al.,* 2006). En una visión general, las correlaciones que destacan son, como negativas, valores que van a -1, que podrían afectar la presencia de las aves son: *Cynodon dactylon*, *Aristida adscensionis*, *Aristida pansa*, *Chloris virgata y* algunos géneros de *Eragrostis*, estos únicamente se logró identificar el género. En contraste, las especies de vegetación que podrían estar favoreciendo la presencia de diferentes especies de aves serían las especies del género *Panicum,* este resultado coincide con Titulaer *et al.,* 2018, donde encontraron que las especies de aves migratorias prefieren este género ya que forman en mayor proporción parte de su dieta. Por otra parte, al observar las relaciones especie de ave contra especie de vegetación, el ave *Melospiza lincolnii* muestra una fuerte asociación con *Leptochloa crinita*, por otra parte, al ver la relación de el pasto invasor, no se encontró relación significativa $P>0.05$ al relacionar la presencia de *Eragrostis lehmanniana* con la vegetación

presente, sin embargo, se encontró cinco especies del género *Eragrostis,* que en su mayoría mostraron relación negativa con algunas aves P<0.05.

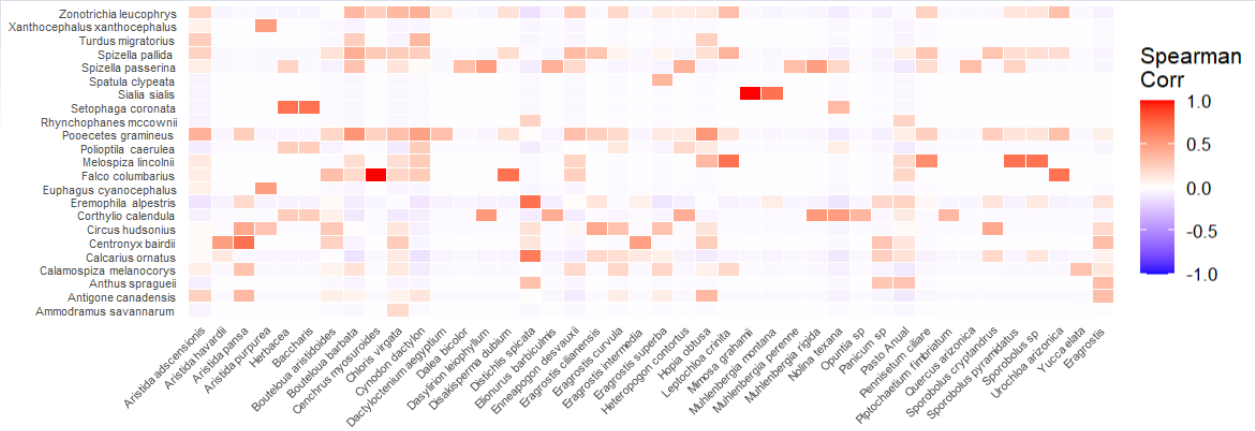


Figura 1. Mapa de calor que muestra la correlación de vegetación X y aves Y monitoreados en los inviernos 2024-2025.

CONCLUSIONES

La presencia de aves migratorias se relaciona con las diferentes especies de pasto y plantas en ecosistemas de pastizal en Chihuahua. Algunas mostraron relación negativa, lo que podría estar indicando que tales especies de pasto no podrías representar algún beneficio para la estadía de las aves en estos ecosistemas durante el invierno.

LITERATURA CITADA

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.

Peterjohn, B. G., & Sauer, J. R. (1999). Population status of North American grassland birds from the North American breeding bird survey. Studies in avian biology, 19, 27-44.

Liu, Y. Y., Evans, J. P., McCabe, M. F., De Jeu, R. A., van Dijk, A. I., Dolman, A. J., & Saizen, I. (2013). Changing climate and overgrazing are decimating Mongolian steppes. PloS one, 8(2), e57599.

Cox, J. R., Giner-Mendoza, M., Dobrenz, A. K., & Smith, M. F. (1992). Defoliation effects on resource allocation in Arizona cottontop (Digitaria californica) and Lehmann lovegrass (Eragrostis lehmanniana). Journal of the Grassland Society of Southern Africa, 9(2), 53-59.

Titulaer, M., Melgoza-Castillo, A., Macías-Duarte, A., y Panjabi, A. O. (2018). Seed size, bill morphology, and handling time influence preferences for native vs. nonnative grass seeds in three declining sparrows. The Wilson Journal of Ornithology, 130(2), 445-456.

POLINIZACIÓN DE CULTIVOS POR *Apis mellifera* (L.) Y LA CONTRIBUCIÓN ECONÓMICA A LOS APICULTORES EN CHIHUAHUA

CROP POLLINATION BY *Apis mellifera* (L.) AND THE ECONOMIC CONTRIBUTION OF BEEKEEPERS IN CHIHUAHUA

Mario Humberto Royo Márquez[1]*, Elizabeth Pérez Ruiz[1], Mercedes Borja Bravo[2].

[1]C.E. La Campana, INIFAP, [2]C.E. Pabellón, INIFAP

*Autor para correspondencia: royo.mario@inifap.gob.mx

RESUMEN

La apicultura en México contribuye a mejorar la producción de cultivos de interés. Para determinar los ingresos por polinización, se realizó un estudio en Chihuahua con 65 apicultores. El análisis estadístico se realizó con el software R Core Team (2024). La comparación de los resultados entre los tipos de productores se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis. Los apicultores fueron clasificados en tres categorías: pequeño, mediano y grade. Se encontró diferencia (P<0.05) entre el número de colmenas que destina cada tipo de productor para polinización. Los ingresos promedio por renta de colmenas también mostró diferencias, con tres veces más ingreso para los grandes productores, comparado con los pequeños. La renta para polinización del manzano lo realiza el 93% de los apicultores encuestados, con casi un 19% de ingresos extras.

Palabras clave: Cultivos, frutales, renta de colmenas, ingresos.

ABSTRACT

Beekeeping in Mexico contributes to improving the production of important crops. To determine pollination income, a study was conducted in Chihuahua with 65 beekeepers. Statistical analysis was performed using R Core Team software (2024). The results were compared between producer types using the Kruskal-Wallis test. Beekeepers were classified into three categories: small, medium, and large. A difference (P<0.05) was found between the number of hives each producer uses for pollination. Average income from hive rental also showed differences, with large producers earning three times more than small producers. Ninety-three percent of the beekeepers surveyed received apple pollination income, with almost 19% receiving extra income.

Keywords: Crops fruits, beehive rental, income.

INTRODUCCIÓN

En México existen cinco regiones apícolas definidas por su clima y flora. En la zona norte y templadas los rendimientos de miel de abeja son de 25 a 50 kg por colmena, mientras que en las zonas cálidas la producción se incrementa de 50 a 75 kg colmena^{-1} (Reyes y Cano, 2000). Para Chihuahua se reportó para el 2022 un rendimiento de 17.8 kg por colmena productiva (Pérez *et al.*, 2023), lo que representa un bajo índice

productivo, resultado de factores medioambientales adversos (SAGARPA, 2010). En los estados de Sinaloa, Chihuahua y Coahuila, la renta de colmenas para la polinización de cultivos, se ha convertido en una fuente alterna de ingresos Reyes y Cano (2000) incluyen recomendaciones para la utilización de abeja para la polinización de cultivos (cítricos, cucurbitáceas, frutales, algodón, etc.). Sin embargo, se desconoce la contribución en los ingresos que representa la renta de colmenas para los apicultores. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el determinar los ingresos por renta de colmenas para polinización de cultivos, por estrato de productor y principales cultivos en los que se utilizan.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en 13 municipios de Chihuahua con un total de 65 encuestas. El tamaño de muestra se obtuvo al considerar una población de 187 unidades apícolas reportadas en el registro para repoblamiento de apiarios del Gobierno de Chihuahua en 2017 en 21 municipios. El tamaño de muestra se estimó mediante muestreo aleatorio simple con reemplazo, para poblaciones finitas, considerando máxima varianza, con un nivel de confianza del 95% (1.96) y *"e"* que es el error máximo permisible de la estimación de 0.10 (10%). Para el diseño y formato de la encuesta, el cuestionario incluyó preguntas cerradas y abiertas, sobre los siguientes temas: a) datos generales de los apicultores; b) renta de colmenas; c) comercialización de productos apícolas. Las encuestas fueron aplicadas en los meses noviembre de 2021 a agosto de 2022, incorporadas y actualizadas en 2025. Para la estratificación de los productores, se utilizó la propuesta realizada por Borja *et al.* (2025). De la tipificación se realizó el análisis con estadística descriptiva sobre la comercialización de miel y otros productos derivados de la apicultura. Los datos no mostraron normalidad, por lo que se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, aplicable a datos con una $n>50<1000$. La comparación de los resultados entre los tipos de productores se realizó con la prueba de Kruskal-Wallis. Los análisis se realizaron con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (Quispe-Andía *et al.*, 2019). Para estimar el valor económico del servicio de polinización, se utilizó la metodología propuesta por Agricultura *et al.*, (2021), donde se considera que el servicio de polinización puede cuantificarse monetariamente en función del nivel de dependencia de cada cultivo al servicio de polinización por abejas. Para calcular el valor económico neto de cada cultivo se multiplicó el volumen total de producción en el estado por el precio para el año 2022, obtenidos del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIAP, 2024). Para calcular el valor económico de los polinizadores sobre el cultivo, se multiplicó el valor de dependencia cuantitativa de los cultivos a polinizadores (valor entre 0 y 1; de nulo a total dependencia) por el valor económico neto del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los apicultores encuestados fueron clasificados en tres tipos: pequeño, mediano y grande, según el número de colmenas que poseía 8 a 60, 61 a 140 y más de 141, respectivamente. Los apicultores encuestados utilizaron un total de 4,178 colmenas para la renta de polinización de cultivos. Se calcula que aproximadamente 14 mil

colmenas son utilizadas en la polinización del manzano en la región de Cuauhtémoc, Guerrero y Namiquipa, de éstas alrededor del 50% de las colmenas pertenece a Apicultores no registrados en alguna Asociación. Se observó diferencia significativa (P<0.05) entre el número de colmenas que destina cada tipo de productor (Figura 1). No se encontró diferencia significativa entre el precio de renta y los tipos de productores (Cuadro 1). Los ingresos promedio por renta de colmenas fue diferente (P<0.05) entre tipos de productores (Figura 1). Por el servicio de renta, los medianos apicultores obtuvieron el doble de ingresos que los pequeños productores, y los grandes apicultores obtuvieron tres veces mayores ingresos que los medianos.

El 48% de los apicultores realizan la renta de colmenas para polinización de diferentes cultivos. Los principales cultivos para los que rentan sus colmenas fueron: el manzano 48%, seguido con un 36% por las Cucurbitáceas (sandía, melón y pepino; las cuales requieren 2.6, 3.7 y 4.2 colmenas/ha, respectivamente) (Cuadro 2) (Reyes y Cano, 2000).

Cuadro 1. Ingresos económicos por renta de colmenas, según el tipo de productor en Chihuahua.

	Descripción	Pequeño	Mediano	Grande
Renta para polinización	Colmenas (#)	35.89 a*	82.5 b	261.36 c
	Por colmena ($)	800 a	829.17 a	827.27 a
	Ingreso ($)	32,144.44 a	70,150 b	226,681.82 c

* Literal diferente entre hileras son estadísticamente diferentes (P<0.05). (Fuente: elaboración propia datos de encuesta).

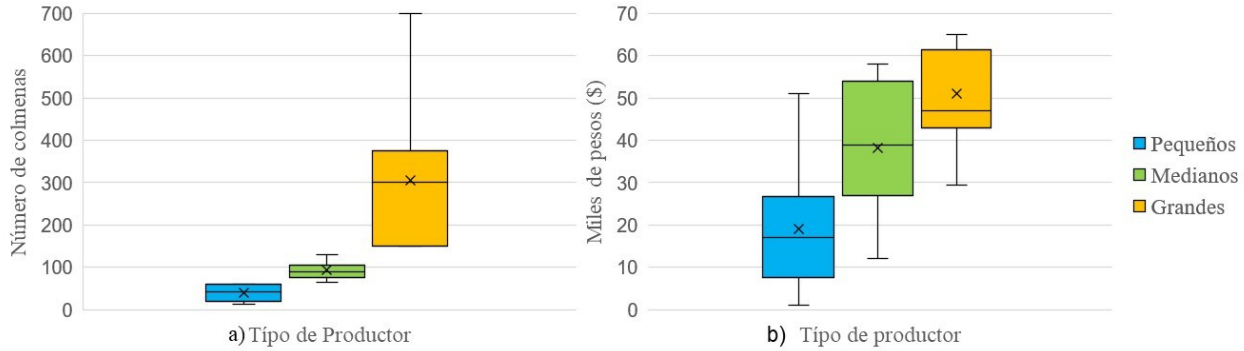


Figura 1. A) Número de colmenas que se rentan polinización, b) Ingresos en miles de pesos por renta de colmenas.

Las cucurbitáceas dependen más del 90% de la polinización de abejas para la producción de frutos. El cultivo de manzano requiere 2.8 colmenas ha^{-1} (Reyes y Cano, 2000) y es el que más utiliza el servicio de renta de colmenas para polinización en el Estado; donde el cultivo es considerado de los más importantes en la producción a nivel nacional. Las abejas al ser polinizadores naturales son esenciales para la producción de frutos y semillas. Por ejemplo, la presencia de abejas en la floración de manzano incrementa el amarre de fruto en 75% para Golden Delicious y 76.4 % en Red Delicious (Mata *et al.,* 2000). La renta de colmenas representa un ingreso y el fomento de la apicultura sostenible.

En promedio, un apicultor recibe de renta por colmena $719, pero este puede variar dependiendo del cultivo (Cuadro 2). El 94% de los apicultores que rentan para polinización de manzano, con un promedio de renta de $808 pesos por colmena, además de otros cultivos. El ingreso más alto lo obtuvo el cultivo de arándano con $ 1,300 pesos y el menor ingreso fue para la fresa $ 400 pesos. También se observa que el valor neto económico de los principales cultivos que utilizan las colmenas como polinizadores, el grado de dependencia de cada cultivo para la polinización y el valor económico que se le atribuye a los polinizadores.

Cuadro 2. Costo por renta de colmenas por cultivo en Chihuahua.

Cultivo	Demanda de colmenas para polinización de cultivos* (%)[1]	Precio promedio por renta por colmena ($)[1]	Grado de dependencia del cultivo a la polinización	Valor económico neto del cultivo (miles de $)[2]	Valor económico de los polinizadores (miles de $)[2]
Durazno	3.4	650	0.65	263,840.97	171,497
Fresa	1.7	400	0.25	1650.58	413
Manzano	49.2	808	0.65	7,740,113.73	5,031,074
Melón	15.3	678	0.95	163,184.92	155,026
Sandía	18.6	664	0.95	490,617.49	466,087
Otros (7 cultivos)	11.9	794	-	-	-

* Se renta para más de un cultivo. (Fuente: [1]elaboración propia con datos obtenidos en la encuesta y [2]SIAP, 2022))

El cultivo más importante por su valor económico neto fue el manzano, ya que en 2022 se obtuvieron 7,740.11 millones de pesos por la producción; mientras que el valor económico atribuido a los polinizadores fue de 5,031.07 millones de pesos. Al manzano le sigue la sandía, durazno, melón y fresa. En el servicio de renta, son los apicultores los responsables del cuidado de las colmenas, alimentación, prevención de enfermedades y protección contra plagas. Así como la pérdida de colmenas por plaguicidas, u otros factores, donde en el norte de México la perdida de éstas llega hasta un 35% (SIAP, 2024). El total de ingresos percibidos por los apicultores encuestados fue de 19 millones con 189 mil pesos, lo que correspondió al 63.8%, seguido por el 18.8% de ingresos por renta de colmenas y 12.7% por venta de propóleo y sus tinturas, las otras actividades como: producción de jalea real, producción, de cera, producción de reinas y valor agregado representó menos del 1% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ingreso total obtenidos por producto de los apicultores de Chihuahua.

Productos	Apicultores que producen* (%)	Ingreso ($)	(%)
Miel	100	12,256,160	63.8
Renta de colmenas	48	3,606,075	18.8
Propóleo	18	2.434,052	12.7
Núcleos	18	805,200	4.2
Otros	23	87,741	0.5
Total		19,189,228	100.0

*Algunos apicultores comercializan más de un producto. (Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la encuesta).

CONCLUSIONES

La venta de miel corresponde al 63.8% de los ingresos de los apicultores encuestados. El 69% de los apicultores obtiene mayores ingresos con alguna otra actividad apícola, además de la venta de miel. El 48% de los entrevistados consideró la renta de colmenas como actividad prioritaria y el 18.8% de los ingresos proviene de esta actividad. El valor económico que genera el servicio de polinización de las abejas es importante, principalmente para los frutales como el manzano.

LITERATURA CITADA

Agricultura-Semarnat-Senasica-Conabio-Conanp. (2021). Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México. 1er Ed. En: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/629650/Diagnostico_calidad_media.pdf

Borja, B.M., Sánchez, T.B.I., Vélez, I.A., Pérez, R.E. & Arellano, A.S. (2025). Características de los tipos de apicultores en Chihuahua, México. *Rev Mex. Cs Pecuarias*; *16*(1):224-235. doi.org/10.22319/rmcp.v16i4.6543.

Mata, B.I., León D.G. & Morones, R.R. (2000). Polinización apícola del manzano en Coahuila. UAAAN, 16(2), 2-12. DOI: https://doi.org/10.59741/agraria.v16i2.253

Pérez, R.E., Gutiérrez, L.R., Borja, B.M., & Royo, M.M.H. (2023). Diagnóstico de la apicultura en Chihuahua. Folleto para productores No. 61. INIFAP-CIRNOC-C.E. La Campana. Aladama, Chih.

Quispe-Andía, A. Calla-Vasquez K.M., Yangali-Vicente J.S., Rodríguez-López J.L. & Pumacayo-Palomino I.I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica. Eidec Editorial. Colombia. 79 p. En: https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estadísstica-no-paramétrica-aplicada.pdf.

Reyes C, J.L. y Cano R., P. (2000). Manual de polinización apícola. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. México. 52 p. En: https://www.mieldemalaga.com/data/manual_polinizacion_apicola.mex.pdf.

SAGARPA. (2010). Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. Claridades Agropecuarias. Coordinación Geneneral de Ganadería. 199:3-34. En: https://atlas-abejas.agricultura.gob.mx/pdfs/ca199-3.pdf

SIAP. (2024). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola y Peccuaria. En: https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/, https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuaria/

EL LÚPULO MEJORA RETENCIÓN DE NITRÓGENO Y MICROBIOTA EN POLLINAZA PARA SUPLEMENTAR ANIMALES EN PASTOREO

HOPS IMPROVE NITROGEN RETENTION AND MICROBIOTA IN POULTRY LITTER TO SUPPLEMENT GRAZING ANIMALS

Oscar Ruiz-Barrera[1*], Lianne Romero-Vilorio[1], Yamicela Castillo-Castillo[1], Francisco Castillo-Rangel[1], Einar Vargas-Bello-Perez[1], Robin Anderson[2] y Michael D. Flythe[2].

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua 31453. [2]Food and Feed Safety Research Unit, ARS, USDA, College Station, TX 77845, USA. [3]Forage-Animal Production Research Unit, ARS, USDA, Lexington, KY 40506, USA

RESUMEN

El objetivo fue evaluar los efectos del lúpulo Chinook o Galena sobre la acumulación de ácido úrico, urea y amoníaco y bacteria patógenas durante el compostaje de pollinaza sujeta a tres tratamientos: control y con dos variedades de lúpulo incubada a temperaturas sucesivas. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño factorial de dos vías con ANOVA. Se observó que el lúpulo Chinook redujo moderadamente el amoníaco tras 9 días de compostaje. Aunque hubo un efecto del tratamiento sobre la urea, no se detectaron efectos significativos en la acumulación de ácido úrico sin mostrar degradación. El tratamiento con lúpulo afectó las concentraciones de *S. Typhimurium* y *E. coli*, pero no de aerobios. Estos últimos disminuyeron progresivamente con los días de compostaje, sin efecto principal del tratamiento.

Palabras claves: pastoreo, lúpulo, bacterias patógenas

ABSTRACT

The objective was to assess the effects of Chinook or Galena hops on the accumulation of uric acid, urea, ammonia, and pathogenic bacteria during the composting of poultry litter subjected to three treatments: control and two hop varieties incubated at successive temperatures. Statistical analysis was conducted using a two-way factorial design with ANOVA. Chinook hops moderately reduced ammonia levels after 9 days of composting. Although a treatment effect was observed on urea, no significant effects were detected on uric acid accumulation, which showed no signs of degradation. Hops treatment affected the concentrations of *S. Typhimurium* and *E. coli*, but not of aerobic bacteria, which progressively decreased over the composting period regardless of treatment.

Key words: grazing, hops, pathogenic bacteria.

INTRODUCCIÓN

La sequía recurrente en Chihuahua reduce significativamente la disponibilidad de forrajes en los agostaderos, lo que obliga a los productores a buscar fuentes alternativas de alimentación. En este contexto, las camas avícolas surgen como un ingrediente no convencional viable para suplementar la dieta del ganado durante los periodos críticos. Su aprovechamiento no solo contribuye a sostener la productividad ganadera, sino que también representa una estrategia ambientalmente responsable, ya que el manejo inadecuado de la cama usada plantea un reto ecológico, debido a la posible saturación del suelo con P, K y N cuando se aplica de forma continua como fertilizante. Sin embargo, al contener nitrógeno en forma de AU y U, puede ser una valiosa fuente de PC para rumiantes en pastoreo, ya que los microorganismos del rumen convierten estos compuestos en proteína microbiana útil para el animal. Pero existe el problema de que esta cama puede contener un número significativo de bacterias patógenas, tales como *Salmonella entérica, Escherichia coli,* y *Campylobacter jejuni* entre otros, por lo que debe ser tratado adecuadamente. No hay duda de que hay procesos biotecnológicos menos costosos que pueden eliminar esos patógenos pero el proceso puede resultar en el desdoblamiento del AU, U y otros compuestos nitrogenados (amonificación), lo cual, dependiendo del pH se pueden perder durante el almacenamiento debido a la volatilización o al lixiviado. Por ello, existe interés en desarrollar tecnologías que permitan conservar el contenido de proteína cruda de la cama avícola durante el compostaje. La adición de ciertos productos naturales, como el biocarbón, la lignita, los taninos o algunos compuestos secundarios de plantas, como el lúpulo *(Humulus lupulus*) han sido estudiados como posibles suplementos en el compostaje de la cama para prevenir la amonificación de la PC y la eliminación de microorganismos patógenos. El objetivo fue evaluar el efecto del lúpulo Chinook y Galena sobre la acumulación de AU, U y amoníaco (NH_3) durante el compostaje, y su impacto en ciertas poblaciones microbianas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este estudio se utilizó cama avícola compuesta por viruta de madera, la cual fue proporcionada por el Departamento de Ciencia Avícola de la Universidad Texas A&M (College Station, TX, EE. UU.Los tratamientos consistieron en la adición de pellets de lúpulo de las variedades Chinook y Galena. Para la simulación del compostaje, se prepararon porciones de 250 g de cama avícola, las cuales se distribuyeron en cuatro bandejas plásticas y se mezclaron con 125 mL de una solución tampón fosfato 0.4 M (pH 6.5), ya fuera sola o con lúpulo Chinook (0.50 g) o Galena (0.167 g). Posteriormente, porciones de 11 g de estas mezclas se colocaron en tubos plásticos de 50 mL (12 tubos por tratamiento), y se inocularon con 1.1 mL de una suspensión de *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, resistente a novobiocina y ácido nalidíxico. Los tubos se sellaron herméticamente y se incubaron a temperaturas sucesivas de 22 °C, 37 °C y 42 °C (cada una por tres días) para simular el incremento térmico característico del compostaje. Durante los primeros tres días, la incubación se realizó en condiciones aeróbicas. A

partir del día 4 y hasta el día 9, se purgaron los tubos con dióxido de carbono al 100% para mantener condiciones anaerobias. En los días establecidos de muestreo, se recolectaron tubos control y tratados, a los cuales se les añadieron 20 mL de tampón fosfato de sodio 0.4 M (pH 6.5). De cada tubo se extrajeron 4 mL de líquido: 1 mL fue destinado a preparar diluciones seriadas (1:10) para recuentos bacteriológicos inmediatos. Los sobrenadantes obtenidos se almacenaron a 20 °C hasta su análisis colorimétrico para determinar las concentraciones de ácido úrico, urea y amoníaco.

Análisis estadístico. El análisis se realizó mediante un diseño factorial de dos vías con ANOVA, utilizando el software Statistix10. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se aplicó la prueba LSD para comparar las medias de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los procesos biotecnológicos, como el compostaje y el ensilado, son reconocidos como métodos económicamente eficaces para reducir las concentraciones de microorganismos patógenos y otros indeseables en la cama avícola destinada a su uso como fertilizante nitrogenado o como suplemento de PC para rumiantes (Bakshi, y Fontenot, 1988). Los resultados revelaron efectos variables del tratamiento con lúpulo sobre las concentraciones de nitrógeno en la cama avícola composteada (Fig. 1). En el caso del NH_3, se observó una interacción entre tratamiento y día de compostaje. Como se ilustra en la Figura 1A, las concentraciones aumentaron cada día durante el compostaje, y después de 9 días fueron moderadamente más bajas en el compost tratado con lúpulo Chinook que en el compost sin tratar o tratado con lúpulo Galena. Se ha demostrado que la disminución en la producción de NH_3 ruminal se debe a la inhibición inducida por el lúpulo de bacterias productoras de amoníaco en niveles elevados (Flythe, M.D., 2009). Se observó un efecto principal del tratamiento ($P = 0.003$, SEM = 0.520) sobre la acumulación de U, pero no se detectaron efectos significativos del día de compostaje ni de la interacción entre tratamiento y día. Sin embargo, los resultados del presente estudio no revelaron efectos apreciables del tratamiento con lúpulo sobre la prevención de la degradación del AU o la U durante el compostaje, en concordancia con resultados previamente reportados (Steiner *et al.*, 2010).

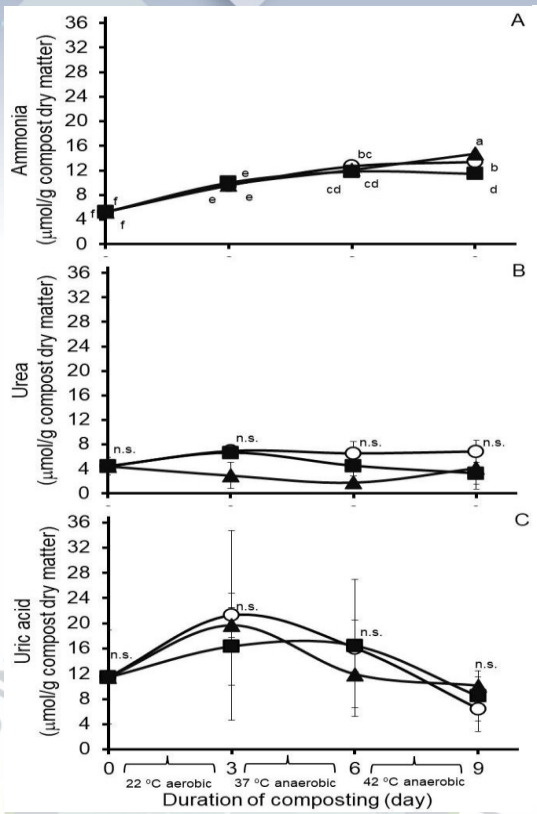


Figura 1. Acumulaciones de amoniaco (A), urea (B) y ácido úrico (C).

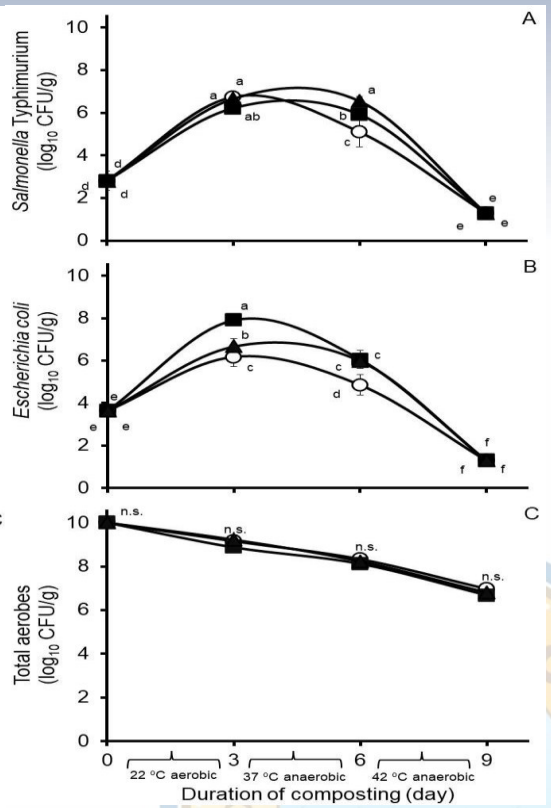


Figura 2. Concentraciones de *Salmonella Typhimurium* (**A**), *Escherichia coli* (**B**) y aeróbicos totales (**C**).

Los promedios del efecto principal del tratamiento para la acumulación de U fueron más altos en las muestras del compost sin tratar, más bajos en las muestras tratadas con Galena, e intermedios en las tratadas con Chinook (6.20, 4.71 y 3.34 µmol/g de materia seca del compost, respectivamente). Se observó un efecto del día de compostaje sobre las concentraciones de AU (P = 0.028, SEM = 2.429), pero no se encontraron efectos principales del tratamiento ni interacción entre tratamiento y día. Los promedios del efecto principal del día de tratamiento para las concentraciones de AU en el compost fueron más altos en el día 3 (19.11 µmol/g MS), más bajos en los días 0 y 9 (11.49 y 8.35 µmol/g MS, respectivamente) e intermedios en el día 6 (14.83 µmol/g MS), resultados similares a lo reportado por otros autores (Tiquia, S.T y Tamb, N.F., 2020) Los efectos del tratamiento con lúpulo sobre poblaciones bacterianas seleccionadas se muestran en la Figura 2. Se observaron interacciones entre el tratamiento y el día de compostaje en las concentraciones de la cepa desafiante de *S. Typhimurium* y de *E. coli* silvestre (SEM = 0.199 y 0.147, respectivamente), pero no en las concentraciones de aerobios silvestres (SEM = 0.117). No se observó un efecto principal del tratamiento sobre las concentraciones de aerobios totales en las compostas; sin embargo, sí se detectó un efecto del día de compostaje, con una disminución progresiva de las concentraciones de aerobios totales en orden descendente a lo largo de los días de

compostaje (Figura 2C). La falta de una mayor actividad antimicrobiana contra las bacterias Gram-negativas no resulta inesperada (Fahle *et al.*, 2022), ya que de acuerdo a estos autores se reconoce que los ácidos β del lúpulo tienen poca o ninguna actividad antimicrobiana contra este tipo de bacterias. Por el contrario, se ha demostrado que los ácidos β del lúpulo y sus derivados ejercen actividad antimicrobiana contra diversas bacterias Gram-positivas (Fahle *et al.*, 2022). Por lo tanto, la falta de una mayor actividad antimicrobiana contra las bacterias Gram-positivas observada en el presente estudio fue inesperada, aunque está respaldada por la ausencia de un efecto apreciable del tratamiento con lúpulo o del día de compostaje sobre la diversidad microbiana.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio revelaron ciertos beneficios del tratamiento con lúpulo Chinook o Galena sobre la efectividad antimicrobiana o la retención de nitrógeno durante el compostaje de la pollinaza.

LITERATURA CITADA

Bakshi, M.P.S.; Fontenot, J.P. Processing and nutritive evaluation of broiler litter as a feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* 1988, *74*, 337–345. [CrossRef]

Fahle, A.; Bereswill, S.; Heimesaat, M.M. Antibacterial effects of biologically active ingredients in hop provide promising options to fight infections by pathogens including multi-drug resistant bacteria. Eur. J. Microbiol. Immunol. 2022, 12, 22–30. [CrossRef]

Flythe, M.D. The antimicrobial effects of hops (*Humulus lupulus* L.) on ruminal hyper ammonia-producing bacteria. *Lett. Appl. Microbiol.* **2009**, *48*, 712–717. [CrossRef]

Steiner, C.; Das, K.C.; Melear, N.; Lakly, D. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J. Environ. Qual.* **2010**, *39*, 1236–1242. [CrossRef] [PubMed]

Tiquia, S.T.; Tamb, N.F.Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. Environ. Pollut. 2020, 110, 535–541. [CrossRef]

PRESENCIA DE AVES MIGRATORIAS CON RELACIÓN A LA VEGETACIÓN DISPONIBLE EN PASTIZALES DE CHIHUAHUA

MIGRATORY BIRDS PRESENCE IN RELATION TO VEGETATION STRUCTURE IN GRASSLANDS OF CHIHUAHUA

Carlos Gustavo Monzón Burgos[1], Alan Álvarez Holguín*[1], Carlos Raúl Morales Nieto[1], Alicia Melgoza Castillo[1], Arvind O. Panjabi[2], Nelson Aguilar Palma[1]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología-Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua, Mx.

[2]Bird Conservancy of the Rockies, Colorado, USA. *aaholguin@uach.mx

RESUMEN

Los ecosistemas de pastizal representan 40% de la superficie del planeta. También, son un gran reservorio de servicios ecosistémicos, diversidad y protección para las aves migratorias. El ecosistema de pastizal del estado de Chihuahua presenta un deterioro por la actividad agrícola y ganadera. Por lo anterior, en las últimas dos décadas las aves migratorias de pastizales han mostrado un declive. El objetivo de este trabajo es, observar la relación entre las aves migratorias y las especies de vegetación de pastizal. Por la estructura y característica de los datos obtenidos, cumplen con criterios de métodos estadísticos paramétricos, por lo que se analizaron las asociaciones con análisis de regresión de Spearman, se encontró relación significativa entre las aves migratorias y la vegetación disponible $P<0.05$ en los diferentes sitios de muestreo.

Palabras clave: pastizales, sobrepastoreo, aves migratorias

ABSTRACT

Grassland ecosystems represent 40% of the planet's surface. They are also a great reservoir of ecosystem services, diversity, and protection for migratory birds. The grassland ecosystem in the state of Chihuahua has deteriorated due to agricultural and livestock activity. As a result, migratory grassland birds have shown a decline in the last two decades. The objective of this work is to observe the relationship between migratory birds and grassland vegetation species. Due to the structure and characteristics of the data obtained, they meet the criteria of parametric statistical methods, so the associations were analyzed with Spearman regression analysis, and a significant relationship was found between migratory birds and the available vegetation $P<0.05$ in different survey sites.

Keywords: Grasslands, overgrazing, migratory birds.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas de pastizal representan 40% de la superficie del planeta. También, un gran reservorio servicios ecosistémicos, diversidad y protección para las aves migratorias. En las últimas dos décadas las aves migratorias de pastizales han mostrado un declive. Se han visto en riesgo por los cambios ambientales, pero también la actividad antropogénica, que traen a su vez perdida a la cobertura vegetal, o cambios de uso de suelo (Knopf, 1994; Peterjohn *et al*., 1999). Las grandes áreas de pastizal son utilizadas para la producción de ganado. Sin embargo, el sobrepastoreo ha alterado los pastizales naturales, actualmente, las cargas del pastoreo han reducido la cobertura vegetal (Liu *et al*., 2013). Por la importancia de lo anterior, desde hace 70 años los pastizales en Norte América se consideraron como amenazados, Sin embargo, sigue el deterioro de los mimos (Weaver, 1954).

La importancia de los pastizales para las aves migratorias radica en que representa la principal fuente de alimentación de las aves migratorias de pastizal, en el norte de México se ha llevo a cabo un estudio en el que se documentó la preferencia de semillas de pastos por las aves migratorias mediante pruebas de cafetería. Sí consumieron semillas de pasto introducido invasivo, pero en poca proporción. en contraste con las especies nativas fueron preferidas (Titulaer *et al*., 2018). Por otra parte, se ha estudiado la relación que existe entre el habitad y la conservación de aves de pastizal, esto en el desierto Chihuahuense (Desmond *et al*., 2005).

En necesario evaluar la relación que existe entre dinámica de aves migratorias de pastizal, la vegetación y la disponibilidad del banco de semilla como fuente de alimento. Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar la relación que existe entre la dinámica poblacional de aves migratorias y la vegetación en el estado de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en nueve ranchos presentes en el sur oeste de la ecorregión Desierto Chihuahuense, zona con climas áridos. Dos áreas de uso comunal, Ejido el Faro y Ejido Ojo Laguna. Además, nueve ranchos privados: Rancho El 15, Rancho El Diamante, Rancho El Morrión, Rancho El Roble, Rancho Experimental La Campana, Rancho Las Damas, Rancho Santa María, Rancho Santa Rosa, Rancho Tres Hermanos.

Diseño de muestreo

Se utilizó un diseño muestreo aleatorio estratificado generalizado, donde los estratos son áreas específicas con probabilidad de presencia de aves, en este caso aves de pastizal, estas áreas se determinan con la elevación y pendiente obtenidos de imágenes de satélite más recientes. Utilizando celdas con orientación este a oeste, de tres transectos de 800 m con separación de 250m, para un muestreo especialmente balanceado.

Muestreo de Vegetación

Para observar la forma de vida de la vegetación y proporción de vegetación, es decir, pastizal, hierbas o arbustos. Se muestreo en al menos cinco celdas por rancho. Para estimar dichas proporciones, se utilizó el método de líneas de intercepción, donde a cada cuatro pasos se registró lo que se observaba en la punta del pie: pasto, hierba o arbusto. En el registro solo se consideró el nombre científico a las gramíneas, esto para determinar si es nativa o introducida.

Monitoreo de Aves Migratorias

Para el registro de las aves se tomó en cuenta que son migratorias, por lo que, se realizaron en los meses de noviembre y a más tardar el mes de marzo. Considerando una hora después de salir el sol se iniciaba el monitoreo y hasta las doce del día como la última hora para poder monitorear, con el fin de registrar aves repetidas los transectos cuentan con separación de 150 m. Se utilizaron las mismas celdas con los respectivos transectos para registrar las aves, se consideran las aves que se observan en el transecto, o que vocalicen llamado o sobrevolaron el transecto, no se registraron aves que se observan a una distancia no mayor a 500 m.

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de correlación de Spearman para ver la relación de la vegetación y las aves, para poder entender las interacciones negativas o positivas de las aves migratorias con la vegetación presente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de correlación de Spearman mostró relaciones significativas $P<0.05$ al relacionar la vegetación y las especies de aves presentes en los diferentes sitios de muestreo. Al considerar la presencia de *Eragrostis lehmanniana* en los sitios, se observa como esta especie, que es introducida e invasora y de importancia ecológica, La Figura 1 muestra el mapa de calor, donde se observa la correlación de las aves migratorias, asociadas a la vegetación, obtenidas en los monitoreos, efecto que se observó por (Flanders, *et al.,* 2006). En una visión general, las correlaciones que destacan son, como negativas, valores que van a -1, que podrían afectar la presencia de las aves son: *Cynodon dactylon*, *Aristida adscensionis*, *Aristida pansa*, *Chloris virgata y* algunos géneros de *Eragrostis*, estos únicamente se logró identificar el género. En contraste, las especies de vegetación que podrían estar favoreciendo la presencia de diferentes especies de aves serían las especies del género *Panicum,* este resultado coincide con Titulaer *et al.,* 2018, donde encontraron que las especies de aves migratorias prefieren este género ya que forman en mayor proporción parte de su dieta. Por otra parte, al observar las relaciones especie de ave contra especie de vegetación, el ave *Melospiza lincolnii* muestra una fuerte asociación con *Leptochloa crinita*, por otra parte, al ver la relación de el pasto invasor, no se encontró relación significativa $P>0.05$ al relacionar la presencia de *Eragrostis lehmanniana* con la vegetación

presente, sin embargo, se encontró cinco especies del género *Eragrostis,* que en su mayoría mostraron relación negativa con algunas aves P<0.05.

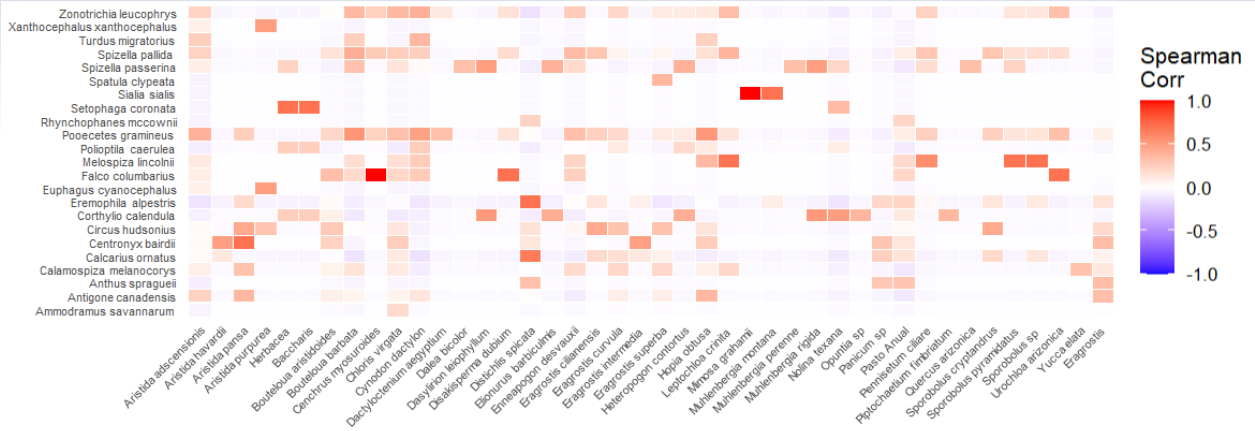


Figura 1. Mapa de calor que muestra la correlación de vegetación X y aves Y monitoreados en los inviernos 2024-2025.

CONCLUSIONES

La presencia de aves migratorias se relaciona con las diferentes especies de pasto y plantas en ecosistemas de pastizal en Chihuahua. Algunas mostraron relación negativa, lo que podría estar indicando que tales especies de pasto no podrías representar algún benefició para la estadía de las aves en estos ecosistemas durante el invierno.

LITERATURA CITADA

Cox, J. R., Giner-Mendoza, M., Dobrenz, A. K., & Smith, M. F. (1992). Defoliation effects on resource allocation in Arizona cottontop (Digitaria californica) and Lehmann lovegrass (Eragrostis lehmanniana). Journal of the Grassland Society of Southern Africa, 9(2), 53-59.

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.

Liu, Y. Y., Evans, J. P., McCabe, M. F., De Jeu, R. A., van Dijk, A. I., Dolman, A. J., & Saizen, I. (2013). Changing climate and overgrazing are decimating Mongolian steppes. PloS one, 8(2), e57599.

Peterjohn, B. G., & Sauer, J. R. (1999). Population status of North American grassland birds from the North American breeding bird survey. Studies in avian biology, 19, 27-44.

Titulaer, M., Melgoza-Castillo, A., Macías-Duarte, A., y Panjabi, A. O. (2018). Seed size, bill morphology, and handling time influence preferences for native vs. nonnative grass seeds in three declining sparrows. The Wilson Journal of Ornithology, 130(2), 445-456.

PRESENTACIONES EN MODALIDAD ORAL

POTENCIAL ALIMENTICIO DE HOJAS DE ESPECIES DE HUIZACHE EN FUNCIÓN DEL MOMENTO DE COSECHA

FEED POTENTIAL OF HUIZACHE SPECIES LEAVES DEPENDING ON HARVEST TIME

Diana Sofía Torres Velázquez[1*], Karina Araiza Ponce[1], Manuel Murillo Ortiz[1], Jesús Bernardo Páez Lerma[2], Damián Reyes Jáquez[2]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México. [2]Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Durango. Felipe Pescador 1830 Ote. Col. Nueva Vizcaya, C.P. 34080. Durango, Dgo. México. Autor de correspondencia: torresofia@gmail.com

RESUMEN

El huizache es aprovechado como alimento de rumiantes, su contenido de proteína permite su inclusión en concentrados; sin embargo, es indispensable evaluar variaciones durante el año para su exitosa implementación en sistemas productivos. Este trabajo analiza cambios en la composición de hojas de *Acacia farnesiana* y *Acacia schaffneri* de octubre/2023 a septiembre/2024. Para ello, se colectó huizache cada mes y se determinó composición química y rendimiento por estación. Los resultados indican variaciones significativas para ambas especies y se concluye que la hoja de *Acacia farnesiana* presenta mejores características nutricionales y rendimiento en los meses de abril y mayo por lo que puede ser aprovechado de manera inmediata en temporada de secas, mientras que se recomienda cosechar *A. schaffneri* en junio y octubre para obtener calidad intermedia pero mayor rendimiento.

Palabras clave: *Acacia farnesiana, Acacia shaffneri,* ganado rumiante

ABSTRACT

Huizache is used as ruminant feed; its protein content allows its inclusion in concentrates; however, it is essential to evaluate variations throughout the year for its successful implementation in production systems. This study analyzes changes in the composition of *Acacia farnesiana* and *A. schaffneri* leaves from October 2023 to September 2024. To this end, huizache was collected each month and its chemical composition and yield were determined by season. The results indicate significant variations for both species, and it is concluded that *Acacia farnesiana* leaves have better nutritional characteristics and yield in April and May, making them suitable for immediate use during the dry season. *A. schaffneri* is recommended to be harvested in June and October to obtain intermediate quality but higher yields.

Key words: *Acacia farnesiana, Acacia shaffneri,* ruminant livestock

INTRODUCCIÓN

La crisis ambiental y alimentaria a nivel mundial, exige la búsqueda de fuentes de suplementación no convencionales para ganado rumiante. Dentro de ellas, se encuentra flora local que incluye especies de *Acacia* (huizache), cuyo contenido de proteína y metabolitos secundarios puede favorecer la eficiencia de la dieta al ser incluido en concentrados (Torres-Velázquez *et al.,* 2024). Otra característica deseable para su aprovechamiento es que la deforestación, pastoreo y abandono de las tierras favorece la aparición de huizaches debido a su elevada capacidad de adaptación, resistencia a la sequía y bajos requerimientos de agua, lo que facilita su propagación y amplia disponibilidad (Cabrera-Nuñez *et al.,* 2019). Sin embargo, para su correcta implementación en sistemas productivos, resulta indispensable evaluar los cambios en la composición a lo largo del año para determinar los tiempos ideales de cosecha. El objetivo de este trabajo fue analizar la composición química de hojas de dos especies de *Acacia* abundantes en Durango y determinar su estado de mayor potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

La obtención de las hojas de huizache se llevó a cabo en el período de octubre de 2023 a septiembre de 2024, en dos zonas de las inmediaciones de la ciudad de Durango con abundante vegetación de huizache: *Acacia farnesiana,* 23º59'0.9" N, 104º41'33.6" W, 1890 m y *Acacia schaffneri* 23º59'38" N, 104º32'34" W, 1870 m.*;* para ello, se cortaron ramas de cerca de 1m de longitud a partir de arbustos seleccionados al azar. Las hojas se separaron manualmente, se mezclaron en un pool por especie, se secaron (55°C, 48h) y molieron (malla de 2mm). Las determinaciones se llevaron de acuerdo con lo realizado por Torres-Velázquez *et al.,* (2024) e incluyeron materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácido (FDA), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y lignina (LIG). Los carbohidratos no fibrosos (CNF) y carbohidratos totales (CHOT) fueron estimados empleando las ecuaciones: CHOT=[100-(PC+EE+(100-MO))] y CNF= CHOT-FDN. Los fenoles totales (FEN) y taninos condensados (TC) se extrajeron y estimaron empleando ácido gálico y catequina como estándares. El rendimiento se calculó por estación como el porcentaje del peso de las hojas obtenidas en cada colecta con respecto al peso de las ramas en cada muestreo. Se empleó un diseño completamente al azar usando los procedimientos GLM del SAS. La comparación de medias fue desarrollada con la prueba de Tukey y las diferencias estadísticas fueron declaradas a $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Cuadro 1 se presenta la composición química de hojas de *Acacia farnesiana*. Dentro de las variables evaluadas, PC es un factor determinante para su aprovechamiento en concentrados proteicos, el mayor valor se obtuvo en julio sin diferencia significativa ($p>0.05$) con los meses de mayo y abril; los menores corresponden a enero y febrero. La lignina se une de manera estable a la fibra estructural y a las proteínas por lo que afecta negativamente la digestibilidad de los alimentos al obstaculizar la colonización microbiana en el rumen (Boudet, 2000), el

mayor valor se obtuvo para junio sin diferencia significativa de junio a septiembre y abril, el menor se observó en diciembre y enero. CEL fue mayor en julio y agosto, pero los valores son estadísticamente iguales a los obtenidos en abril y mayo; aunque este componente representa fuente de energía capaz de ser degradado por las poblaciones ruminales, porcentajes elevados indican menor calidad nutritiva y menor ingesta voluntaria (Boudet, 2000). Los carbohidratos no estructurales (CNF) son compuestos de fácil degradación que permiten incrementar la eficiencia de la dieta (Nguyen *et al.*, 2020), diciembre y enero presentan los mayores valores. La presencia de metabolitos secundarios es deseable por su efecto anti metanogénico, especialmente la de TC (Frutos *et al.*, 2004) que se presenta en mayores cantidades en diciembre, sin diferencia significativa con septiembre, febrero y abril. Con respecto al rendimiento (REND) éste fue significativamente mayor ($p<0.05$) de diciembre a mayo, que coincide con la temporada de secas lo que favorece su aprovechamiento en la época en que los requerimientos de suplementación son mayores.

Cuadro 1. Composición Química de hojas de *Acacia farnesiana* por mes durante el año 2023-2024

Acacia farnesiana	LLUVIAS						EEM*
	VERANO			OTOÑO			
	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	
%MS	94.60 ± 0.000 ^{cd}	95.00 ± 0.000 ^{bc}	95.27 ± 0.088 ^{b}	95.23 ± 0.033 ^{b}	96.37 ± 0.145 ^{a}	96.40 ± 0.115 ^{a}	0.1394
%MO	93.94 ± 0.090 ^{c}	96.29 ± 0.289 ^{ab}	95.28 ± 0.118 ^{b}	91.01 ± 0.641 ^{d}	84.17 ± 0.084 ^{f}	86.09 ± 0.113 ^{e}	0.4320
%PC	16.56 ± 0.078 ^{de}	19.36 ± 0.127 ^{abc}	17.43 ± 0.876 ^{cd}	16.68 ± 0.153 ^{cd}	17.02 ± 0.162 ^{cd}	18.07 ± 0.651 ^{bcd}	0.9351
%FDN	53.25 ± 0.191 ^{b}	53.52 ± 0.107 ^{b}	57.84 ± 0.618 ^{a}	51.53 ± 0.280 ^{bc}	39.52 ± 0.066 ^{ef}	41.53 ± 0.817 ^{de}	0.8579
%FDA	41.58 ± 0.826 ^{b}	42.47 ± 0.762 ^{b}	44.93 ± 0.551 ^{a}	42.18 ± 0.650 ^{b}	25.69 ± 0.058 ^{ef}	26.25 ± 0.130 ^{de}	0.8030
%HEM	11.67 ± 0.638 ^{bcde}	11.05 ± 0.652 ^{cde}	12.91 ± 1.169 ^{abcd}	9.35 ± 0.930 ^{e}	13.83 ± 0.015 ^{abc}	15.28 ± 0.687 ^{a}	1.0519
%LIG	13.69 ± 0.323 ^{a}	13.33 ± 0.401 ^{ab}	13.87 ± 0.084 ^{a}	13.51 ± 0.156 ^{ab}	7.50 ± 0.139 ^{de}	7.80 ± 0.234 ^{d}	0.3497
%CEL	27.21 ± 0.427 ^{b}	28.63 ± 0.557 ^{ab}	29.67 ± 0.306 ^{a}	27.37 ± 0.419 ^{b}	17.04 ± 0.121 ^{def}	17.89 ± 0.084 ^{de}	0.7438
%CHOT	68.37 ± 0.156 ^{cde}	69.59 ± 0.271 ^{cd}	70.78 ± 0.865 ^{bc}	67.29 ± 0.436 ^{cde}	67.06 ± 0.511 ^{de}	67.89 ± 0.810 ^{cde}	1.0715
%CNF	15.13 ± 0.038 ^{d}	16.06 ± 0.165 ^{d}	12.95 ± 1.468 ^{d}	15.75 ± 0.716 ^{d}	27.54 ± 0.543 ^{b}	26.35 ± 0.645 ^{bcd}	1.3740
%EE	3.32 ± 0.015 ^{ab}	2.09 ± 0.144 ^{cd}	2.11 ± 0.110 ^{cd}	2.02 ± 0.049 ^{cd}	3.72 ± 0.560 ^{a}	3.72 ± 0.264 ^{a}	0.3774
FEN**	23.35 ± 0.473 ^{e}	31.74 ± 0.465 ^{bc}	30.43 ± 0.762 ^{cd}	32.79 ± 0.546 ^{abc}	20.93 ± 0.349 ^{e}	27.93 ± 0.430 ^{d}	1.0430
TC***	2.50 ± 0.196 ^{ef}	4.50 ± 0.323 ^{d}	4.52 ± 0.066 ^{d}	6.44 ± 0.064 ^{abc}	1.14 ± 0.240 ^{f}	4.24 ± 0.240 ^{d}	0.5539
%REND****	92.2 ± 1.21 ^{bc}			83.4 ± 0.87 ^{c}			31.682
	SECAS						
Acacia farnesiana	INVIERNO			PRIMAVERA			EEM*
	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	
%MS	96.40 ± 0.058 ^{a}	94.43 ± 0.088 ^{d}	94.67 ± 0.145 ^{cd}	94.67 ± 0.033 ^{cd}	94.80 ± 0.000 ^{cd}	94.67 ± 0.033 ^{cd}	0.1394
%MO	83.53 ± 0.139 ^{f}	82.01 ± 0.066 ^{g}	90.68 ± 0.038 ^{d}	97.39 ± 0.410 ^{a}	95.80 ± 0.133 ^{b}	95.82 ± 0.009 ^{b}	0.4320
%PC	15.72 ± 0.104 ^{de}	11.51 ± 0.565 ^{f}	13.92 ± 0.352 ^{ef}	17.20 ± 0.156 ^{cd}	20.38 ± 1.151 ^{ab}	21.31 ± 0.658 ^{a}	0.9351
%FDN	35.84 ± 0.043 ^{fg}	38.44 ± 0.768 ^{f}	43.33 ± 0.941 ^{d}	49.97 ± 0.395 ^{c}	53.61 ± 0.361 ^{b}	51.62 ± 0.026 ^{bc}	0.8579
%FDA	22.45 ± 0.127 ^{g}	23.80 ± 0.107 ^{fg}	28.27 ± 0.681 ^{d}	34.40 ± 0.023 ^{c}	44.98 ± 0.058 ^{a}	41.01 ± 0.274 ^{b}	0.8030
%HEM	13.39 ± 0.167 ^{abcd}	14.64 ± 0.661 ^{ab}	15.06 ± 0.260 ^{a}	15.57 ± 0.419 ^{a}	8.63 ± 0.303 ^{e}	10.61 ± 0.300 ^{de}	1.0519
%LIG	5.18 ± 0.231 ^{f}	6.74 ± 0.092 ^{ef}	8.25 ± 0.162 ^{d}	10.56 ± 0.170 ^{c}	13.61 ± 0.006 ^{ab}	12.58 ± 0.038 ^{b}	0.3497
%CEL	15.20 ± 0.075 ^{f}	15.97 ± 0.159 ^{ef}	18.44 ± 1.117 ^{d}	23.57 ± 0.046 ^{c}	29.77 ± 0.162 ^{a}	27.88 ± 0.349 ^{ab}	0.7438
%CHOT	68.16 ± 0.459 ^{cde}	74.12 ± 0.553 ^{a}	68.75 ± 0.421 ^{cde}	72.75 ± 0.078 ^{ab}	68.51 ± 1.227 ^{cde}	66.19 ± 0.659 ^{e}	1.0715
%CNF	32.32 ± 0.469 ^{a}	35.68 ± 0.541 ^{a}	25.43 ± 1.363 ^{bcd}	22.78 ± 0.315 ^{c}	14.90 ± 1.112 ^{d}	14.57 ± 0.663 ^{d}	1.3740
%EE	3.24 ± 0.330 ^{ab}	1.95 ± 0.081 ^{cd}	2.36 ± 0.032 ^{bcd}	1.83 ± 0.173 ^{cd}	1.39 ± 0.069 ^{d}	2.69 ± 0.009 ^{abc}	0.3774
FEN**	30.91 ± 0.537 ^{cd}	28.58 ± 0.450 ^{d}	34.78 ± 0.727 ^{a}	32.66 ± 0.817 ^{bc}	35.80 ± 0.785 ^{a}	30.42 ± 0.650 ^{cd}	1.0430
TC***	7.23 ± 0.297 ^{a}	5.38 ± 0.701 ^{bcd}	6.61 ± 0.260 ^{ab}	4.84 ± 0.520 ^{cd}	6.27 ± 0.066 ^{abc}	4.09 ± 0.196 ^{de}	0.5539
%REND****	150.0 ± 20.21 ^{a}			139.3 ± 12.85 ^{ab}			31.682

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$). Naranja indica mayores valores estadísticamente iguales ($p<0.05$). Azul indica menores valores estadísticamente iguales ($p<0.05$).

*EEM: error estándar de la media.**Fenoles expresados en miligramos de equivalentes de Ácido Gálico/g de MS de muestra. ***Taninos condensados expresados en miligramos de equivalentes de Catequina/gramo de MS de muestra. ****Rendimiento de hoja con respecto a rama.

El Cuadro 2 presenta los valores para *Acacia schaffneri*, PC fue mayor de marzo a junio, y menor para enero y febrero. LIG fue más alta en los meses de junio a septiembre,

mientras que el menor porcentaje se registró en marzo. CNF fue mayor en marzo y menor en junio. TC presentó mayores valores en marzo y abril y menores en febrero con fluctuaciones a lo largo del año. El rendimiento no mostró diferencia significativa entre verano, otoño e invierno (p>0.05), pero fue menor en primavera (p<0.05). Aunque la calidad de las hojas es mayor en primavera, el rendimiento es bajo; en contraste, en invierno el rendimiento es mayor pero el contenido de proteína es significativamente más bajo, esto podría deberse a la etapa fructífera de la planta, aunque esta hipótesis tendrá que complementarse con estudios posteriores.

Cuadro 2. Composición Química de hojas de *Acacia schaffneri* por mes en temporadas de lluvias y secas

Acacia shaffneri	LLUVIAS						EEM
	VERANO			OTOÑO			
	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	
%MS	94.87 ± 0.033 ^{bc}	95.70 ± 0.058 ^{b}	95.47 ± 0.549 ^{b}	97.40 ± 0.462 ^{a}	97.20 ± 0.058 ^{a}	97.67 ± 0.033 ^{a}	0.3819
%MO	87.87 ± 0.012 ^{c}	88.84 ± 0.009 ^{b}	87.42 ± 0.032 ^{cd}	88.68 ± 0.055 ^{b}	87.05 ± 0.085 ^{de}	86.92 ± 0.058 ^{e}	0.1600
%PC	16.77 ± 0.217 ^{abcd}	15.40 ± 0.006 ^{cde}	14.87 ± 0.115 ^{de}	16.08 ± 0.141 ^{bcde}	17.10 ± 0.098 ^{abc}	16.86 ± 0.124 ^{abcd}	0.6900
%FDN	55.96 ± 0.378 ^{a}	56.67 ± 0.090 ^{a}	56.79 ± 0.292 ^{a}	57.39 ± 0.254 ^{a}	52.68 ± 0.015 ^{bc}	50.80 ± 0.081 ^{bc}	0.7775
%FDA	48.15 ± 0.228 ^{a}	48.08 ± 0.029 ^{a}	47.46 ± 0.066 ^{a}	48.18 ± 0.964 ^{a}	40.98 ± 0.049 ^{d}	38.64 ± 0.211 ^{e}	0.5690
%HEM	7.81 ± 0.150 ^{c}	8.59 ± 0.061 ^{c}	9.33 ± 0.222 ^{c}	9.21 ± 0.710 ^{c}	11.70 ± 0.064 ^{b}	12.16 ± 0.133 ^{b}	0.6640
%LIG	16.00 ± 0.049 ^{a}	16.27 ± 0.038 ^{a}	16.33 ± 0.046 ^{a}	15.85 ± 0.127 ^{a}	13.32 ± 0.139 ^{bc}	11.94 ± 0.219 ^{de}	0.3022
%CEL	31.16 ± 0.101 ^{a}	31.05 ± 0.069 ^{a}	30.63 ± 0.110 ^{a}	31.33 ± 0.927 ^{a}	27.44 ± 0.217 ^{b}	25.77 ± 0.012 ^{c}	0.5392
%CHOT	74.77 ± 0.237 ^{ab}	76.24 ± 0.006 ^{a}	75.58 ± 0.003 ^{ab}	73.39 ± 0.173 ^{b}	69.88 ± 0.788 ^{c}	69.20 ± 0.766 ^{c}	0.8792
%CNF	18.81 ± 0.615 ^{de}	19.57 ± 0.092 ^{cd}	18.79 ± 0.289 ^{d}	16.00 ± 0.427 ^{d}	17.20 ± 0.805 ^{d}	18.40 ± 0.844 ^{d}	1.2883
%EE	1.45 ± 0.006 ^{cd}	1.54 ± 0.012 ^{bcd}	1.50 ± 0.084 ^{bcd}	1.77 ± 0.023 ^{abcd}	2.88 ± 0.844 ^{abc}	3.20 ± 0.644 ^{ab}	0.5858
FEN**	47.56 ± 1.282 ^{cde}	50.29 ± 1.215 ^{cd}	43.51 ± 1.342 ^{e}	46.99 ± 1.140 ^{cde}	44.23 ± 0.863 ^{e}	44.84 ± 1.290 ^{de}	1.9530
TC***	14.78 ± 0.346 ^{de}	20.55 ± 0.647 ^{b}	15.89 ± 0.817 ^{cde}	18.69 ± 0.361 ^{bcd}	11.92 ± 0.361 ^{e}	15.40 ± 0.595 ^{cde}	1.4628
%REND****	83.6 ± 0.48 ^{ab}			89.0 ± 14.71 ^{ab}			20.781
Acacia shaffneri	SECAS						EEM*
	INVIERNO			PRIMAVERA			
	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	
%MS	97.43 ± 0.088 ^{a}	95.50 ± 0.000 ^{b}	94.00 ± 0.173 ^{c}	94.93 ± 0.145 ^{bc}	95.50 ± 0.000 ^{b}	95.17 ± 0.033 ^{b}	0.3819
%MO	86.15 ± 0.035 ^{f}	84.21 ± 0.185 ^{g}	83.80 ± 0.009 ^{g}	90.28 ± 0.205 ^{a}	90.20 ± 0.003 ^{a}	88.93 ± 0.101 ^{b}	0.1600
%PC	14.56 ± 0.046 ^{ef}	12.99 ± 0.196 ^{fg}	11.14 ± 0.361 ^{g}	18.34 ± 1.061 ^{a}	18.22 ± 0.142 ^{a}	17.99 ± 0.695 ^{ab}	0.6900
%FDN	47.80 ± 0.499 ^{d}	48.44 ± 0.023 ^{d}	53.06 ± 0.572 ^{b}	41.41 ± 1.212 ^{e}	50.75 ± 0.115 ^{c}	51.87 ± 0.225 ^{bc}	0.7775
%FDA	35.67 ± 0.329 ^{f}	35.25 ± 0.026 ^{f}	45.15 ± 0.023 ^{b}	26.40 ± 0.372 ^{g}	42.16 ± 0.098 ^{cd}	43.12 ± 0.061 ^{c}	0.5690
%HEM	12.14 ± 0.170 ^{b}	13.19 ± 0.006 ^{ab}	7.92 ± 0.592 ^{c}	15.01 ± 0.837 ^{a}	8.59 ± 0.017 ^{c}	8.76 ± 0.286 ^{c}	0.6640
%LIG	11.44 ± 0.381 ^{ef}	10.59 ± 0.352 ^{f}	12.74 ± 0.006 ^{cd}	7.75 ± 0.006 ^{g}	13.25 ± 0.078 ^{bc}	13.69 ± 0.023 ^{b}	0.3022
%CEL	23.31 ± 0.141 ^{d}	23.49 ± 0.367 ^{d}	31.37 ± 0.219 ^{a}	18.18 ± 0.156 ^{e}	28.16 ± 0.015 ^{bc}	28.66 ± 0.058 ^{b}	0.5392
%CHOT	70.73 ± 0.430 ^{c}	73.38 ± 0.072 ^{b}	76.93 ± 0.450 ^{a}	75.40 ± 0.997 ^{ab}	75.83 ± 0.201 ^{ab}	74.66 ± 0.609 ^{ab}	0.8792
%CNF	22.92 ± 0.806 ^{bc}	24.94 ± 0.095 ^{b}	23.87 ± 1.022 ^{b}	33.99 ± 1.656 ^{a}	25.08 ± 0.128 ^{b}	22.78 ± 0.403 ^{bc}	1.2883
%EE	3.44 ± 0.465 ^{a}	2.35 ± 0.061 ^{abcd}	1.77 ± 0.081 ^{abcd}	1.60 ± 0.058 ^{bcd}	0.63 ± 0.087 ^{d}	1.12 ± 0.015 ^{d}	0.5858
FEN**	45.02 ± 1.074 ^{de}	51.59 ± 1.169 ^{c}	42.01 ± 0.421 ^{e}	67.07 ± 1.478 ^{a}	65.91 ± 1.210 ^{a}	58.16 ± 0.528 ^{b}	1.9530
TC***	15.50 ± 0.895 ^{cde}	19.41 ± 0.883 ^{bc}	13.94 ± 0.641 ^{e}	29.63 ± 0.058 ^{a}	29.82 ± 2.099 ^{a}	22.78 ± 0.583 ^{b}	1.4628
%REND****	94.0 ± 3.80 ^{a}			56.0 ± 3.46 ^{b}			20.781

Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa (p<0.05). Naranja indica mayores valores estadísticamente iguales (p<0.05). Naranja indica mayores valores estadísticamente iguales (p<0.05). Azul indica menores valores estadísticamente iguales (p<0.05). *EEM: error estándar de la media.**Fenoles expresados en miligramos de equivalentes de Ácido Gálico/g de MS de muestra. ***Taninos condensados expresados en miligramos de equivalentes de Catequina/gramo de MS de muestra. ****Rendimiento de hoja con respecto a rama. NOTA. Por cuestiones de espacio la Cuadro 2 tuvo que colocarse al final.

CONCLUSIONES

La composición química de las hojas de huizache varía significativamente a lo largo del año y entre especies, esto debe considerarse al implementar estrategias de aprovechamiento en la formulación de concentrados proteicos para rumiantes. Los resultados indican que la época que permite obtener mejores características nutricionales y rendimiento es para *A. farnesiana* en primavera, en los meses de abril y mayo, lo que ofrece la ventaja de que puede ser empleado de manera inmediata para suplementar ganado en época de secas cuando existe mayor escasez de forrajes de calidad. Para *A. shaffneri,* se recomienda la cosecha en los meses de junio y octubre, donde la calidad es intermedia, pero el rendimiento es elevado, en contraste con la estación de primavera donde la calidad es mayor pero el rendimiento bajo.

LITERATURA CITADA

Boudet, A. (2000). Lignins and lignification: Selected issues. *Plant Physiology and Biochemistry*, *38*(1-2), 81-96. https://doi.org/10.1016/s0981-9428(00)00166-2

Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., & Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico Veterinario*, *9*(1). https://doi.org/10.21929/abavet2019.913

Frutos, P., Hervás, G., Giráldez, F. J., & Mantecón, A. R. (2004). Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*, *2*(2), 191-202. https://doi.org/10.5424/sjar/2004022-73

Nguyen, D. V., Vu, C. C., & Van Nguyen, T. (2020). The Current Utilisation and Possible Treatments of Rice Straw as Ruminant Feed in Vietnam: A Review. *Pakistan Journal Of Nutrition*, *19*(3), 91-104. https://doi.org/10.3923/pjn.2020.91.104

Torres-Velázquez, D., Murillo-Ortiz, M., Cervantes-Guerrero, M., Páez-Lerma, J., Reyes-Jáquez, D., Soto-Cruz, N., & Araiza-Ponce, K. (2024). Huizache Leaves and Agave Bagasse Incorporated into Granulated and Pelletized Concentrates and Their Effects on Methane Production and in vitro Fermentation Patterns in Ruminant Diets. *Indian Journal of Animal Research*, *Of*. https://doi.org/10.18805/ijar.bf-1699

IMPACTO NUTRICIONAL POR INVASIÓN DE CARRETERO (*Bothriochloa pertusa*) EN PRADERAS DE BUFFEL (*Cenchrus ciliaris*)

NUTRITIONAL IMPACT OF CARRETERO GRASS (*Bothriochloa pertusa)* INVASION ON BUFFEL GRASS (C*enchrus ciliaris*) PASTURES

Juan Emmanuel Segura Carmona[1], Nydia Corina Vásquez Aguilar[1], Humberto González Rodríguez[2], Hugo Bernal Barragán[1*]

[1] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Nuevo León, México.
[2] Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Nuevo León, México. * Autor de correspondencia: hugo.bernalbr@uanl.edu.mx

RESUMEN

En el presente estudio se determinó el valor nutricional del zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y del pasto Carretero (*Bothriochloa pertusa*) a tres alturas de corte (0-15 cm, 15-30 cm, y más de 30 cm) en Marín, Nuevo León, México. Se colectaron 30 muestras de cada especie y se determinó la composición química (materia seca, proteína cruda, FDN, FDA, grasa, cenizas), así como la Digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) y el contenido de Energía Metabolizable (EM). Los datos se analizaron con ANOVA en SPSS. Los resultados obtenidos demostraron que el zacate Buffel superó al pasto Carretero en calidad nutricional, especialmente en alturas mayores de 30 cm, (mejor DIVMO (62.3%) y mayor contenido de proteína cruda (13.4%) y de energía metabolizable (8.0 MJ/kg MS). En conclusión se recomienda controlar el pasto Carretero y defoliar el zacate Buffel a altura entre 15 y 30 cm, para sostener la productividad y calidad forrajera de praderas de zacate Buffel.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris,* carretero, zacate invasor, calidad nutricional, producción.

ABSTRACT

In this study, the nutritional value of Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) and Carretero grass (*Bothriochloa pertusa*) was determined at three cutting heights (0–15 cm, 15–30 cm, and over 30 cm) in Marín, Nuevo León, Mexico. Thirty plants of each species were collected, and their chemical composition (dry matter, crude protein, NDF, ADF, fat, ash), as well as *in vitro* digestibility of organic matter (IVOMD) and metabolizable energy (ME) content were determined. Data were analyzed using ANOVA in SPSS. The results obtained showed that Buffelgrass surpassed Carretero grass in nutritional quality, especially at heights greater than 30 cm, (better DIVMO (62.3%) and higher crude protein (13.4%) and metabolizable energy (8.0 MJ/kg DM) contents. In conclusion, it is recommended to control the Carretero grass and defoliate the buffelgrass at a cutting height between 15 and 30 cm, to maintain the productivity and forage quality of buffelgrass pastures.

Keywords: *Cenchrus ciliaris*, carretero grass, invasive grass, nutritional quality, livestock production.

INTRODUCCIÓN

El zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) es una especie forrajera de amplia utilización en el noreste de México, región caracterizada por climas áridos y semiáridos, donde la escasez de agua representa una limitante crítica para la producción ganadera. Introducido en el siglo XX con el propósito de mejorar la alimentación del ganado, esta gramínea destaca por su notable resistencia a la sequía y su capacidad de recuperación tras el pastoreo intensivo, atributos que la han convertido en un recurso valioso para los sistemas pecuarios de la región (Marshall *et al.*, 2012). A pesar de su comportamiento invasivo, el zacate Buffel continúa siendo promovido debido a su contribución a la sostenibilidad de la ganadería, en Estados como Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas, cuyas condiciones climáticas extremas exigen el uso de forrajes resilientes.

El pasto Carretero (*Bothriochloa pertusa*), identificado por primera vez a inicios de los años setenta, fue introducido desde el sur de Europa al Caribe, desde donde se dispersó e invadió extensamente la costa del Golfo (CABI, 2014), estableciéndose principalmente en orillas de carreteras y áreas agrícolas de temporal que carecen de buen manejo agronómico, logrando en algunos casos desplazar al pasto Buffel. Por lo anterior, es importante conocer las características nutricionales de ambos pastos para evaluar el impacto potencial que conlleva el cambio de vegetación en las zonas afectadas. El objetivo de este estudio fue determinar el valor nutricional del zacate Buffel y del pasto Carretero a diferentes alturas (0-15 cm; 15-30 cm; Más de 30 cm). Se probó la hipótesis de que el pasto Carretero es de calidad nutricional inferior al zacate Buffel.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una pradera de pasto Buffel en condiciones de temporal, que en la última década se ha visto invadida de pasto carretero, en Marín Nuevo León México, (25°52'28"N; 100° 03'24"O), región caracterizada por tener una precipitación anual de 600 mm y una temperatura media de 18-20°C. (Fick & Hijmans, 2017). Se muestrearon plantas adultas en etapa reproductiva de pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) y pasto Carretero (*Bothriochloa pertusa*); cada planta fue cortada a tres alturas, el primer corte se realizó para recolectar la biomasa a partir de 30 cm de altura (Más de 30 cm. Un segundo corte se realizó a 15 cm de altura (15-30 cm) y el tercer corte se realizó a nivel del suelo (0-15 cm) Se tuvieron n=30 muestras de cada pasto y de cada altura de corte. De cada muestra obtenida de biomasa se obtuvo el peso fresco y posteriormente se introdujeron a una estufa de aire forzado a 60 °C hasta llegar a peso constante para conocer su peso con base en materia seca. Se utilizó un molino Wiley (Arthur A. Thomas Co., Filadelfia, PA) para moler las muestras previamente secadas hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm.

Las muestras secas de pastos se conjuntaron en 3 submuestras para cada altura en cada una de las especies, analizando en ellas por duplicado las siguientes

características: contenido de materia seca total (secado a 105 °C, por 4 horas), contenido de cenizas (incineración a 550°C por 4 horas). El contenido de proteína se cuantificó mediante el método Kjeldahl. Las fracciones de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA) se analizaron siguiendo la metodología de Van Soest, empleando un analizador de fibra Ankom 2000. El contenido de grasa cruda se determinó mediante la extracción con éter de petróleo en equipo ANKOM XT10. Para determinar el contenido de energía metabolizable (EM) y la Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica (DIVMO), se determinó en n=20 repeticiones, la producción de gas *in vitro* (PGIV) para cada una de las alturas en las dos especies, de acuerdo con la metodología de Menke & Steingass, 1988. Los datos obtenidos se evaluaron en ANOVA mediante un diseño completamente al azar, utilizando el software SPSS versión 26.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el pasto Buffel se observó que los contenidos fibra detergente neutro disminuyeron con la altura, mientras que en el pasto Carretero se mantuvieron los valores altos sin diferencias significativas entre alturas (Cuadro 1). Los resultados de FDN para la altura de 0-15 cm en el pasto carretero fueron similares a los reportados por Ospina *et al.* (2021), sin embargo, los valores de 15-30 y de más de 30 cm fueron inferiores, posiblemente se deba a que los autores antes mencionados reportan valores para la planta completa. En el caso del pasto Buffel presentó niveles ligeramente inferiores de FDN y cenizas que los reportados por Sosa-Montes *et al.*, 2021. En el presente trabajo, el contenido de fibra detergente ácido registró valores similares entre especies, y alturas (P=0.066).

El pasto Buffel aumentó de 1.7 % a 2.6 % su contenido de grasa a mayor altura), y superó los valores registrados para el pasto Carretero (1.5 % a 1.8 %) (Cuadro 1). El mayor nivel de proteína cruda (P<0.001) lo obtuvo el pasto Buffel a una altura de más de 30 cm (13.4 % PC), valor casi 4 veces el registrado para el pasto Carretero (3.8% PC) en la misma altura (Cuadro 1). Los contenidos de grasa y proteína cruda del presente estudio fueron inferiores a los reportados previamente en la literatura (Patiño *et al.*, 2013) para las alturas 0-15 cm y 15-30 cm fueron similares, sin embargo, a la altura de más de 30 cm el contenido de grasa determinado en el presente estudio fue superior al reportado previamente.

En el presente estudio se registraron para ambos pastos las mayores producciones de biomasa a una altura de más de 30 cm, y los valores más bajos fueron registrados a la altura de 0-15 cm. La Digestibilidad *in vitro* de la Materia Orgánica y el contenido de energía metabolizable registrados se incrementaron conforme aumentó la altura de corte del pasto en ambas especies. Sin embargo, el Buffel supera significativamente a Carretero en la biomasa de más de 30 cm de altura (62.3% vs. 55.2%, respectivamente). En alturas menores (0-15 cm y 15-30 cm), no hay diferencias significativas entre especies (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Composición nutricional de pasto Buffel y Carretero en diferentes alturas de corte (0-15 cm, 15-30 cm y más de 30 cm).

	FDN (%,MS)	FDA (%,MS)	Grasa cruda (%,MS)	Proteína cruda (%,MS)	Cenizas (%,MS)	DIVMO %	EM (MJ/kgMS)
Buffel 0-15 cm	63.9 ab	38.2	1.7 bc	5.7 bc	10.1 d	43.4 d	5.5 d
Buffel 15-30 cm	57.0 c	36.4	2.3 ab	8.0 b	12.1 ab	50.8 c	6.4 c
Buffel Más de 30 cm	58.0 bc	31.8	2.6 a	13.4 a	13.4 a	62.3 a	8.0 a
Carretero 0-15cm	66.5 a	39.8	1.6 bc	1.2 e	10.4 cd	42.4 d	5.5 d
Carretero 15-30 cm	64.0 ab	36.9	1.5 c	2.0 de	11.5 bcd	48.4 c	6.4 c
Carretero Más 30 cm	64.2 ab	33.1	1.8 bc	3.6 cd	11.9 abc	55.2 b	7.2 b
SEM	*2.067*	*2.575*	*0.216*	*0.69*	*0.49*	*1.23*	*0.153*
P	*0.003*	*0.066*	*0.002*	*<0.001*	*<0.001*	*<0.001*	*<0.001*

DIVMO = Digestibilidad; EM= Energía metabolizable Las letras distintas dentro de una misma columna representan diferencias significativas entre los valores comparados (p< 0.05). EEM: Error estándar de la media; P: Nivel de probabilidad.

La Digestibilidad in vitro de la Materia Orgánica y el contenido de Energía Metabolizable de la biomasa del pasto Buffel de 0-15 cm resultó ser similar a la reportada para la planta completa por Bernal *et al.* (2022); pero para las alturas 15-30 y más de 30 cm en el presente estudio se registraron valores mayores a los reportados previamente. Esto último resalta la importancia de realizar pastoreo a alturas mayores a 30 cm, ya que eso permite al animal obtener forraje de mejor calidad, y al pasto una recuperación más rápida.

La invasión del pasto Carretero representa una amenaza directa a la sostenibilidad de las praderas de zacate Buffel, especialmente en sistemas donde no se aplican prácticas de manejo adecuadas. Para preservar la productividad y la calidad forrajera, se recomienda implementar estrategias como evitar pastoreos con cortes inferiores a 30 cm, establecer rotaciones de potreros que permitan el rebrote y regeneración adecuada del zacate Buffel, cuidar la salud y la fertilidad del suelo, y realizar medidas de manejo sostenibles que ayuden a reducir la invasión del pasto Carretero.

CONCLUSIÓN

El pasto Buffel demostró ser nutricionalmente superior al pasto Carretero, especialmente en alturas superiores a 30 cm, con mayores niveles de proteína cruda (13.4 %), digestibilidad (62.3 %) y energía metabolizable (8.0 MJ/kg MS). Estos resultados resaltan la necesidad de adoptar prácticas de manejo que eviten pastoreos por debajo de 30 cm, para preservar la calidad del forraje, evitar la expansión del pasto Carretero, una especie con bajo aporte nutricional. Para conservar la productividad y calidad de las praderas, se recomienda implementar estrategias integradas como la rotación de potreros, cuidar la fertilidad del suelo. Además, se recomienda que en investigaciones futuras analice el efecto a largo plazo de estas prácticas sobre la composición y estabilidad de las praderas forrajeras de temporal, y optimizar el manejo sostenible de los sistemas pastoriles.

LITERATURA CITADA

Bernal-Barragán, H., Perrusquía-Tejeida, V. M., Vásquez-Aguilar, N. C., & González-Rodríguez, H. (2022). Determinación de la producción de gas *in vitro*, contenido de nutrientes y energía metabolizable de forrajes y suplementos para ovinos y caprinos. *CienciaUANL, 25*(115), 41-47.

CABI. (2014). *Bothriochloa pertusa*. In: *Invasive Species Compendium*. Centre for Agriculture and Biosciences International. Consultado en junio de 2025. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.1079/cabicompendium.112761

Marshall, V. M., Lewis, M. M., & Ostendorf, B. (2012). Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) as an invader and threat to biodiversity in arid environments: A review. *Journal of Arid Environments, 78*, 1-12. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.11.005

Menke, K. H., & Steingass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research and Development, 28*, 7–55.

Ospina, O., Anzola, H., Ayala, O., Baracaldo, A., & Lozada, P. (2021). Comparación de la fibra detergente neutra en gramíneas, calculada mediante algoritmo de análisis de imágenes rojo, verde y azul vs espectroscopia del infrarrojo cercano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 32*(1).

Patiño Pardo, R., Pérez Cardoso, R., & Pérez Palencia, J. (2013). Efecto de la aplicación de diferentes tipos de abono sobre la producción y calidad nutricional del pasto colosuana *Bothriochloa pertusa* (L) A. Camus, en Sabanas de Sucre, Colombia. *Livestock Research for Rural Development, 25*(147). http://www.lrrd.org/lrrd25/8/Pati25147.htm

Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S. I., Huerta-Prado, L. A., González-Cerón, F., Silva-Luna, M., & Bárcena-Gama, J. R. (2021). Composición nutricional de seis gramíneas tropicales del estado de Jalisco, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 8*(Núm. Esp. II), e2938. https://doi.org/10.19136/era.a8nII.2938

EFECTO DEL PROPIONATO DE CALCIO SOBRE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN VAQUILLAS DE REEMPLAZO CON DIETAS DE BAJA CALIDAD

EFFECTS OF CALCIUM PROPIONATE ON ENERGY EFFICIENCY IN REPLACEMENT HEIFERS FED LOW-QUALITY FORAGES

Oliver Yaotzin Sánchez-Barboza[1], Octavio Carrillo-Muro[1], Pedro Hernández-Briano[1], Daniel Rodriguez-Cordero[1], Gabriel Encarnación Romero-Ocampo[1], Rosalba Lazalde-Cruz[2].

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, General Enrique Estrada 98500. [2]Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali 21100.
Autor de correspondencia: oliver.sanchez@uaz.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar los efectos de la dosis de la suplementación de propionato de calcio (PrCa) por un periodo de 42 d en la energética de la dieta en vaquillas de reemplazo alimentadas con forraje de baja calidad. Se utilizaron 40 vaquillas raza Beefmaster (334.3 ± 3.41 kg de peso), en un diseño completamente al azar, donde recibieron: 0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d. La suplementación con PrCa mostro un efecto cuadrático (p <0.05) en la energía de la dieta, eficiencia de la utilización y retención de la energía, mostrando las mayores mejoras la suplementación de 20 g de PrCa.

Palabras clave: temporada sequía, rastrojo de maíz, vaquillas de reemplazo, energética de la dieta.

ABSTRACT

The objective was to determine the effects of calcium propionate (CaPr) supplementation dose for a period of 42 d on dietary energetics in replacement heifers fed low-quality forage. Forty Beefmaster heifers (334.3 ± 3.41 kg) were used in a completely randomized design, where they received: 0, 20, 40 or 60 g of CaPr/heifer/d. CaPr supplementation showed a quadratic effect (p<0.05) on dietary energy, utilization efficiency, and energy retention, with the greatest improvements showing 20 g CaPr supplementation.

Keywords: dry season, corn stover, replacement heifers, dietary energetics.

INTRODUCCIÓN

En sistemas de pastoreo, el periodo de sequía es la época más crítica para la producción, ya que los recursos forrajeros, como los pastos nativos y el rastrojo de maíz, presentan un bajo valor nutricional, lo que limita la producción ganadera (Tambara *et al.*, 2021). Para minimizar este escenario negativo se han empleado

estrategias, como la suplementación proteica, la cual mejora la eficiencia de los nutrientes por parte de los microorganismos ruminales, incrementa en consumo de materia seca (CMS) y mejora la digestibilidad, por consiguiente, mejora el comportamiento productivo (DelCurto *et al.*, 1990). Las vaquillas destinadas a reemplazar poseen mayor requerimiento nutricional, por lo que es necesario asegurar un balance energético positivo. Suplementos energéticos a base de granos, han mostrado reducir la ingesta del forraje y la digestibilidad de la fibra, esto se atribuye al aumento en la proporción de bacterias amilolíticas, disminuyendo las bacterias celulolíticas dando como resultado menores tasas de fermentación de la fibra (Allison *et al.*, 1975). Una alternativa energética para suplemento es el uso de precursores gluconeogénicos como el propionato de calcio (PrCa), el cual ha demostrado mejorar la actividad y la proliferación de las bacterias celulolíticas (Osorio-Terán *et al.*, 2023). En becerros recién recibidos la suplementación de 19g PrCa durante 42 días en dietas con 50% de forraje, mejora entre 10.0 y 12.7% el uso de la energía y un 12.0 a 14% la retención de energía (Rodriguez-Cordero *et al.*, 2025, Sánchez-Barbosa *et al.*, 2025). Sin embargo, no existe información de los efectos de la dosis de PrCa sobre el uso y retención de la energía de vaquillas de reemplazo durante la época de sequía. El objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de niveles crecientes (0, 20,40 o 60 g de PrCa/Vaquilla/día) de suplementación de PrCa sobre el uso y retención de la energía de vaquillas de reemplazo en periodo de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el rancho Del Cojo, ubicado en el municipio de Fresnillo, Zacatecas, México, con una duración de 28 días en adaptación y 42 días de periodo experimental. Se seleccionaron 40 vaquillas (n=10; 10 vaquillas por tratamiento), con un peso inicial de 334.3 ± 3.41 kg, condición corporal de 5.5 y una edad promedio de 13.5 meses al comienzo del periodo experimental. Las vaquillas fueron alojadas en corraletas individuales (13.2 m^2) y asignadas al azar dentro de uno de los 4 tratamientos: (1) Sin PrCa (CTL), (2) 20g PrCa/vaquilla/día, (3) 40g de PrCa/vaquilla/día, (4) 60g PrCa/vaquilla/día. La suplementación fue de 42 días, la fuente utilizada de PrCa fue Propical® (Dresen Química, SAPI de CV, Ciudad de México, México) que contenía 94% de PrCa (equivalente al 73% de ácido propiónico total), el cual proporciona una energía metabolizable (EM) de 3.77 Mcal/kg y energía neta de mantenimiento (EN_m) 2.54 Mcal/kg.

Se adaptó gradualmente a un suplemento (g/kg de peso vivo): Días 0 a 7: 0.625 g; Días 8 a 14: 1.250 g; Días 15 a 21: 1.875 g; Días 22 a 28: 2.5 g. Durante la fase experimental el consumo del suplemento fue de 2.5 g/kg de peso vivo, este se administró diariamente a las 1100 horas. El suplemento se formuló (48.5% de PC y 1.85 Mcal EN_m/kg MS) para complementar el forraje de baja calidad (PC: 485g/kg MS) y lograr un consumo en la dieta de 113 g/kg MS. Para garantizar el consumo total del PrCa, este se mezcló con 100g del suplemento y se ofreció antes del forraje

Las vaquillas fueron alimentadas tres veces al día (8000, 1200 y 1600 horas) con base a rastrojo de maíz como forraje de baja calidad (tamaño de partícula 2”). La lectura de comederos se realizó a las 0730 horas para registrar los rechazos, que se utilizó para

ajustar la alimentación de 1600 horas, el rechazo permitido <100 g por vaquilla. Se ofreció agua diariamente *ad libitum*.

Para el cálculo de EN_m se utilizó la ecuación cuadrática descrita por Zinn *et al.* (2008), $EN_m = -b \pm \sqrt{(b2 - 4ac)}/2c$. En esta ecuación, a = − 0.41 × EM; b = (0.877 × EM) + (0.41 × CMS) + EG; y c = − 0.877 × EM, donde EM = requerimiento de energía para mantenimiento y EG = requerimiento de energía para ganancia. El requerimiento de energía para mantenimiento (EM, Mcal/d) se estimó utilizando EM = 0.077 × $PCP^{0.75}$, donde PCP = peso corporal promedio × 0.96 (Lofgreen y Garrett, 1968) y el requerimiento de energía para ganancia (EG; Mcal/d) se estimó utilizando la ecuación 0.077 × $PCP^{0.75}$ × ganancia diaria de peso $(GDP)^{1.097}$ (Zinn *et al.*, 2008; NASEM, 2016). El EN_g calculada para el rendimiento se derivó posteriormente de EN_m ($EN_g = 0.877 \times EN_m - 0.41$) como lo describieron previamente Zinn *et al.* (2008). La estimación del CMS esperado se realizó con base en la GDP observada, el PCP y los valores estimados de EN de la dieta de la siguiente manera: CMS esperado, kg/d = $(EM/EN_m) + (EG/EN_g)$, donde EN_m y EN_g son los valores tabulares de EN de la dieta basados en la formulación (NASEM, 2016). La eficiencia de la utilización de la energía de la dieta se evaluó utilizando la relación entre el CMS observado y el esperado y la EN dietética observada y esperada. Los datos fueron analizados mediante un diseño completamente al azar con el procedimiento MIXED de SAS®. Se usaron polinomios ortogonales para evaluar efectos lineales y cuadráticos, incluyendo cuatro niveles igualmente espaciados. Se estableció significancia cuando el valor de $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la suplementación de PrCa se observó un efecto cuadrático (p <0.05) en energía de la dieta, eficiencia en la utilización y retención de energía, donde la suplementación de 20 g/vaquilla/d incrementó 14.5% la EN_m y 22.2% la EN_g; Con lo cual aumentó la eficiencia en la utilización de la energía 14.5% de EN_m y 22.5% EN_g; así mismo la retención de energía mejoró 15.2%. Estos resultados coinciden con Rodriguez-Cordero *et al.* (2025) y Sánchez-Barboza *et al.* (2025), donde al suplementar 20 g de PrCa por 42 d a becerros recién llegados a corral de engorda se mejoró la eficiencia en la utilización de la energía.

Cuadro 1. Utilización y retención de energía neta de la dieta de vaquillas de reemplazo suplementadas con propionato de calcio (PrCa) por un periodo de 42 d alimentadas con rastrojo de maíz

Parámetro [a]	Control	Nivel de suplementación de propionato de calcio [b]			EEM [c]	Efectos (Valor -*P*)	
		20	40	60		Lineal	Cuadrático
Energía neta de la dieta (Mcal/kg)							
Mantenimiento	1.344	1.539	1.531	1.463	0.048	0.261	0.042
Ganancia	0.769	0.940	0.935	0.873	0.042	0.261	0.041
CMS esperado	4.274	5.057	5.206	4.828	0.24	0.247	0.051
Relación de la energía neta de la dieta observada:esperada (Mcal/kg)							

Mantenimiento	0.835	0.956	0.950	0.91	0.029	0.264	0.042
Ganancia	0.793	0.971	0.965	0.903	0.043	0.254	0.041
Relación CMS observado:CMS esperado	1.207	1.047	1.055	1.104	0.038	0.232	0.045

[a] CMS= consumo de materia seca. [b] Tratamientos consistieron en la administración oral de PrCa con dosis de 0, 20, 40 o 60 g/becerro/d (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV., Ciudad de México, México) por un periodo 42 d. [c] EEM = error estándar de la media.

CONCLUSIONES

Se concluye que la suplementación de 20 g de PrCa/vaquilla/d junto con el suplemento proteico y alimentadas con forraje de baja calidad, mejora la utilización y retención de energía. Esto sugiere que la suplementación con PrCa es una alternativa para aumentar la energía de la dieta en vaquillas de reemplazo.

LITERATURA CITADA

Allison, M. J., Robinson, I. M., Dougherty, R. W., & Bucklin, J. A. (1975). Grain overload in cattle and sheep: changes in microbial populations in the cecum and rumen. American Journal of Veterinary Research, 36(2), 181-186.

DelCurto, T., Cochran, R. C., Corah, L. R., Beharka, A. A., Vanzant, E. S., & Johnson, D. E. (1990). Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. Journal of Animal Science, 68(2), 532-542.

Lofgreen, G.P., y Garrett, W.N. (1968). A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. Journal of Animal Science, 27, 793-806.

NASEM (2016). In Nutrient requirements of beef cattle, 8th ed.; National Academies Press. Washington (DC). ISBN 978-0-309-31702-3.

Osorio-Terán, A. I., Mendoza, G. D., Miranda-Romero, L. A., Martínez-Gomez, D., Hernández-García, P. A., Rangel-Ramírez, V. V., & Lee-Rangel, H. A. (2025). Role of Calcium Propionate and Monensin on Performance, Rumen Fermentation Patterns, and Ruminal Bacterial Populations in Growing Lambs. Veterinary Sciences, 12(4), 298.

Rodríguez-Cordero, D., Carrillo-Muro, O., Hernández-Briano, P., Correa-Aguado, P. I., Rivera-Villegas, A., Barreras, A., Lazalde-Cruz, R., Zinn, R.A., & Plascencia, A. (2025). Optimal Period of Calcium Propionate Supplementation in Arrival High-Risk Bull Calves: Growth Performance, Body Fat Reserves, and Serum Metabolites. Animals, 15(8), 1170.

Sánchez-Barbosa, O. Y., Carrillo-Muro, O., Hernández-Briano, P., Rodríguez-Cordero, D., Rivera-Villegas, A., Estrada-Angulo, A., Plascencia, A., & Lazalde-Cruz, R. (2025). Effect of Calcium Propionate and Chromium-Methionine Supplementation: Growth Performance, Body Fat Reserves, and Blood

Parameters of High-Risk Beef Calves. Ruminants, 5(1), 3. https://doi.org/10.3390/ruminants5010003

Tambara, A. A. C., Härter, C. J., Rabelo, C. H. S., & Kozloski, G. V. (2021). Effects of supplementation on production of beef cattle grazing tropical pastures in Brazil during the wet and dry seasons: a meta-analysis. Revista Brasileira de Zootecnia, 50, e20210020.

Zinn, R.A., Barreras, A., Owens, F.N., y Plascencia, A. (2008). Performance by feedlot steers and heifers: ADG, mature weight, DMI and dietary energetics. Journal of Animal Science, 86, 2680–2689.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROPIONATO DE CALCIO EN VAQUILLAS ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA CALIDAD: PESOS

EFFECT OF CALCIUM PROPIONATE SUPPLEMENTATION ON HEIFERS FED POOR-QUALITY FORAGE: WEIGHTS

Gabriel Encarnación Romero Ocampo[1], Alejandro Rivera Villegas[1*], Octavio Carrillo Muro[1], Pedro Hernández Briano[1], Carlos Aurelio Medina Flores[1], Alejandra Ríos Domínguez[1]

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Carretera Panamericana Zacatecas – Fresnillo, Km. 31.5, Gral. Enrique Estrada, Zac. CP. 98500. Autor de correspondencia: alejandro.rivera@uaz.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar los efectos de la dosis y duración de la suplementación de propionato de calcio (PrCa), sobre el peso corporal, la ganancia diaria de peso (GDP), la ganancia diaria adicional y el cambio de peso corporal acumulado, en vaquillas de reemplazo alimentadas con forraje de baja calidad. Se utilizaron 40 vaquillas raza Beefmaster (334.3 ± 3.41 kg de peso), en un diseño completamente al azar, donde recibieron: 0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d, por 14, 28 o 42 d. La suplementación con 20 o 40 g, aumentó las variables anteriormente mencionadas a los 14 y 42 d (efecto cuadrático, $p = 0.05$), con una dosis de 20 y 40 g. En conclusión, 20 o 40 g por 42d, es la dosis optima de suplementación.

Palabras clave: pesos, rastrojo de maíz, vaquillas de reemplazo.

ABSTRACT

The objective was to determine the effects of dose and duration of calcium propionate (PrCa) supplementation on body weight, average daily gain (ADG), additional daily gain, and cumulative body weight change, in replacement heifers fed low-quality forage. Forty Beefmaster heifers (334.3 ± 3.41 kg) were used in a completely randomized design, where they received: 0, 20, 40, or 60 g of PrCa/heifer/d, for 14, 28, or 42 d. Supplementation with 20 or 40 g increased the aforementioned variables at 14 and 42 d (quadratic effect, p = 0.05), with doses of 20 and 40 g. In conclusion, 20 or 40 g for 42 days is the optimal supplementation dose.

Keywords: weights, corn stover, replacement heifers.

INTRODUCCIÓN

Durante la temporada seca, es común alimentar al ganado con forrajes secos de baja calidad, ya que estos recursos ofrecen una alternativa rentable para los productores (Klopfenstein *et al.*, 1987). Sin embargo, estos alimentos suelen ser bajos en proteína

cruda (PC, <8%) y energía neta de ganancia (EN_g, <0.9 Mcal/kg), y altos en fibra detergente neutra (FDN, >60%), lo que limita su capacidad para cubrir los requerimientos nutricionales de crecimiento, reproducción o lactancia de los rumiantes (NASEM, 2016).

Para cubrir estos requerimientos, se han utilizado los suplementos energéticos comúnmente utilizados en dietas de engorde, a base de cereales (p. ej., maíz, cebada y sorgo), pero han observados efectos variables al ser suministrados con forraje de baja calidad. Ya que, si bien su objetivo es favorecer la ingesta energética y la acumulación de grasa, se ha demostrado que los suplementos a base de granos reducen la ingesta de forraje y la digestibilidad de la fibra (Sanson *et al.*, 1990). Debido a que estos cereales contribuyen al cambio de la microbiota ruminal, favoreciendo la proliferación de bacterias amilolíticas en el rumen y reduciendo las poblaciones de bacterias celulolíticas, lo cual reducen la capacidad de fermentación de la fibra (Allison *et al.*, 1975). En consecuencia, estos suplementos energéticos a menudo actúan como sustitutos del forraje en lugar de complementos y pueden tener poco o ningún impacto positivo en el desempeño productivo del ganado vacuno (Sanson *et al.*, 1990).

Por lo anterior, es importante buscar suplementos que aporten energía y que contribuyan a aumentar, el peso corporal, la ganancia diaria de peso (GDP), la ganancia diaria adicional y el cambio de peso corporal acumulado, sin modificar la microbiota ruminal. Rodriguez-Cordero *et al.* (2023, 2025), menciona que una buena alternativa para lograr esto es la suplementación con 20 g de propionato de calcio (PrCa)/becerros en recepción con dietas altas en forraje (50%) por 42d, ya que aumenta la GDP, y el peso corporal.

A pesar de estos resultados prometedores, actualmente no se dispone de información sobre los efectos de diferentes dosis de inclusión y duración de la suplementación con PrCa sobre el peso corporal, GDP, la ganancia diaria adicional y el cambio de peso corporal acumulado, en vaquillas de reemplazo que consumen forraje de baja calidad durante la temporada seca. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la dosis de PrCa (0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d) y la duración de la suplementación (0, 14, 28 y 42 d) sobre el peso corporal, GDP, la ganancia diaria adicional y el cambio de peso corporal acumulado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la temporada seca, en el Rancho Del Cojo en el municipio de Fresnillo, Zacatecas. Cuarenta vaquillas de reemplazo Beefmaster se adaptaron por 28 d, posteriormente iniciaron el periodo experimental de 42 d, con un peso inicial (PI) de 334.3 ± 3.41 kg, una condición corporal de 5.5 y una edad promedio de 13.5 meses (n = 40; 10 vaquillas por tratamiento). Las vaquillas se asignaron aleatoriamente a corrales individuales (3.62 m × 3.62 m; 1 vaquilla/corral; 10 corrales/tratamiento), cada uno equipado con bebedero y comedero. Fueron pesadas cada 14 días durante los periodos de adaptación y experimental para ajustar la cantidad de suplementos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar los efectos de diferentes dosis y duraciones de la suplementación con PrCa (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV), donde recibieron: 0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d, por 14, 28 o 42 d (Figura 1).

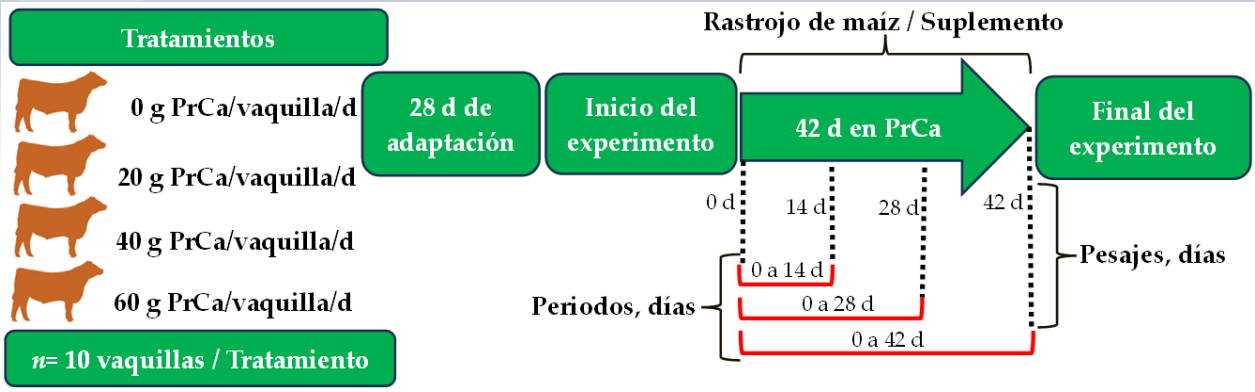


Figura 1. Experimento con un diseño completamente al azar con 40 vaquillas alojadas individualmente. Los tratamientos consistieron en la administración oral de propionato de calcio (PrCa) a dosis de 0, 20, 40 o 60 g/vaquilla/d en tres períodos de suplementación de 0 a 14, 0 a 28 o 0 a 42 d.

Durante el período experimental, se suplemento 2.5 g de suplemento/kg de peso corporal diariamente a las 11:00 h (promedio de 0.843 kg/d). Se realizaron ajustes en los días 14 y 28 según el peso corporal. El suplemento se formuló para complementar el forraje de baja calidad (PC: 485 g/kg de MS) y alcanzar un nivel de PC de 113 g/kg de la MS total. Para asegurar el consumo de la dosis de PrCa, se mezcló con 100 g de suplemento y se ofreció antes del forraje. El suplemento sobrante se volvió a ofrecer después del consumo inicial.

Se utilizó rastrojo de maíz como forraje de baja calidad (molido con una criba de 5 cm) y se ofreció 3 veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 h). Se revisaron los comederos 30 min antes de la alimentación matutina para registrar los rechazos, lo cual se utilizó para ajustar la alimentación de las 16:00 h y mantener un rechazo de <100 g por vaquilla. Las cantidades de alimento a las 8:00 y 12:00 h se mantuvieron sin cambios. El agua se proporcionó *ad libitum*.

Con los datos individuales recopilados durante la prueba de comportamiento, se calcularon los siguientes promedios para los diferentes intervalos de tiempo (d 0 a 14, d 0 a 28 y d 0 a 42): (1) GDP= [(Peso de salida - Peso de entrada)/42 d], expresado como kg/d; (2) Ganancia diaria adicional = (GDP tratamientos CaPr - GDP control), expresado como kg/d; (3) Cambio de peso corporal acumulado = (Peso de salida - Peso de entrada), expresado como kg/d.

El experimento se analizó mediante un DCA con 4 tratamientos, donde cada vaquilla sirvió como unidad experimental. Se analizaron las siguientes variables: 1) el peso corporal, 2) GDP, 3) la ganancia diaria adicional y 4) el cambio de peso corporal acumulado, todo ello mediante los procedimientos PROC MIXED del software SAS® 9.3 SAS® Studio (SAS Institute Inc., 2025). Los datos del PI, se utilizaron como covariables de las mediciones obtenidas el 42 d. Tras el análisis de varianza, se utilizaron la prueba de Tukey y el contraste polinomial ortogonal. La significancia se estableció en un valor $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran un comportamiento cuadrático ($p<0.05$) en el peso corporal, GDP y cambio de peso corporal acumulado, a los 14 y 42 días, con la suplementación de las dosis de 20 y 40 g PrCa (Cuadro 1). Para lo que respecta a ganancia diaria adicional, se observa un efecto cuadrático ($p<0.05$), para los días 14, 28 y 42, observándose los resultados más elevados con las dosis de 20 y 40 g PrCa. Rodríguez-Cordero *et al.* (2023 y 2025) en becerros en la recepción con dietas con 50% de forraje, coinciden con los resultados del presente estudio; ya que mencionan que la suplementación de 20 g de PrCa por 42 d aumenta la GDP, y el peso corporal.

Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis y duración de la suplementación con propionato de calcio (PrCa) en vaquillas de reemplazo alimentadas con rastrojo de maíz, sobre el peso corporal, la ganancia diaria de peso, la ganancia diaria adicional y el cambio de peso corporal acumulado.

Variable de respuesta	Dosis de PrCa [a]				EEM [b]	Efectos (valor de *P*)	
	0	20	40	60		Lineal	Cuadrático
Peso corporal, Kg							
Inicial	334.14	333.17	333.40	334.33	6.366	-	-
Día 14	335.71[b]	340.94[a]	339.68[a]	334.67[a]	1.685	0.654	0.024
Día 28	339.11[b]	343.11[a]	343.28[a]	335.30[b]	2.518	0.348	0.089
Día 42	342.87[b]	346.20[a]	347.35[a]	340.31[b]	1.606	0.488	0.017
Ganancia diaria de peso, Kg							
0 a 14 d	0.111[b]	0.555[a]	0.448[a]	0.024[b]	0.014	0.782	0.024
0 a 28 d	0.178[b]	0.355[a]	0.352[a]	0.035[b]	0.028	0.991	0.091
0 a 42 d	0.203[b]	0.310[a]	0.332[a]	0.142[b]	0.038	0.555	0.019
Ganancia diaria adicional, kg							
0 a 14 d	0.00[b]	0.444[a]	0.337[a]	-0.087[b]	0.045	0.583	0.001
0 a 28 d	0.00[b]	0.176[a]	0.174[a]	-0.143[b]	0.074	0.274	0.025
0 a 42 d	0.00[b]	0.107[a]	0.129[a]	-0.061[b]	0.033	0.514	0.003
Cambio de peso corporal acumulado, kg							
0 a 14 d	1.57[b]	7.77[a]	6.27[a]	0.33[c]	0.694	0.648	0.012
0 a 28 d	4.96[b]	9.95[a]	9.88[a]	0.97[c]	1.580	0.998	0.098
0 a 42 d	8.73[b]	13.04[a]	13.95[a]	5.98[c]	1.632	0.559	0.022

[a] Los tratamientos consistieron en la administración oral de PrCa a dosis de 0, 20, 40 o 60 g/vaquilla/d (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV., Ciudad de México, México) en tres períodos de alimentación de 0 a 14, 0 a 28 o 0 a 42 d. [b] EEM = Error estándar de la media. [a,b,c] Medias con diferentes literales en superíndice en la misma fila son diferentes ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

Con base a resultados observados para peso corporal, GDP, ganancia diaria adicional y cambio de peso corporal acumulado, las dosis óptimas de suplementación por 42 días con CaPr fueron de 20 o 40 g. Mejorando todas estas variables.

LITERATURA CITADA

Allison, M. J., Robinson, I. M., Dougherty, R. W., & Bucklin, J. A. (1975). Grain overload in cattle and sheep: changes in microbial populations in the cecum and rumen. *Am. J. Vet. Res.*, *36*(2), 181-186.

Klopfenstein, T., L. Roth, S. Fernandez-Rivera, and M. Lewis. 1987. Corn residues in beef production systems. J. Anim. Sci. 65:1139–1148.

NASEM. Nutrient Requirements of Beef Cattle, 8th ed.; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2016; ISBN 978-0-309-31702-3.

Rodríguez-Cordero, D., Carrillo-Muro, O., Hernández-Briano, P., Correa-Aguado, P. I., Rivera-Villegas, A., Barreras, A., ... & Plascencia, A. (2025). Optimal Period of Calcium Propionate Supplementation in Arrival High-Risk Bull Calves: Growth Performance, Body Fat Reserves, and Serum Metabolites. *Animals*, *15*(8), 1170.

Rodriguez-Cordero, D., Carrillo-Muro, O., Hernandez-Briano, P., Rivera-Villegas, A., & Estrada-Angulo, A. (2023). Effect of dietary calcium propionate inclusion level and duration in high-risk newly received stocker calves: Growth performance, body fat reserves, and health. *Agriculture*, *13*(11), 2062.

Sanson, D. W., Clanton, D. C., & Rush, I. G. (1990). Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. *Journal of Animal Science*, *68*(3), 595-603.

MAÍZ (*Zea mayz*) FORRAJERO EN SUELOS CONTAMINADOS: EFECTOS DEL PLOMO EN SU DESARROLLO

FORAGE MAIZE (*Zea mays*) IN CONTAMINATED SOILS: LEAD EFFECTS ON GROWTH

Eduardo Rodríguez-Gutiérrez[1], Víctor Manuel Escot-Espinoza[1], Juan Armando Flores de la Torre[1], Alejandro Espinoza-Canales[2], Daniel García-Cervantes[2], Héctor Gutiérrez-Banuelos[2]*

[1]Universidad Autónoma de Zacatecas, Área de Ciencias de la Salud, La Escondida, 98160 Zacatecas, Zac. [2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Academica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo, km 31.5, El Cordovel, Gral. Enrique Estrada, Zacatecas. *Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESÚMEN

El cultivo de *Zea mays* es una de las principales fuentes de forraje en sistemas ganaderos de zonas semiáridas. Sin embargo, la contaminación de suelos con metales pesados, como el plomo (Pb), puede limitar su productividad y comprometer la inocuidad del forraje. El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del Pb sobre la germinación, desarrollo y acumulación tisular de Zea mays bajo condiciones controladas. Se aplicaron cinco tratamientos con concentraciones crecientes de $Pb(NO_3)_2$ (0, 100, 200, 300 y 400 mg/L), y se midieron parámetros de germinación, longitud de raíz y tallo, así como contenido de Pb en tejidos. Los resultados mostraron una disminución significativa en la germinación y desarrollo morfológico conforme aumentó la concentración del metal. La acumulación de Pb fue mayor en raíces, con una translocación limitada hacia la parte aérea. Estos resultados evidencian las limitaciones del uso forrajero del maíz en suelos contaminados, y resaltan la necesidad de evaluar la calidad e inocuidad del forraje producido en este tipo de entornos.

Palabras clave: maíz forrajero, plomo, suelos contaminados, inocuidad alimentaria, germinación.

ABSTRACT

Zea mays is a major forage crop in livestock systems of semi-arid regions. However, soil contamination with heavy metals such as lead (Pb) may limit its productivity and compromise forage safety. This study aimed to evaluate the effects of Pb on germination, growth, and tissue accumulation in Zea mays under controlled conditions. Five treatments with increasing concentrations of $Pb(NO_3)_2$ (0, 100, 200, 300, and 400 mg/L) were applied, and germination parameters, root and stem length, and Pb content in plant tissues were measured. Results showed a significant reduction in germination and plant development as Pb concentration increased. Pb accumulation was highest in roots, with limited translocation to aerial parts. These

findings highlight the limitations of using corn as forage in contaminated soils and underscore the importance of monitoring forage quality and safety in degraded environments.

Keywords: forage maize, lead, contaminated soils, feed safety, germination.

INTRODUCCIÓN

En regiones semiáridas y con suelos de baja fertilidad, como muchas zonas agropecuarias de México, el cultivo de *Zea mays* representa una opción estratégica para la producción forrajera debido a su alta biomasa, adaptabilidad y valor nutricional. Sin embargo, la presencia de contaminantes como metales pesados, particularmente el plomo (Pb), compromete no solo la productividad del cultivo, sino también la calidad e inocuidad del forraje obtenido. El plomo, derivado de actividades antropogénicas como la minería y la industria, se acumula en los suelos agrícolas, generando un riesgo potencial para la salud animal y humana al ingresar a la cadena alimentaria (Covarrubias & Cabriales, 2017; Rodríguez *et al.*, 2016).

El uso de *Zea mays* en suelos contaminados ha sido explorado principalmente desde la perspectiva de la fitorremediación. Sin embargo, existen pocos estudios orientados a evaluar sus limitaciones como fuente de forraje en este tipo de ambientes. La exposición de las plantas al Pb puede afectar procesos fisiológicos clave como la germinación, el desarrollo radicular y aéreo, y la capacidad fotosintética, disminuyendo así su rendimiento forrajero (Munive *et al.*, 2018; Pernía *et al.*, 2020). Además, la acumulación de plomo en los tejidos vegetales plantea serias implicaciones sobre la inocuidad del forraje, especialmente en sistemas ganaderos que dependen del autoconsumo de cultivos locales.
En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes concentraciones de Pb sobre la germinación, crecimiento y acumulación tisular de *Zea mays* bajo condiciones controladas, con el fin de identificar sus limitaciones como cultivo forrajero en suelos contaminados. Los resultados permiten generar información útil para el manejo de sistemas de alimentación en zonas afectadas por contaminación metálica, y contribuyen al desarrollo de estrategias de gestión de pastizales y forrajes en entornos degradados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó entre abril y septiembre de 2024 en el Laboratorio de Toxicología y Farmacia del Área de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas (22°46'13"N, 102°38'28"W). Se emplearon semillas certificadas de *Zea mays* variedad H311, con una tasa de germinación superior al 90 %, proporcionadas por el INIFAP (CEIRNOC). El objetivo fue evaluar el comportamiento germinativo, el desarrollo morfológico inicial y la acumulación de plomo en tejidos vegetales, como

indicadores del potencial forrajero del cultivo bajo condiciones de contaminación metálica.

Las semillas fueron desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % durante 5 minutos y enjuagadas tres veces con agua destilada estéril. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con cinco tratamientos: un testigo (0 mg/L) y cuatro concentraciones de nitrato de plomo [$Pb(NO_3)_2$]: 100, 200, 300 y 400 mg/L. Cada tratamiento contó con tres repeticiones y cada unidad experimental consistió en 10 semillas.

Para evaluar la imbibición, las semillas se colocaron en vasos de precipitado con 150 mL de la solución correspondiente y se pesaron cada 24 h hasta estabilizar su masa fresca. La germinación se determinó en cajas Petri con algodón humedecido en 20 mL de la solución, incubadas a 24 ± 1 °C en oscuridad. Se registró diariamente el número de semillas germinadas durante siete días, considerando germinadas aquellas con radícula ≥ 5 mm.

Las plántulas germinadas fueron trasplantadas en macetas con 400 g de suelo orgánico esterilizado y regadas cada 48 h con las respectivas soluciones. Las condiciones ambientales fueron controladas con un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad. A los 30 días, se midieron la longitud de raíz y tallo como indicadores del desarrollo morfológico, y se recolectaron muestras de tejido vegetal y suelo para análisis de contenido de plomo.

Las muestras fueron secadas a 60 °C durante cinco días y sometidas a digestión ácida con una mezcla HNO_3/HCl (3:2 v/v). Las concentraciones de Pb se determinaron mediante espectrofotometría de absorción atómica. Se calcularon el factor de bioconcentración (FBC) en raíces y el factor de translocación (FT) entre raíz y parte aérea.

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Las diferencias entre medias se evaluaron mediante la prueba de Tukey ($P<0.05$), considerando la concentración de Pb como factor principal de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron una inhibición significativa en la germinación y desarrollo inicial de Zea mays conforme se incrementaron las concentraciones de plomo (Pb) en el medio de cultivo ($P<0.05$). El testigo (0 mg/L) alcanzó un 100 % de germinación, mientras que los tratamientos con 100, 200, 300 y 400 mg/L presentaron porcentajes decrecientes de 83.3 %, 80 %, 80 % y 66.7 %, respectivamente. Esta reducción refleja una clara afectación de la viabilidad germinativa, lo cual compromete la implantación del cultivo en condiciones de campo, particularmente en suelos contaminados, limitando su uso como recurso forrajero desde la etapa de establecimiento.

En términos de desarrollo morfológico, tanto la longitud de raíz como de tallo disminuyeron de manera progresiva con el aumento de la concentración de Pb. La longitud radicular promedio en el testigo fue de 44.33 cm, mientras que a 400 mg/L se redujo a 22.66 cm. La parte aérea pasó de 56.33 cm en el tratamiento sin Pb a 48.13 cm en la dosis más alta. Estas reducciones no sólo afectan el rendimiento potencial

del cultivo, sino también la cantidad y calidad del forraje disponible para los sistemas ganaderos. La restricción en el crecimiento radicular puede, además, limitar la absorción de agua y nutrientes, reduciendo la resiliencia del cultivo en condiciones edáficas adversas.

El análisis de contenido de plomo reveló una acumulación significativa del metal en las raíces, con un valor máximo de 1077.65 mg/kg en el tratamiento de 400 mg/L. En la parte aérea, las concentraciones fueron considerablemente menores (hasta 41.14 mg/kg), resultando en factores de translocación (FT ≤ 0.15) bajos en todos los tratamientos. Aunque esta baja movilidad podría reducir el riesgo de transferencia directa del metal a los animales a través del consumo de forraje, la acumulación en raíces aún representa un riesgo indirecto por reincorporación de residuos al sistema o en cultivos rotacionales.

Estos hallazgos coinciden con reportes previos sobre la sensibilidad del maíz al plomo (Munive *et al.*, 2018; Ixta *et al.*, 2016), pero aportan un enfoque nuevo al destacar que las alteraciones fisiológicas y la acumulación tisular comprometen su viabilidad como forraje seguro en zonas contaminadas. Desde la perspectiva del manejo de pastizales y recursos forrajeros, los resultados sugieren que *Zea mays* cultivado en suelos con presencia moderada a alta de plomo presenta limitaciones tanto en producción de biomasa como en calidad sanitaria del forraje.

Por lo tanto, se recomienda evitar el uso de suelos contaminados con plomo para el establecimiento de maíz forrajero, o bien, realizar monitoreos frecuentes del contenido metálico en tejidos vegetales si no existen alternativas edáficas. La selección de especies más tolerantes o la implementación de prácticas de remediación previas al cultivo pueden ser estrategias necesarias para garantizar la seguridad alimentaria del ganado.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio evidencian que *Zea mays* presenta una alta sensibilidad al plomo (Pb), con efectos negativos sobre la germinación y el desarrollo morfológico desde etapas tempranas del cultivo. Conforme aumentó la concentración del metal, se observó una reducción significativa en la longitud de raíz y tallo, lo que compromete el rendimiento forrajero y la capacidad de adaptación del cultivo en suelos contaminados.

Aunque la acumulación de Pb fue mayor en raíces y la translocación hacia la parte aérea fue limitada, la presencia del metal en tejidos vegetales plantea riesgos para la inocuidad del forraje, especialmente en sistemas ganaderos donde el maíz representa una fuente primaria de alimentación.

Desde una perspectiva de manejo de pastizales y forrajes, estos hallazgos sugieren que el uso de Zea mays como cultivo forrajero debe ser restringido en suelos con niveles moderados o altos de plomo. Se recomienda implementar prácticas de monitoreo del contenido metálico en el suelo y en los tejidos vegetales, así como explorar alternativas más tolerantes o estrategias de remediación previa, a fin de garantizar la producción de forraje seguro y sustentable en regiones con suelos degradados por metales pesados.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Toxicología y Farmacia del Área de Ciencias de la Salud de la Universidad Autónoma de Zacatecas por el apoyo técnico brindado, así como al INIFAP por el suministro de las semillas certificadas. Este trabajo fue posible gracias al compromiso institucional con la investigación en temas ambientales y de salud pública.

LITERATURA CITADA.

Ávila, P., Candeias, C., Ferreira, A., Ferreira da Silva, E., & Rocha, F. (2018). Absorção de metais/metalóides por Brassica olerácea L. e riscos químicos de consumo em solos contaminados de duas minas portuguesas de tungsténio. Geoquímica dos Processos de Alteração, dos Solos e dos Processos Biogeoquímicos, Portugal.

Covarrubias, S. A., & Cabriales, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, 33(0), 7–21.

Ixta, D., Cruz, G., & Sánchez, C. (2016). Evaluación de la fitotoxicidad de jales mineros de Xichú en frijol, maíz y sorgo. Revista Jóvenes en la Ciencia, 2, 1561–1564.

Munive, R., Figueroa, L., Azabache, A., & Gamarra, G. (2018). Fitorremediación con maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados. Scientia Agropecuaria, 9(4), 551–560. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.09

Pernía, B., Añazco, K., Mero, M., Mayía, Y., & Cabos, P. (2020). Efectos del cadmio sobre la germinación y crecimiento inicial de cinco variedades de Oryza sativa L. cultivadas en Ecuador. Acta Agronómica, 70(1), 82–92.

Rodríguez, A., Cuéllar, L., Maldonado, G., & Suardiaz, M. (2016). Efectos nocivos del plomo para la salud del hombre. Revista Cubana de Investigación Biomédica, 35(3), 252–257.

Rodríguez Heredia, D. (2021). Metales pesados y salud. Correo Científico Médico, 25(4). Recuperado de https://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3702/2024

FLUJO DE ÓXIDO NITROSO EN FUNCIÓN DE LA DENSIDAD ANIMAL

EFFECT OF HERD DENSITY ON NITROUS OXIDE FLUX

Josué Jonathan Ríos Hilario[1*], Claudia María Isabel Hidalgo Moreno[2], Sergio Iban Mendoza Pedroza[1], Adelaido Rafael Rojas García[3], Jacinto Efrén Ramírez Bribiesca[1], Arturo Pro Martínez[1], Fernando González Cerón[4]

[1]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad- Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230. [2]Posgrado en Edafología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco km 36.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230. [3]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia No.2, Universidad Autónoma de Guerrero. Carretera Acapulco – Pinotepa Nacional km 197, Cuajinicuilapa, Guerrero, México. CP. 41940. [4]Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Carretera México – Texcoco km 38.5, Texcoco, Edo. de México, México. CP. 56230.

*Autor de correspondencia: rios.josue@colpos.mx

RESUMEN

El óxido nitroso (N_2O) es un potencial gas efecto invernadero que contribuye al calentamiento global, dentro de los suelos dedicados a las actividades agropecuarias, las praderas y pastizales son considerados la mayor fuente de N_2O. El objetivo del estudio fue cuantificar las emisiones de N_2O del suelo en respuesta a tres niveles de carga animal. El estudio se realizó bajo condiciones de campo durante los meses de marzo a septiembre de 2024, en el Centro Experimental del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México ubicado (19° 27´ 38 N y 98° 54´ 11 O). Las variables evaluadas fueron: contenido de N inorgánico en suelo, flujo diario y acumulado de N_2O. Los datos se analizaron mediante un diseño en bloques al azar y comparación múltiple de medias (Tukey, $p < 0.05$). La carga animal mayor mostró el mayor contenido de N inorgánico en suelo, flujo diario y acumulado de emisiones de N_2O. La carga animal modifica las emisiones de N_2O.

PALABRAS CLAVE. gases efecto invernadero, cambio climático, pradera, óxido nitroso, flujo de emisión

INTRODUCCIÓN

El óxido nitroso (N_2O) es un potencial gas de efecto invernadero y se produce en suelos por acción microbiana (IPCC, 2007). Las actividades agropecuarias en México son la segunda causa de generación de emisiones de gases efecto invernadero (GEI) con una contribución de 166.84 Gg CO_2 eq año^{-1}. Las praderas y pastizales son la principal

fuente de emisión de N2O debido a la entrada de N proveniente de la orina y heces de los animales (Lou *et al.*, 2010).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó bajo condiciones de campo durante los meses de marzo a septiembre de 2024, en el Centro Experimental del Colegio de Postgraduados, Texcoco, Estado de México ubicado a 19° 27 ´ 38 N y 98° 54 ´ 11 O, a una altura de 2240 m.s.n.m. El clima del lugar es templado subhúmedo, con precipitación media anual de 636 mm y régimen de lluvia en verano y temperatura media anual de 15.2 °C, siendo mayo el mes más cálido y enero el más frío. El suelo del área es franco arenoso de estructura en bloques, ligeramente alcalino (pH 8.1) con 5.9 % de materia orgánica.

Para cuantificar las emisiones de N_2O en el suelo en respuesta de la carga animal, se evaluó el pastoreo de borregos hembra raza Pelibuey en una pradera de pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) a razón de tres niveles de carga animal: 0, 1 y 2 unidad animal (UA). La asignación del área de pastoreo se realizó a partir de la estimación del rendimiento de la pradera y el consumo de una unidad animal.

La medición de las emisiones de N_2O se realizaron *in situ* a través de la metodología de la cámara cerrada estática permanente (Mogge *et al.*, 1999). La cuantificación de gases se realizó por cromatografía (SHIMATZU® GC240 GREENHOUSE GAS ANALYSER). El flujo de N_2O se calculó en función de la pendiente de la relación entre el tiempo y la concentración del gas (mg L^{-1}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de nitrógeno inorgánico del suelo ($N\text{-}NO_3^-$ + $N\text{-}NH_4^+$) fue superior en 2 UA, seguido de 1 UA. La menor concentración se mostró en 0 UA y 1 UA. Las principales fuentes de N disponible para las plantas en los sistemas pastoriles son la orina y heces de los animales, los fertilizantes químicos, la fijación biológica de nitrógeno y mineralización del N orgánico de suelo (Oenema *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Nitrógeno inorgánico del suelo en respuesta a la carga animal.

Tratamiento	$N\text{-}NO_3^-$	$N\text{-}NH_4^+$
	mg kg^{-1}	
0 UA	16.88 ± 1.1[b]	15.06 ± 2.1[b]
1 UA	16.38 ± 2.3[b]	15.71 ± 2.4[b]
2 UA	18.78 ± 1.1[a]	17.63 ± 1.1[a]

[a,b] letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$).

El flujo diario promedio de N_2O fue similar en 1 UA y 2 UA, sin embargo, significativamente mayor respecto a la pradera sin pastoreo con 2.8 g N_2O-N ha^{-1} $día^{-1}$ (Figura 1).

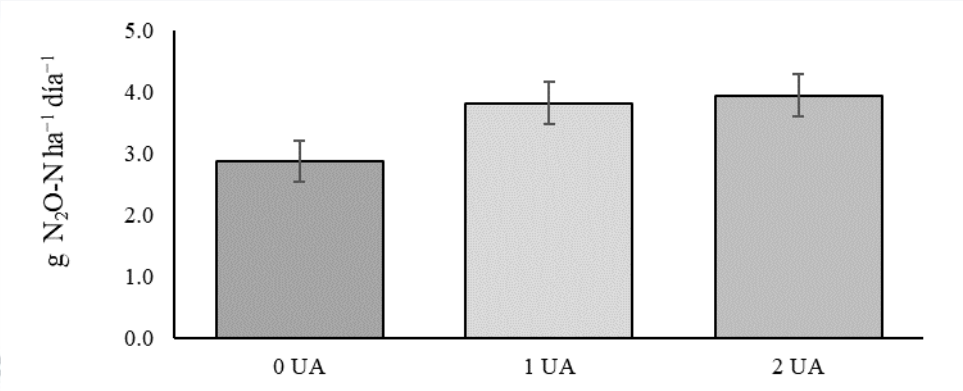


Figura 1. Emisiones diarias de N_2O del suelo en respuesta a la carga animal

El flujo acumulado de N_2O para 2 UA durante la estación primavera – verano fue 2.4 veces mayor respecto a 0 UA (Figura 2). La orina y heces depositadas durante el pastoreo son una fuente importante de emisiones de N_2O en los pastizales o praderas (de Klein y Ledgard, 2005; Oenema *et al.*, 2005). La emisión de N_2O en los sistemas de pastoreo es el resultado del proceso microbiano de nitrificación (oxidación biológica de NH_4^+ a NO_3^- + NO_2^-) y desnitrificación (transformación anaeróbica del NO_3^- a N_2) (Firestone y Davidson, 1989). La especie y número de animales, la excreción de N por animal, la gestión de los desechos animales, la fertilización inorgánica de las praderas y pastizales determinan el flujo de las emisiones de N_2O (Oenema *et al.*, 2005; Urissi y Lal, 2013).

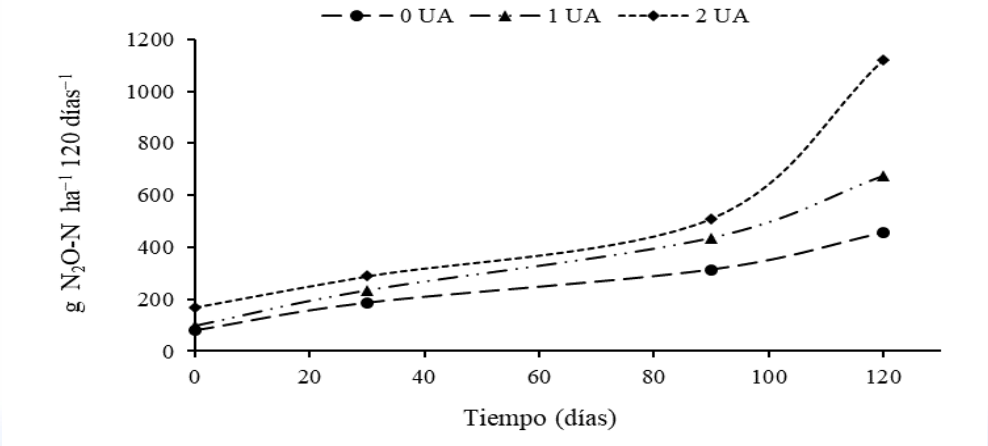


Figura 2. Flujo acumulado de N_2O del suelo con diferente carga animal.

CONCLUSIÓN

La carga animal en praderas de pastoreo influye sobre el flujo de emisiones de N_2O.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Campus Montecillo por las facilidades brindadas para realizar esta investigación y a la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento: Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático (PREGEP- Ganadería, Campus Montecillo), del Colegio de Postgraduados. A Biol. Diana Rosa Santillán Balderas por su participación en el desarrollo de los análisis de laboratorio.

LITERATURA CITADA

Oenema, O.; Wrage, N.; Velthof, G.L.; van Groenigen, J.W.; Dolfing, J.; Kuikman, P.J. 2005. Trends in global nitrous oxide emissions from animal production systems. Nutr. Cycl. Agroecosys.72(1), 51–65. https://doi.org/10.1007/s10705-004-7354-2

Ussiri, D., Lal, R. (2013). Mitigation Options for Livestock and Pasture Lands. In: Soil Emission of Nitrous Oxide and its Mitigation. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5364-8_9

IPCC. 2007. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R.H. Moss (ed.). pp. Cambridge University Press, New York, NY, USA, and Cambridge, UK

Firestone, M.K. y Davidson, E.A. 1989. Microbiological basis of NO and N_2O production and consumption in soil. In: M.O. Andreae, D.S. Schimel (eds). Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Wiley, Chichester, pp 7–21.

de Klein, C.A.M. y Ledgard S.F. 2005. Nitrous oxide emissions from New Zealand agriculture – key sources and mitigation strategies. Nutr. Cycl. Agroecosyst, 72:77–85.

Luo, J.; de Klein, C.A.M.; Ledgard, S.F.; Saggar, S. 2010. Management options to reduce nitrous oxide emissions from intensively grazed pastures: a review. Agric. Ecosystem and Environment, 136, 282-2.

EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON PROPIONATO DE CALCIO EN VAQUILLAS ALIMENTADAS CON FORRAJE DE BAJA CALIDAD: CONSUMO Y EFICIENCIA

EFFECT OF CALCIUM PROPIONATE SUPPLEMENTATION ON HEIFERS FED POOR-QUALITY FORAGE: INTAKE AND EFFICIENCY

Alejandra Ríos Domínguez[1], Octavio Carrillo Muro[1*], Pedro Hernández Briano[1], Alejandro Rivera Villegas[1], Oliver Yaotzin Sánchez-Barbosa[1], José Alfredo Domínguez Gallegos[1]

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Carretera Panamericana Zacatecas – Fresnillo, Km. 31.5, Gral. Enrique Estrada, Zac. CP. 98500
Autor de correspondencia: octavio_cm@uaz.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar los efectos de la dosis y duración de la suplementación de propionato de calcio (PrCa), en el consumo de forraje (CF), eficiencia del uso del suplemento (EUS) y coeficiente de sustitución (CS), en vaquillas de reemplazo alimentadas con forraje de baja calidad. Se utilizaron 40 vaquillas raza Beefmaster (334.3 ± 3.41 kg de peso), en un diseño completamente al azar, donde recibieron: 0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d, por 14, 28 o 42 d. La suplementación con 20 o 40 g, estímulo el CF solo los primeros 14 d (efecto cuadrático, $p = 0.007$). EUS, en todos los periodos se comportó de manera similar, con 20 o 40 g (efecto cuadrático, $p < 0.05$), fueron más eficientes. En conclusión, 20 o 40 g por 42 d, promueven EUS.

Palabras clave: temporada seca, rastrojo de maíz, vaquillas de reemplazo.

ABSTRACT

The objective was to determine the effects of the dose and duration of calcium propionate (CaPr) supplementation on forage intake (FI), efficiency of supplement use (ESU) and substitution coefficient (SC) in replacement heifers fed poor-quality forage. Forty Beefmaster heifers (334.3 ± 3.41 kg weight) were used in a completely randomized design, where they received: 0, 20, 40 or 60 g of CaPr/heifer/d, for 14, 28 or 42 d. Supplementation with 20 or 40 g stimulated FI only the first 14 d (quadratic effect, $p = 0.007$). ESU behaved similarly in all periods, with 20 or 40 g (quadratic effect, $p < 0.05$), they were more efficient. In conclusion, 20 or 40 g for 42 d promotes ESU.

Keywords: dry season, corn stover, replacement heifers.

INTRODUCCIÓN

Durante la temporada seca, es común alimentar al ganado con forrajes secos de baja calidad, ya que estos recursos ofrecen una alternativa rentable para los productores (Klopfenstein *et al.*, 1987). Sin embargo, estos alimentos suelen ser bajos en proteína cruda (PC, <8%) y energía neta de ganancia (EN_g, <0.9 Mcal/kg), y altos en fibra detergente neutra (FDN, >60%), lo que limita su capacidad para cubrir los requerimientos nutricionales de crecimiento, reproducción o lactancia de los rumiantes (NASEM, 2016).

Para superar estas limitaciones, la suplementación proteica se utiliza ampliamente en el ganado en mantenimiento, que consume forrajes de baja calidad; mejorando la eficiencia del uso de nutrientes por parte de los microorganismos ruminales, incrementando el consumo de forraje (CF) y mejorando la digestibilidad (Lee *et al.*, 1985; Males, 1987). Sin embargo, en el ganado que necesita cubrir los requerimientos de crecimiento, reproducción o lactancia, a parte de la suplementación proteica es necesaria la suplementación energética (suplemento proteico-energético).

La opción más usada es la alimentación con suplementos a base de cereales, pero estos han producido resultados negativos en ganado que consume forraje de baja calidad; observándose que reducen el CF. En consecuencia, estos suplementos sustituyen (CS, coeficiente de sustitución) el uso del forraje en lugar de complementarlo, y pueden tener poco o ningún impacto positivo en el comportamiento productivo del ganado (Sanson *et al.*, 1990).

Ante estos desafíos, se necesitan suplementos energéticos alternativos que no comprometan el CF o lo sustituyan. Una opción puede ser el uso de propionato de calcio (PrCa), que es un precursor gluconeogénico, que en becerros en recepción alimentados con dietas ricas en forraje (50%) y suplementadas diariamente con 20 g de PrCa durante 42 d, mejora la eficiencia del uso del suplemento (EUS, +16.7%), y no tiene efectos negativos en el consumo (Rodríguez-Cordero *et al.*, 2023, 2025).

A pesar de estos resultados prometedores, actualmente no se dispone de información sobre los efectos de diferentes dosis de inclusión y duración de la suplementación con PrCa sobre el CF, la EUS y su CS, en vaquillas de reemplazo que consumen forraje de baja calidad durante la temporada seca. Por consiguiente, el objetivo de este estudio fue determinar los efectos de la dosis de PrCa (0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d) y duración de la suplementación (0, 14, 28 y 42 d) sobre el CF, la EUS y CS.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante la temporada seca, en el Rancho Del Cojo en el municipio de Fresnillo, Zacatecas. Cuarenta vaquillas de reemplazo Beefmaster se adaptaron por 28 d, posteriormente iniciaron el periodo experimental de 42 d, con un peso inicial (PI) de 334.3 ± 3.41 kg, una condición corporal de 5.5 y una edad promedio de 13.5 meses (n = 40; 10 vaquillas por tratamiento). Las vaquillas se asignaron aleatoriamente a corrales individuales (3.62 m × 3.62 m; 1 vaquilla/corral; 10 corrales/tratamiento), cada uno equipado con bebedero y comedero. Fueron pesadas cada 14 días durante los periodos de adaptación y experimental para ajustar la cantidad de suplementos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para evaluar los efectos de diferentes

dosis y duraciones de la suplementación con PrCa (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV), donde recibieron: 0, 20, 40 o 60 g de PrCa/vaquilla/d, por 14, 28 o 42 d (Figura 1).

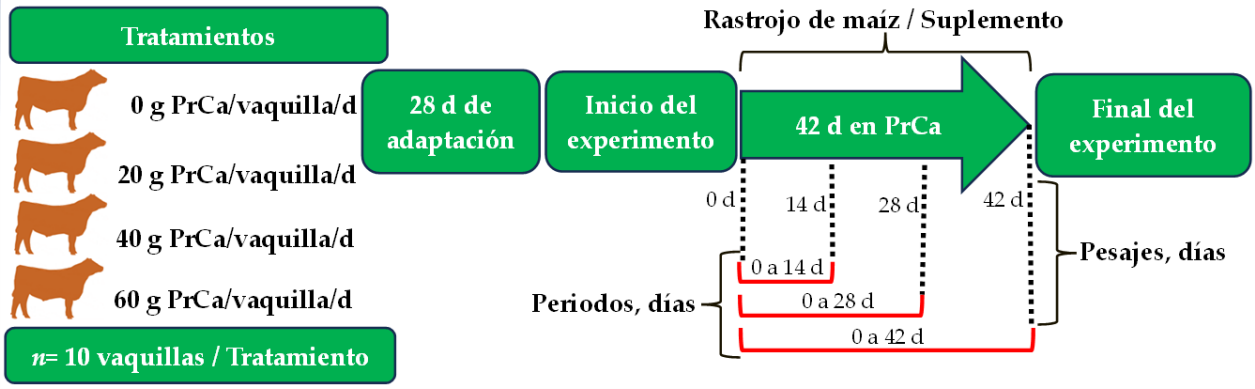


Figura 1. Experimento con un diseño completamente al azar con 40 vaquillas alojadas individualmente. Los tratamientos consistieron en la administración oral de propionato de calcio (PrCa) a dosis de 0, 20, 40 o 60 g/vaquilla/d en tres períodos de suplementación de 0 a 14, 0 a 28 o 0 a 42 d.

Durante el período experimental, se suplemento 2.5 g de suplemento/kg de peso corporal diariamente a las 11:00 h (promedio de 0.843 kg/d). Se realizaron ajustes en los días 14 y 28 según el peso corporal. El suplemento se formuló para complementar el forraje de baja calidad (PC: 485 g/kg de MS) y alcanzar un nivel de PC de 113 g/kg de la MS total. Para asegurar el consumo de la dosis de PrCa, se mezcló con 100 g de suplemento y se ofreció antes del forraje. El suplemento sobrante se volvió a ofrecer después del consumo inicial.

Se utilizó rastrojo de maíz como forraje de baja calidad (molido con una criba de 5 cm) y se ofreció 3 veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 h). Se revisaron los comederos 30 min antes de la alimentación matutina para registrar los rechazos, lo cual se utilizó para ajustar la alimentación de las 16:00 h y mantener un rechazo de <100 g por vaquilla. Las cantidades de alimento a las 8:00 y 12:00 h se mantuvieron sin cambios. El agua se proporcionó *ad libitum*.

Con los datos individuales recopilados durante la prueba de comportamiento, se calcularon los siguientes promedios para los diferentes intervalos de tiempo: (1) Consumo de suplemento = (Suplemento ofrecido - Suplemento rechazado), que se pesó y registró diariamente, expresado como kg/d; (2) CF= (Forraje ofrecido - Forraje rechazado), que se pesó y registró diariamente, expresado como kg/d; (3) Cantidad de suplemento consumido (g/kg de peso corporal) = Consumo de suplemento × peso corporal, expresada en g; (5) Cantidad de CF, % de peso corporal = CF × peso corporal, expresada como porcentaje; (6) EUS = Ganancia diaria de peso / Consumo de suplemento; y (7) CS = (CF por control) — (CF por los tratamientos con PrCa) / Consumo de suplemento, expresado en kg.

El experimento se analizó mediante un DCA con 4 tratamientos, donde cada vaquilla sirvió como unidad experimental. Se analizaron las siguientes variables: 1) Consumo de suplemento y forraje (en kg y en base al peso vivo), 2) EUS, y 3) CS, todo ello mediante los procedimientos PROC MIXED del software SAS® 9.3 SAS® Studio (SAS

Institute Inc., 2025). Los datos del PI, se utilizaron como covariables de las mediciones obtenidas el 42 d. Tras el análisis de varianza, se utilizaron la prueba de Tukey y el contraste polinomial ortogonal. La significancia se estableció en un valor $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto el consumo de rastrojo de maíz, sólo en los primeros 14 d de suplementación las dosis de 20 y 40 g PrCa lo elevaron un 27.8% (efecto cuadrático, $p = 0.007$), el resto del periodo experimental se comportaron de manera similar con todas las dosis, al igual que el consumo de rastrojo de maíz, %PV ($p > 0.05$) (Cuadro 1). En lo que respecta a la EUS, en todos los períodos de suplementación se observó un comportamiento similar, donde las vaquillas que se suplementan con 20 o 40 g (efecto cuadrático, $p < 0.05$), hicieron uso más eficiente del suplemento con mejoras del 400% cuando fueron suplementadas por 14 d, 99.1% por 28 d y 52.7% con 42 d. Finalmente, el CS de la suplementación de las diferentes dosis de PrCa fue similar ($p > 0.05$) y esta no sustituye el uso del rastrojo, en los diferentes periodos. Rodríguez-Cordero *et al.* (2023 y 2025) en becerros en recepción con dietas con 50% de forraje, coinciden con los resultados del presente estudio; ya que mencionan que la suplementación de 20 g de PrCa por 42 d no afecta el CF y promueve EUS.

Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis y duración de la suplementación con propionato de calcio (PrCa) en vaquillas de reemplazo alimentadas con rastrojo de maíz, sobre el consumo de forraje, y eficiencia y sustitución del uso del suplemento.

Variable de respuesta	Dosis de PrCa [a]				EEM [b]	Efectos (valor de *P*)	
	0	20	40	60		Lineal	Cuadrático
Consumo de suplemento, g MS/vaquilla/d							
0 a 14 d	834.00	834.00	834.00	834.00	-	-	-
15 a 28 d	844.00	844.00	844.00	844.00	-	-	-
29 a 42 d	850.00	850.00	850.00	850.00	-	-	-
0 a 42 d	842.67	842.67	842.67	842.67			
Consumo de suplemento, g/kg PV	2.50	2.50	2.50	2.50	-	-	-
Consumo de rastrojo de maíz, kg MS/vaquilla/d							
0 a 14 d	3.45[b]	4.41[a]	4.42[a]	4.19[ab]	0.148	0.029	0.007
0 a 28 d	4.18	4.28	4.47	4.28	0.158	0.559	0.437
0 a 42 d	4.27	4.36	4.57	4.41	0.145	0.451	0.488
Consumo de rastrojo de maíz, %PV	1.26	1.28	1.34	1.30	0.027	0.281	0.322
Eficiencia del uso del suplemento							
0 a 14 d	0.133[b]	0.665[a]	0.537[a]	0.029[c]	0.054	0.471	0.004
0 a 28 d	0.211[b]	0.420[a]	0.417[a]	0.041[c]	0.046	0.327	0.003
0 a 42 d	0.239[b]	0.365[a]	0.390[a]	0.167[c]	0.046	0.549	0.021
Coeficiente de sustitución, kg MS/vaquilla/d							
0 a 14 d	-	-1.35	-1.60	-1.34	0.191	0.952	0.353
0 a 28 d	-	-1.92	-1.15	-1.92	0.158	0.982	0.328
0 a 42 d	-	-1.91	-1.15	-1.97	0.151	0.825	0.333

[a] Los tratamientos consistieron en la administración oral de PrCa a dosis de 0, 20, 40 o 60 g/vaquilla/d (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV., Ciudad de México, México) en tres períodos de alimentación de 0 a 14, 0 a 28 o 0 a 42 d. [b] EEM = Error estándar de la media. [a,b,c] Medias con diferentes literales en superíndice en la misma fila son diferentes ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

Con base en la EUS, las dosis óptimas de suplementación por 42 d con CaPr fueron de 20 o 40 g. Una dosis más elevada (60 g) o no suplementar PrCa (0 g), no mejoran el CF o la EUS. Es importante destacar que este es un estudio pionero en el tema, que contribuye a nuestra comprensión de la estrategia de utilizar compuestos gluconeogénicos como alternativa para mejorar la productividad de vaquillas de reemplazo alimentadas con forrajes de baja calidad, durante la temporada seca. Por lo tanto, se requieren ensayos a mayor escala para evaluar el potencial de extrapolación de los resultados experimentales a los sistemas de cría de ganado.

LITERATURA CITADA

Klopfenstein, T., Roth, L., Rivera, S. F., & Lewis, M. (1987). Corn residues in beef production systems. *Journal of Animal Science*, *65*(4), 1139-1148.

Lee, G. J., Hennessy, D. W., Williamson, P. J., Nolan, J. V., Kempton, T. J., & Leng, R. A. (1985). Responses to protein meal supplements by lactating beef cattle given a low-quality pasture hay. *Australian Journal of Agricultural Research*, *36*(5), 729-741.

Males, J. R. (1987). Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. *Journal of Animal Science*, *65*(4), 1124-1130.

National Academies of Sciences, Medicine, Division on Earth, Life Studies, & Committee on Nutrient Requirements of Beef Cattle. (2016). Nutrient requirements of beef cattle.

Rodríguez-Cordero, D., Carrillo-Muro, O., Hernández-Briano, P., Correa-Aguado, P. I., Rivera-Villegas, A., Barreras, A., ... & Plascencia, A. (2025). Optimal Period of Calcium Propionate Supplementation in Arrival High-Risk Bull Calves: Growth Performance, Body Fat Reserves, and Serum Metabolites. *Animals*, *15*(8), 1170.

Rodriguez-Cordero, D., Carrillo-Muro, O., Hernandez-Briano, P., Rivera-Villegas, A., & Estrada-Angulo, A. (2023). Effect of dietary calcium propionate inclusion level and duration in high-risk newly received stocker calves: Growth performance, body fat reserves, and health. *Agriculture*, *13*(11), 2062.

Sanson, D. W., Clanton, D. C., & Rush, I. G. (1990). Intake and digestion of low-quality meadow hay by steers and performance of cows on native range when fed protein supplements containing various levels of corn. *Journal of Animal Science*, *68*(3), 595-603.

MECANISMOS MORFOFISIOLÓGICOS IMPLICADOS EN LA ADAPTACIÓN DE ZACATES FORRAJEROS

MORPHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS INVOLVED IN THE ADAPTATION OF FORAGE GRASSES

Edith Ramírez-Segura[1*], Jaime Neftalí Márquez-Godoy[2], Mauricio Velázquez-Martinez[3], Jonathan Raúl Garay-Martínez[4], Obed Gabriel Gutierrez-Gutierrez[2].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF), Ojuelos, Jalisco, México; [2]INIFAP Campo Experimental Valle de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México; [3]INIFAP Campo Experimental San Luis, San Luis Potosí, México; [3]INIFAP Campo Experimental Campo Experimental Las Huastecas, Altamira, Tamaulipas, México.
* Autor de correspondencia: ramirez.edith@inifap.gob.mx

RESUMEN

La historia evolutiva de los zacates muestra que estos han desarrollado mecanismos que les han permitido adaptarse a las variaciones climáticas, y han logrado hacerlo gracias al desarrollo de una memoria genética, que les ha permitido desarrollar cambios morfofisiológicos y con ello hacer frente a eventos adversos, por ejemplo, sequías extremas. El objetivo de esta revisión es dar a conocer los mecanismos implicados en la adaptación de las gramíneas, con énfasis en los cambios morfológicos de la hoja, así como en los procesos fisiológicos importantes en la regulación estomática, la conductancia foliar mínima, la eficiencia fotosintética, grosor de la cutícula, la eficiencia en el uso del agua, la capacidad antioxidante y la senescencia foliar, atributos importantes en la arquitectura forrajera, útiles en sistemas de selección y mejoramiento genético.

Palabras clave: adaptación, cambios, resistencia a sequía.

ABSTRACT

The evolutionary history of grasses shows that they have developed mechanisms that have allowed them to adapt to climatic variations, and they have achieved this thanks to the development of a genetic memory, which has allowed them to undergo morphophysiological changes and thus cope with adverse events, for example, extreme droughts. The objective of this review is to understand the mechanisms involved in grass adaptation, with emphasis on morphological changes in the leaf, as well as important physiological processes in stomatal regulation, minimum leaf conductance, photosynthetic efficiency, cuticle thickness, water use efficiency, antioxidant capacity, and leaf senescence, important attributes in forage architecture, useful in selection and genetic improvement systems.

Keywords: adaptation, changes, resistance to drought.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la sequía representa uno de los factores de mayor perturbación para los ecosistemas y pone en riesgo la seguridad alimentaria, ya que afecta la producción agrícola. La frecuencia e intensidad de estos períodos ha aumentado de forma alarmante en los últimos años (Wang *et al.*, 2024b). Diversos estudios han demostrado que muchas especies vegetales desarrollan "memoria" frente al estrés por sequía. Esta memoria se expresa a través de cambios fisiológicos y genéticos que influyen en su capacidad de respuesta a futuros eventos de sequía. En consecuencia, las plantas sufren como respuesta cambios adaptativos en las características morfofisiológicas, especialmente a nivel foliar, lo que mejora su tolerancia al estrés hídrico (Rui *et al.*, 2024). Entre los mecanismos implicados destacan los cambios epigenéticos, como la metilación del ADN, la modificación de histonas y la acción de ARN no codificantes (ARNnc). Estos mecanismos influyen en múltiples vías fitohormonas, incluyendo el ácido abscísico (ABA), la auxina, el etileno, el ácido jasmónico (AJ), el ácido salicílico (AS) y las citoquininas. Algunas de estas modificaciones pueden ser reversibles, pero pueden persistir a lo largo de las divisiones celulares y responder con mayor eficacia a las sequías recurrentes.

Las plantas con memoria de estrés por sequía suelen mostrar mayor sensibilidad al ABA, lo que se refleja en hojas más pequeñas y gruesas, plantas que acumulan con mayor rapidez este compuesto cierran a mayor velocidad sus estomas, lo cual reduce la pérdida de agua. Asimismo, la alteración de las vías de señalización del etileno ayuda a la reabsorción de nutrientes de las hojas antes de la senescencia foliar. Por su parte, el aumento de JA estimula la producción de antioxidantes, mejorando la tolerancia al estrés, mientras que el SA contribuye a mantener niveles más elevados de clorofila y antioxidantes, mejorando la estabilidad del aparato fotosintético. El objetivo de esta revisión es dar a conocer los mecanismos implicados en la adaptación de las gramíneas, con énfasis en los cambios en la morfología de la hoja y los procesos que se desarrollan en ella como son la regulación estomática, la conductancia foliar mínima, la eficiencia fotosintética, grosor de la cutícula, la eficiencia en el uso del agua, la capacidad antioxidante y la senescencia foliar, atributos importantes en la arquitectura forrajera, útiles en sistemas de selección y mejoramiento genético.

MECANISMOS MORFOFISIOLOGICOS EN ZACATES FORRAJEROS

Diversos estudios han demostrado que las gramíneas establecidas en zonas áridas y semiáridas han desarrollado diversos mecanismos morfofisiológicos que les permiten adaptarse y sobrevivir en condiciones de extrema sequía (Figura 1). Entre estos mecanismos se encuentra una regulación eficiente del intercambio de gases, reducción en la pérdida de agua y control de la absorción de CO_2 para la fotosíntesis. Entre los mecanismos más importantes destaca la reducción en la densidad estomática (menos estomas por unidad de área) y el ajuste en el tamaño del poro.

Estos cambios permiten una conductancia estomática mínima, lo que reduce la pérdida pasiva de agua cuando los estomas están completamente cerrados. Además, el desarrollo y engrosamiento de una capa cerosa en la cutícula de las hojas, impide la pérdida una de agua al funcionar como barrera durante el proceso de evaporación.
Asimismo, se ha observado que las plantas que enfrentan frecuentemente condiciones de sequía realizan fotosíntesis más eficientemente que aquellas no adaptadas, debido a la concentración de Rubisco, metabolitos protectores, azúcares y antioxidantes, que protegen la integridad celular y a mantener el equilibrio osmótico, reduciendo los daños en hojas. Estos cambios fisiológicos se atribuyen a la activación y expresión génica, donde la planta activa la producción enzimática lo que le permite mantener la productividad, limitar la pérdida de agua y mitigar el daño oxidativo en sequías recurrentes. La activación de genes incluye mecanismos epigenéticos, como la metilación del ADN, modificaciones de histonas y en ARN no codificantes (ARNnc) ya estos son esenciales en la memoria de las plantas sometidas a estrés hídrico, estos cambios pueden ser permanentes o a corto plazo, los cuales se reflejan a nivel morfológico y fisiológico en las hojas (Wang *et al.*, 2024a).

Figura 1. Respuesta morfo fisiológica, como respuesta de la activación de genes, implicada en la adaptación de zacates forrajeros desarrollados en condiciones de sequía.

Durante el estrés hídrico, el crecimiento foliar suele verse inhibido, ya que las plantas se centran en la conservación del agua y priorizan los recursos hacia la adquisición de agua en los tejidos radiculares. Cuando se alivia el estrés, las plantas reanudan la expansión foliar, pero la tasa de recuperación depende de la gravedad y la duración del estrés previo. Lo que lleva a las plantas a activar genes o recurrir a mecanismos como son la metilación del ADN, junto a modificaciones en histonas y los ARN pequeños regulan la expresión génica y mantienen la estabilidad del genoma. La primera es

específica para cada gen, mientras que las otras influyen en la accesibilidad de la cromatina y la expresión génica durante la transcripción, lo cual se refleja en una modificación de la arquitectura foliar, atributo importante en zacates forrajeros. Además, de mejorar la retención de agua al existir mejor regulación estomática. Este comportamiento puede expresarse a largo plazo ya que afecta la memoria genética de las plantas y con ello la respuesta ante futuras sequías (Wang *et al.*, 2024b) a través de la modulación del crecimiento de la planta por alteraciones en el desarrollo, la morfología y los procesos fisiológicos de las hojas.

El ABA es responsable de inducir el cierre estomático y reducir la pérdida de agua, esto es posible al aumentar la biosíntesis de la cutícula, al activar los genes sensibles al estrés. El AJ está asociado a las respuestas al estrés biótico, importante en la tolerancia a la sequía; los niveles de AJ aumentan durante la sequía, al incrementar la actividad enzimática para la eliminación de radicales libres, ayudando así a la planta a afrontar un mayor estrés oxidativo (Kebert *et al.*, 2023). En tanto, el etileno previene la senescencia prematura de la hoja bajo estrés hídrico, al modular la longevidad, la función foliar y el desarrollo del tamaño estomático garantizando que la planta pueda conservar hojas funcionales durante el estrés. Por otro lado, el AS es clave en la estabilidad fotosintética, el ajuste osmótico y las defensas antioxidantes, además de ayudar a las plantas a mantener los niveles de clorofila y reducir el daño oxidativo, por lo tanto, ayuda en la regulación de la resistencia sistémica adquirida y las respuestas de defensa, cruciales en la mitigación de los efectos negativos del estrés hídrico asegurando una aclimatación eficiente al estrés y contribuyendo a la resiliencia general de la planta durante y después de la recuperación.

De manera similar, las auxinas son esenciales en la modulación de la expansión foliar, la formación de patrones estomáticos y el desarrollo cuticular en condiciones de sequía ya que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Verma *et al.*, 2022). En tanto que, las citoquininas mantienen el contenido de clorofila y la capacidad antioxidante durante y después de la sequía, pues estas retrasan la senescencia de las hojas y previenen la degradación de la clorofila, favoreciendo así la fotosíntesis sostenida, al inducir cambios fisiológicos a nivel foliar mediante la señalización del óxido nítrico, lo que afecta el rendimiento fotosintético, la tasa de transporte de electrones y la regulación estomática (Ahmad *et al.*, 2024).

CONCLUSIÓN

Plantas con memoria de sequía tienden a reanudar el desarrollo con retraso o a menor ritmo para evitar una pérdida excesiva de agua durante las sequías. Si bien es cierto que existe mucha información sobre los diversos mecanismos morfofisiológicos implicados en la adaptación y resistencia a sequía, estos estudios se han centrado en unas pocas especies modelo o cultivadas, sin embargo, la investigación sigue siendo escasa en especies de importancia forrajera donde el estudio de su genoma no está

disponible por ser relativamente grandes y altamente repetidos. Se requiere realizar investigación que relacione los cambios anatómicos con las respuestas fisiológicas y genéticas en gramíneas forrajeras y su respuesta a la sequía y variaciones climáticas.

LITERATURA CITADA

Kebert, M., Kosti´c, S., Stojni´c, S., ˇCapelja, E., Marki´c, A. G., Zori´c, M., Kesi´c, L., Flors, V., (2023). A Fine-Tuning of the Plant Hormones, Polyamines and Osmolytes by Ectomycorrhizal Fungi Enhances Drought Tolerance in Pedunculate OakInt. J. Mol. Sci, 24 (8), 7510. https://doi.org/10.3390/ijms24087510.

Rui, M., Chen, R., Jing, Y., Wu, F., Chen, Z., Tissue, D., Jiang, H., Wang, Y. (2024). Guard cell and subsidiary cell sizes are key determinants for stomatal kinetics and drought adaptation in cereal crops. New Phytol, 242(6), 2479–2494. https://doi.org/10.1111/nph.19757.

Verma, S., Negi, N. P., Pareek, S., Mudgal, G., Kumar, D. (2022). Auxin response factors in plant adaptation to drought and salinity stress. Physiol. Plant, 174(6), e13714. https://doi.org/10.1111/ppl.13714.

Wang, S., Hoch, G., Grun, G., Kahmen, A. (2024a). Water loss after stomatal closure: quantifying leaf minimum conductance and minimal water use in nine temperate European tree species during a severe drought. Tree Physiol, 44(4), tpae027. https://doi.org/10.1093/treephys/tpae027.

Wang, F., Li, C.H., Liu, Y., He, L.F., Li, P., Guo, J.X., Zhang, N., Zhao, B., Guo, Y.D. (2024b). Plant responses to abiotic stress regulated by histone acetylation. Front. Plant Sci. 15, 1404977. https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1404977.

ANÁLISIS DE CRECIMIENTO VEGETAL DE *Tripsacun dactyloides* L., EN EL ALTIPLANO CENTRAL

PLANT GROWTH ANALYSIS OF *Tripsacun dactyloides* L., IN THE CENTRAL PLATEAU

Raúl Plascencia Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero Carrillo[1], José Alberto Salvador Escalante Estrada[1], Leonor Miranda Jiménez[1], Cándido López Castañeda[1].

[1]Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.
*Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el comportamiento productivo de *Tripsacun dactyloides* en tres épocas del año y clima templado. Se muestreó a 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días de rebrote. Las variables incluyeron: composición morfológica; peso seco de tallos vegetativos (PST); peso seco de hoja (PSH); peso seco de material muerto (PSMM); peso seco de tallos reproductivos (PSTR); peso seco de espiga (PSE); peso seco de cúpulas (PSC) y biomasa total (BT). Se utilizó un diseño Completamente al Azar con parcelas divididas (época y fecha de corte). Los datos se analizaron con GLM y Tukey. La mayor producción de BT y sus componentes morfológicos se observó en primavera-verano. Para otoño-invierno y verano-otoño, las plantas no alcanzaron estadios reproductivos. La temperatura influye en el desarrollo del ecotipo selecto evaluado.

Palabras clave: composición morfológica, biomasa total, crecimiento estacional.

ABSTRACT

The objective was to define the productive potential of *Tripsacun dactyloides* during three seasons of the year in temperate conditions. Plants were sampled at 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 days of regrowth age. Production variables included: morphological composition; dry matter (DM) of vegetative tillers (PST), foliar DM; dead material DM (PSMM); reproductive tillers DM (PSTR); DM of inflorescence tissue (PSE); cupules DM (PSC) and total biomass DM (BT). A completely randomised design with split plot arrangement (season and cutting period) was established. Dana analysis was performed using GLM and Tukey. Highest DM production and morphological components were observed during the spring-summer period. During periods fall.winter and summer.fall plants did not reach reproductive stage. Environmental temperature determines plant development on the selected ecotype under study.

Keywords: morphological composition, total biomass, seasonal growth.

INTRODUCCIÓN

El término análisis del crecimiento vegetal hace referencia a un conjunto útil de métodos cuantitativos que describen e interpretan el rendimiento de sistemas vegetales completos cultivados en condiciones naturales, seminaturales o controladas. Este ofrece un enfoque explicativo, holístico e integrador para interpretar la forma y función vegetal. Utiliza datos primarios sencillos como pesos, áreas, volúmenes y contenido de plantas o sus componentes para investigar los procesos que tienen lugar en el interior de la planta o los cultivos, en su conjunto, en relaciones ecofisiológicas. El crecimiento y calidad de los pastos está influenciado por procesos propios de la planta (morfogenéticos) y otros factores ambientales: temperatura, radiación, precipitación (Calzada *et tal*., 2018), humedad y prácticas de manejo. *Tripsacum* spp., es un recurso (género) nativo de México, con atributos forrajeros, a los cuales, no se les ha dado la importancia para su utilización en praderas inducidas. Los recursos genéticos de esta especie se encuentran dispersos en poblaciones de pocos individuos en diversas regiones de México. Por otra parte, se desconoce su potencial productivo bajo condiciones de pastoreo y los mecanismos para obtener altos porcentajes de producción. Kiniry *et al*. (2023), señalan que *T. dactyloides* es una gramínea perenne de estación cálida de usos múltiples (agricultura y servicios ecosistémicos), distribuida en la mitad oriental de E.U.A. Además, es una gramínea nativa que no requiere altas cantidades de fertilizante, con excelente apetencia para el ganado y resistente a la sequía. El objetivo fue evaluar el comportamiento productivo en el rebrote de *T. dactyloides* a diferentes edades y en tres épocas del año.

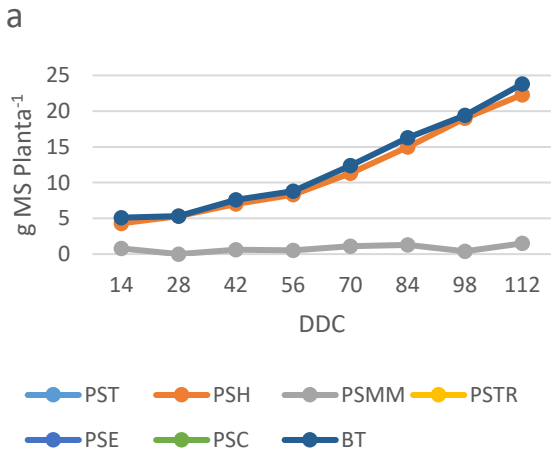
MATERIALES Y MÉTODOS

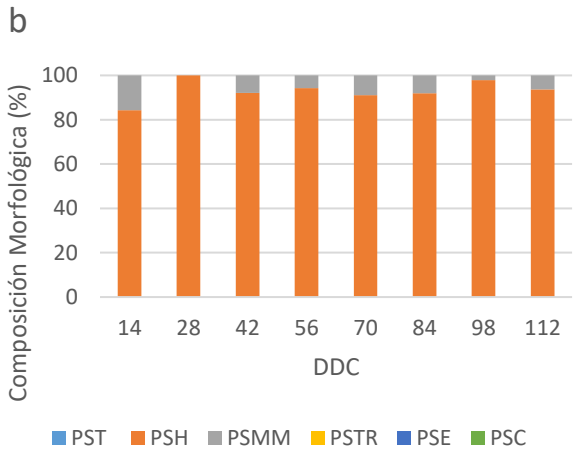
El estudio se realizó en parcelas experimentales del área de forrajes en el Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27’ N y 98° 54’ O, a 2220 msnm clima templado subhúmedo, fórmula climática (Cb(wo)(w)(i´)g), lluvias en verano, precipitación de 636.5 mm y temperatura media anual de 15 °C (García, 2004). Coronas de la misma edad y mismo manejo de un ecotipo selecto de *Tripsacum dactyloides* L., se multiplicaron vegetativamente y establecieron en febrero del 2023 en parcelas experimentales de 28 m^2 (5 m de ancho por 5.6 m de largo), en 12 hileras con 15 plantas en cada hilera (37x40 cm; 2.7 plantas m $lineal^{-1}$ y 6.756 plantas m^2), dichas plantas se mantuvieron bajo riego desde febrero a junio del mismo año para promover su rápido establecimiento. Durante el temporal (junio-septiembre, 2023) las parcelas se fertilizaron con dosis de 50 unidades de NPK, respectivamente, usando como fuente triple 17. Se evaluaron tres épocas del año, de octubre a febrero (2023-2024; otoño-invierno; O-I), de abril a julio (2024; primavera-verano; P-V) y julio a octubre (2024; verano-otoño; V-O). El 25 de octubre del 2023 se aplicó corte de homogeneización, dejando 35 cm de altura de forraje remanente para el primer ciclo, el 04 de abril y 25 de julio del 2024 para el segundo y tercer ciclo, respectivamente. Se determinó la circunferencia de corona (CC), midiendo con cinta métrica, la circunferencia de corona en la base de la misma (cm). El forraje cosechado se separó por componente morfológico (g MS pl^{-1}; tallo (PST), hoja (PSH), material muerto (PSMM), tallos reproductivos (PSTR), espiga (PSE) y cúpulas (PSC) y los valores

anteriores resultaron en biomasa total (BT). Las muestras de forraje fueron depositadas en estufa de aire forzado a 80 °C por 72 h y, posteriormente, se determinó peso de MS. Los cortes de evaluación se realizaron a 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 y 112 días después del corte de homogeneización (DDC). Los muestreos de forraje fueron al azar teniendo como unidad experimental una corona y tres repeticiones por fecha corte y época del año, en donde se cosechó el forraje para determinar rendimiento de MS total en cada edad de rebrote. Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con el procedimiento GLM en un diseño completamente al azar con arreglo en parcelas divididas (siendo la parcela grande la época del año y, la parcela chica, las fechas de muestreo) y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P<0.05$; SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para CC, se obtuvieron valores de 13.1, 70.2 y 69.3 cm ($P<0.01$) para O-I, P-V y V-O, respectivamente. La CC, se incrementó 5.5 veces de la época O-I a P-V. Para la composición morfológica se encontraron cambios importantes para época del año. Para PST, se observaron diferencias en las diferentes épocas del año ($P<0.01$; Figura 1a), cuyos promedios por época fueron de 0, 149 y 2.4 g MS planta^{-1} ($P<0.05$), para O-I, P-V y V-O, respectivamente. En O-I no se observó la presencia de tallos verdaderos. En promedio, se encontraron valores de 0% (Figura 1b), 44% (Figura 1d) y 3% (Figura 1f), para de O-I, P-V y V-O, respectivamente. En la época invernal las plantas no alcanzan estadios reproductivos, en pastos megatérmicos los factores ambientales influyen considerablemente en la producción de forraje, tal como la temperatura que contribuye en la generación de hojas y es importante para su crecimiento (Gutiérrez-Arenas *et al.*, 2018).





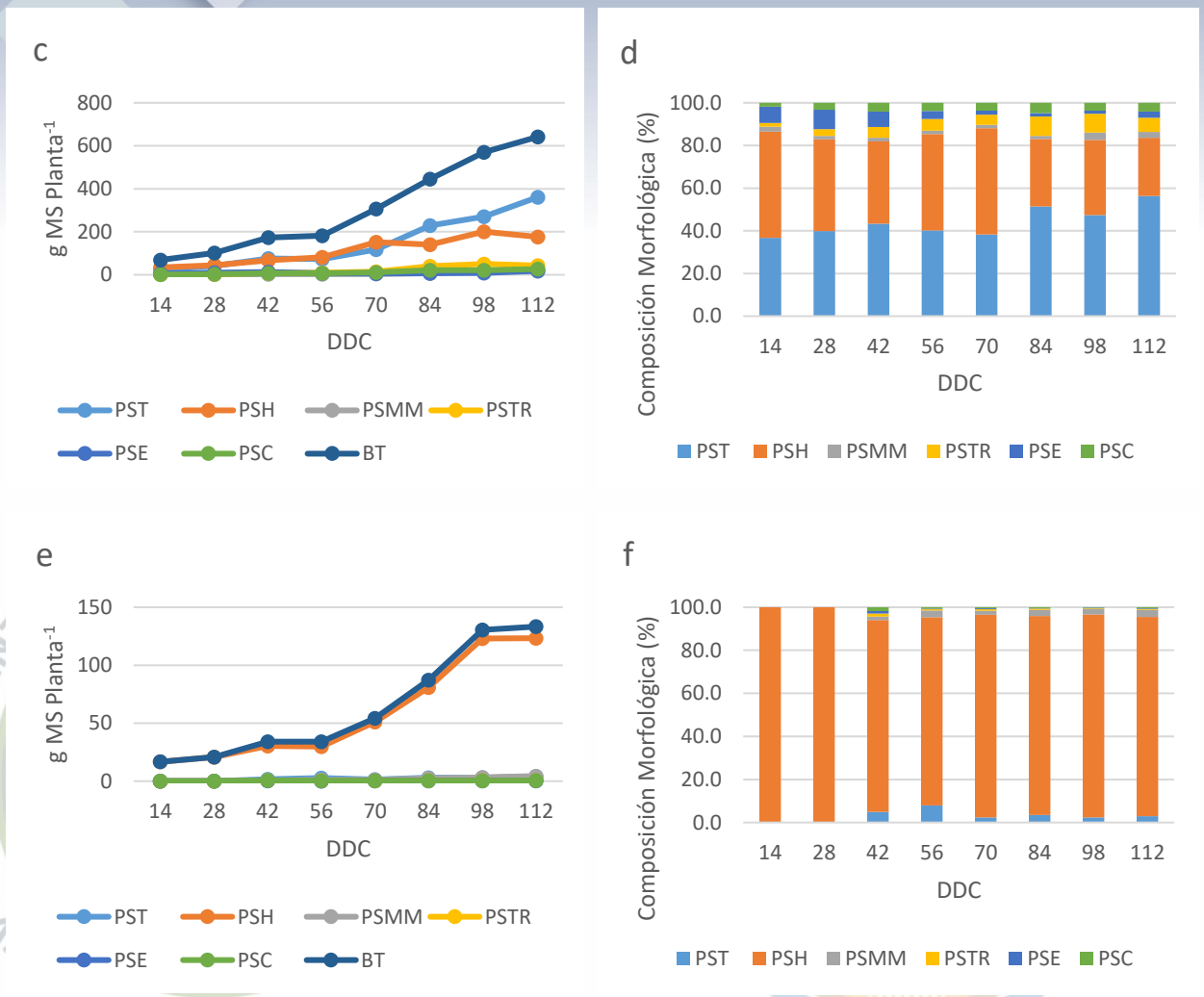


Figura 1. Composición morfológica y biomasa Total (BT) en época de otoño-invierno (a; g MS planta^{-1}); acumulación morfológica en época de otoño-invierno (b; %); composición morfológica y BT en época de primavera-verano (c; g MS planta^{-1}); acumulación morfológica en época de primavera-verano (d; %); composición morfológica y BT en época de verano-otoño (e; g MS planta^{-1}); acumulación morfológica en verano-invierno (f; %). DDC: Días después del corte. Peso seco del tallo (PST); peso seco de la hoja (PSH); peso seco del material muerto (PSMM); peso seco del tallo reproductivo (PSTR); peso seco de la espiga (PSE); peso de la cúpula (PSC; semilla).

Para PSH, los mayores promedios se obtuvieron en P-V (112 g MS planta^{-1}; $P<0.01$) comparado con las épocas O-I y V-O, con promedios de 12 y 59 g MS planta^{-1}, respectivamente. Los promedios encontrados fueron de 93% (Figura 1b), 40% (Figura 1d) y 94% (Figura 1f), para las épocas O-I, P-V y V-O, respectivamente. Para PSMM, se obtuvieron diferencias para época del año, siendo P-V (7.1 g MS planta^{-1}; $P<0.01$) mayor, comparado con (0.8 y 1.6 g MS planta^{-1}) para O-I y V-O, respectivamente. En promedios, se encontraron valores de 7% (Figura 1b), 2% (Figura 1d) y 2% (Figura 1f), para las épocas O-I, P-V y V-O, respectivamente. Para PSTR, hubo diferencias entre las épocas del año, donde la época P-V presentó los mayores valores (21 g MS planta^{-1}; $P<0.01$) con respecto a las épocas de O-I y V-O con promedios de 0 y 0.3 g MS planta^{-1},

respectivamente. Los promedios para O-I, P-V y V-O fueron de 0% (Figura 1b), 6% (Figura 1d) y 0.5% (Figura 1f), respectivamente. Para PSE, se encontraron diferencias, con valores de (0, 9.2 y 0.2 g MS planta^{-1}; P<0.01) para las épocas de O-I, P-V y V-O, respectivamente. Valores promedios para las épocas de O-I, P-V y V-O, fueron de 0% (Figura 1b), 4.4% (Figura 1d) y 0.3% (Figura 1f), respectivamente. Para PSC, se obtuvieron valores de (0, 12.3 y 0.3 g MS planta^{-1}; P<0.01) para O-I, P-V y V-O, respectivamente. En promedio, se obtuvieron valores de 0% (Figura 1b), 3.7% (Figura 1d) y 0.5% (Figura 1f) para O-I, P-V y V-O, respectivamente. Para BT, se encontraron valores de (12.3, 306.8 y 63,5 g MS planta^{-1}; P<0.01) para O-I, P-V y V-O, respectivamente. Los mayores valores fueron de 23.3 (Figura 1a), 642 (Figura 1c) y 133 (Figura 1e; g MS planta^{-1}; P<0.01), las épocas de O-I, P-V y V-O, respectivamente.

CONCLUSIONES

La temperatura afecta el desarrollo reproductivo de este ecotipo selecto, por lo que es necesario evaluarlo bajo condiciones de riego (altiplano) y en trópico con mayor precipitación.

En la época de P-V, la planta presenta tallos reproductivos desde los 14 ddc, por lo tanto, es necesario realizar otros estudios para determinar las fechas de corte en esta época.

AGRADECIMIENTOS. A la Línea de Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados. A CONACyT

LITERATURA CITADA

Calzada MJM; Ortega JE; Enríquez QJF; Hernández GA; Vaquera HH; Escalante EJA. 2018. Análisis de crecimiento del pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum* schum) en clima cálido subhúmedo. Agroproductividad 11(5): 69-75.

García E. Modificaciones al sistema climático de Köppen. 2004. 5ª ed. Instituto de Geografía. UNAM. México. DF. 90 p.

Gutiérrez-Arenas, A.F. Hernández-Garay, A. Vaquera-Huerta, H. Zaragoza-Ramírez, J.L. Luna-Guerrero, M.J. Reyes-Castro, S. Gutiérrez-Arenas, D.A. 2018. Análisis de crecimiento estacional de trébol blanco (*Trifolium repens* L.). Agroproductividad 11(5):62-68.

Kiniry, J. R., Williams, A. S., Jacot, J., Shadow, A., Brakie, M., Burson, B., Jessup, R., Cordsiemon, R., Kim, S., Avila, A., Elias, S. G. 2023. Diverse eastern gamagrass ecotypes: General characteristics, ploidy levels, and biogeography. Crop Science 63:3545-3556. DOI: 10.1002/csc2.21103.

Statistical Analysis System (SAS). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.

PRODUCTIVIDAD Y DIVERSIDAD DE PLANTAS EN UN MATORRAL XERÓFILO CON DOS HISTORIALES DE PASTOREO

PLANT PRODUCTIVITY AND DIVERSITY IN A XEROPHYLOUS SCRUB WITH TWO GRAZING HISTORIES

Carlos Daniel Nieves-Prado[1*]; Genaro Olmos-Oropeza[1]; Juan Antonio Encina-Domínguez[2]; Jorge Palacio-Núñez[1]; Luis AntonioTarango-Arámbula[1]; Jorge Luis Castrellón-Montelongo[3]; Saúl Ugalde-Ledezma[3]

[1]Posgrado de Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, *Campus* San Luis Potosí, Iturbide 73, C.P. 78600. Salinas de Hidalgo, S.L.P., México. [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923, Colonia Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. [3]Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.
*Autor de correspondencia: nieves.carlos@colpos.mx

RESUMEN

En México, los matorrales sufren condiciones de sobrepastoreo; sin embargo, prácticas de manejo como el pastoreo planificado han favorecido su restauración. El objetivo del estudio fue determinar el impacto de dos sistemas de pastoreo sobre la diversidad y producción de biomasa considerando los gradientes altitudinales. El estudio se realizó en el Rancho "El Dorado" (Tolimán, Querétaro) en zonas con distintos historiales de pastoreo. Se estimó la biomasa arbórea y arbustiva mediante el método de Adelaide, y la biomasa herbácea en parcelas de 1 m^2 cortando a ras de suelo. El gradiente con mayor altitud presentó mayor diversidad, mientras que el intermedio mostró la menor producción biomasa herbácea. La altitud influye en la producción vegetal y el pastoreo debe ajustarse a las condiciones altitudinales.

Palabras clave: Matorral, pastoreo, gradientes altitudinales, diversidad, biomasa

ABSTRACT

In Mexico, scrublands suffer from overgrazing; however, management practices such as planned grazing have favored their restoration. The objective of this study was to determine the impact of two grazing systems on diversity and biomass production, considering altitudinal gradients. The study was conducted at Rancho El Dorado (Tolimán, Querétaro) in areas with distinct grazing histories. Tree and shrub biomass was estimated using the Adelaide method, and herbaceous biomass was estimated in 1 m^2 plots by mowing at ground level. The gradient with the highest altitude showed greater diversity, while the intermediate gradient showed the lowest herbaceous

biomass production. Altitude influences plant production, and grazing must be adjusted to altitudinal conditions.

Keywords: Shrubland, grazing, altitudinal gradients, diversity, biomass

INTRODUCCIÓN

Los gradientes altitudinales influyen en las condiciones del suelo, así como en composición, estructura de la comunidad y en la fisiología de las especies vegetales (Ávila *et al.*, 2018). Las comunidades vegetales de matorral desértico son comunes en México. Al respecto, Rzedowski (2006) reportó que éstas ocupaban el 40% del territorio nacional; sin embargo, la CONABIO (2021) reporta que éstas se distribuyen únicamente en el 29.7% de su territorio. El pastoreo es el principal uso de este matorral, , lo cual reduce la disponibilidad de plantas apetecibles (Rzedowski, 2006). Esto debido a que, en México, la falta de planificación en el pastoreo ha reducido la densidad y cobertura vegetal de especies de mayor valor forrajero de los ecosistemas áridos y semiáridos (Flores *et al.*, 2018).

La introducción de especies exóticas, tanto vegetal como animales, puede transformar los ecosistemas en agroecosistemas, lo que puede ocasionar la pérdida de especies y la funcionalidad del ecosistema (Power, 2010). En México, ranchos del norte y centro del país, incluyendo algunos ejidos, realizan prácticas de manejo de pastoreo como el descanso de potreros, ajustes de carga animal y la suplementación del ganado durante la sequía, lo que ha permitido la conservación y restauración de las áreas de pastoreo (Jurado *et al.*, 2021). El Rancho Centro Demostrativo “El Dorado”, ubicado en Tolimán, Querétaro, se practica la ganadería regenerativa (ultra alta densidad) en esta entidad desde el año 2020. El objetivo del presente estudio fue estimar la producción de biomasa y diversidad de especies bajo dos condiciones de pastoreo a distintos gradientes altitudinales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres estratos altitudinales del Rancho “El Dorado” (Tolimán, Querétaro), el cual cuenta con 462 ha. La comunidad vegetal dominante es matorral desértico. En los gradientes <1801 msnm (parte baja) y 1801-2001 msnm (ladera) se ha realizado el pastoreo de ultra alta densidad desde el año 2020. En el gradiente con altitud superior a los 2001 msnm (meseta) se ha realizado una vez el pastoreo de ultra alta densidad y la mayor parte del tiempo se ha realizado pastoreo alterno. En cada los distintos gradientes altitudinales se establecieron 9 (parte baja), 10 (ladera) y 11 (meseta) aplicando un muestreo sistemático al 10% de esfuerzo de muestreo. En cada sitio de muestreo se ubicaron dos parcelas de 25 m^2 en cada sitio, teniendo una

distancia de separación de 20 metros entre sí. Dentro de las parcelas de 25 m^2 se estableció una parcela de 1 m^2 para estimar la producción de gramíneas y el resto de especies de porte herbáceo cortando a ras del suelo. En las parcelas de 25 m^2 se estimó la biomasa arbustiva y arbórea con el método de Adelaide (Andrew *et al.*, 1979). La diversidad y abundancia de especies se calcularon con índices de Shannon, Jackknife y Jaccard mediante el uso del software EstimateS versión 9.1.0. y se aplicaron pruebas de Kruskal Wallis para identificar diferencias significativas para la producción de biomasa vegetal, seguidas de pruebas post hoc de Duncan para las distintas formas botánicas en cada gradiente altitudinal, así como en las diferencias entre distintos gradientes altitudinales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 177 especies de plantas. *Hechtia lepidophylla* es la especie suculenta con mayor abundancia en todos los gradientes mientras que *Calliandra conferta* es la arbustiva más abundante. El área con mayor elevación presentó el mayor índice de Shannon con 3.9 nats. En la zona de ladera registró la menor aportación de biomasa total y aportada por especies herbáceas. Las diferencias detectadas con la prueba de Kruskal Wallis y Duncan indican que la altitud media está relacionada con menor productividad de biomasa en especies de herbáceas. La curva de acumulación de especies de Jacknife indica que la riqueza de especies podría aumentar si se intensifican más muestreos de vegetación.

En estudios similares, la producción de biomasa es mayor y al igual que diversidad de especies en áreas manejadas con descanso de dos meses en comparación con áreas de pastoreo continuo (Kaufmann *et al.,* 2019), en el presente estudio no hay diferencias significativas en la producción de biomasa total en el estrato de menor altitud, el cual se ha manejado con mayor intensidad de pastoreo, y el gradiente de mayor altitud con pastoreo continuo. Por otra parte, Molina *et al.,* (2012) no reportan diferencias de diversidad y abundancia de especies con pastoreo continuo y con el sistema de pastoreo Savory en matorral espinoso tamaulipeco, contrario al estudio presente, lo cual es debido a los gradientes altitudinales.

CONCLUSIONES

Los sistemas de pastoreo, aunque difieran en su intensidad, ayudan a conservar la diversidad y productividad de especies. La pendiente influye sobre la producción de biomasa aportada por especies herbáceas, por lo tanto, se debe ajustar la duración del ganado en cada gradiente, a su vez, se debe considerar la composición botánica de la dieta del ganado en cada gradiente altitudinal para considerar el porcentaje de plantas apetentes por el ganado y su productividad en campo.

LITERATURA CITADA

Andrew, M. H., I. R. Noble, and R. T. Lange. 1979. A nondestructive method for estimating the weight of forage on shrubs. Australian Rangeland Journal 1:225−231.

Ávila, S, P., Sánchez-Gonzáles, A., Catalán-Heverástico, C., Almazán-Núñez, R. C., y Jiménez-Hernández, J. (2018). Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. Polibotánica, 45(23), 101-113. https://polibotanica.mx/index.php/polibotanica/article/view/230

CONABIO. (2021). *Matorrales*. Biodiversidad Mexicana. Recuperado 15 de octubre de 2023, de https://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/Matorral

Flores, F. I., Rivera, M. M., Medina, S. M., Martín, F. I., & López, R. R. (2018). Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de Cananea, Sonora, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, *42*, 855-866.

Jurado-Guerra, P., Velazquez-Martinez, M., Alonso Sánchez-Gutiérrez, R., Alvarez-Holguin, A., Alfredo Dominguez-Martinez, P., Gutierrez-Luna, R., Darío Garza-Cedillo, R., Luna-Luna, M., & Gustavo Chávez-Ruiz, M. (2021). The grasslands and scrublands of arid and semi-arid zones of Mexico: Current status, challenges and perspectives. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, *12*, 261-285. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875

Kaufmann, I. I., Feldman, S. R., & Sacido, M. B. (2019). Efectos del pastoreo en riqueza florística, biomasa y cobertura de un pastizal de albardón, Argentina. *Revista Politécnica*, *15*(29), 95-106.

Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., González Rodríguez, H., & Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, *4*(3), 361-371.

Power, A. G. (2010). Ecosystem services and agriculture: Tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions Of The Royal Society B-Biological Sciences*, *365*(1554), 2959-2971. https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0143

Rzedowski, J. (2006). Vegetación de México. 1ra. *Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México*, *504*.

SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MIXTOS EN ZACATECAS, MÉXICO

SUSTAINABILITY OF MIXED PRODUCTION SYSTEMS IN ZACATECAS, MEXICO

Ma. Enriqueta Luna-Coronel[1], Claudia M. Cortés-Vega[1], Gloria E. Dorado-González[1], Daniel García-Cervantes[1], Luis C. Muñoz-Salas[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]*

1Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana Zacatecas-Fresnillo km 31.5. C. P.98500, Zacatecas, México.
*Corresponding Author: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

Los sistemas de producción mixtos, que combinan agricultura y ganadería, son esenciales en regiones semiáridas como Zacatecas, México, donde representan una estrategia clave de resiliencia rural. Este estudio evaluó el nivel de sustentabilidad en unidades de producción mixtas de 58 productores participantes en Escuelas de Campo (EC), mediante una encuesta estructurada con 26 indicadores agrupados en cinco dimensiones: económica, ambiental, social, técnico-productiva y de resiliencia climática. El 50 % de los productores mostró un nivel medio de sustentabilidad, 36 % alto y 14 % bajo. Las principales fortalezas se localizaron en las dimensiones ambiental y social, mientras que las mayores debilidades se detectaron en la gestión técnica y en la adaptación al cambio climático. Se concluye que las EC son una herramienta eficaz para promover prácticas sostenibles, aunque se requieren acciones focalizadas para mejorar la planificación ganadera, el uso estratégico de pastizales y la gestión del riesgo climático.

Palabras clave: Sistemas mixtos, escuelas de campo, sustentabilidad rural, pastizales

ABSTRACT

Mixed farming systems, which combine crop and livestock production, are a fundamental strategy for rural resilience in semi-arid regions. This study assessed the sustainability of 58 mixed farming units in Zacatecas, Mexico, through a structured survey applied to producers participating in Farmer Field Schools (FFS). The instrument included 26 binary indicators across five dimensions: economic, environmental, social, technical-productive, and climate resilience. Results showed that 50% of producers reached a medium sustainability level, 36% high, and 14% low. Strengths were identified in the environmental and social dimensions, while technical management and climate adaptation showed major weaknesses. Livestock planning, rotational grazing, and drought strategies were among the least adopted practices. Land size was the only significant predictor of sustainability level. These findings highlight the relevance of participatory training approaches such as FFS to foster sustainable practices, but also underscore the need for targeted technical assistance to improve pasture management and climate resilience in mixed systems.

Key words: Mixed farming systems; Farmer Field Schools; Sustainability assessment; grassland.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agropecuarios mixtos, caracterizados por integrar cultivos y ganado en una misma unidad productiva, han sido históricamente una estrategia de adaptación frente a la incertidumbre climática y económica en regiones semiáridas. Esta integración permite una mayor eficiencia en el uso de recursos locales —como el agua, los residuos orgánicos y la mano de obra familiar— al tiempo que fortalece la seguridad alimentaria, la diversificación productiva y la estabilidad económica de los hogares rurales (Altieri & Toledo, 2011; Herrero *et al.*, 2010).

En el estado de Zacatecas, México, donde predominan condiciones de aridez, suelos frágiles y lluvias irregulares, los sistemas mixtos han mostrado ser más resilientes frente a fenómenos como las sequías, la volatilidad de los mercados y las restricciones en el acceso a insumos. No obstante, su viabilidad a largo plazo se ve comprometida por múltiples desafíos: degradación progresiva de los pastizales, sobrepastoreo, escasa planificación productiva, limitada asistencia técnica y débil incorporación de prácticas agroecológicas (Gliessman, 2015; Pretty, 2008).

Ante este panorama, las Escuelas de Campo (EC) han emergido como una estrategia participativa de capacitación y extensión rural que busca fortalecer las capacidades técnicas, organizativas y de toma de decisiones de los productores. A través del aprendizaje colectivo, el análisis del agroecosistema y la construcción de conocimientos locales, las EC permiten generar soluciones contextualizadas y sostenibles (Braun *et al.*, 2006). Sin embargo, son escasos los estudios sistemáticos que evalúan el impacto de las EC sobre la sustentabilidad de los sistemas de producción, particularmente en contextos semiáridos y con enfoque en el manejo de pastizales.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el nivel de sustentabilidad en unidades de producción mixtas de diez municipios del estado de Zacatecas, cuyos productores participaron activamente en EC. Se puso especial énfasis en el análisis de las dimensiones técnico-productiva y de resiliencia climática, por su estrecha relación con el aprovechamiento estratégico de los pastizales y la adaptación a la variabilidad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el primer trimestre de 2025, abarcando diez municipios del estado de Zacatecas: Jerez, Valparaíso, Villa de Cos, Zacatecas, Fresnillo, Vetagrande, General Enrique Estrada, Villanueva, Susticacán y Tepetongo. La zona presenta clima

seco estepario y predominan sistemas agropecuarios mixtos en pequeñas y medianas unidades de producción.

Se aplicó una encuesta estructurada a 58 productores participantes en EC, con 26 indicadores dicotómicos agrupados en cinco dimensiones de sustentabilidad: económica, ambiental, social, técnico-productiva y resiliencia climática. Cada respuesta afirmativa fue valorada con un punto; el rango total fue de 0 a 26 puntos. Los niveles de sustentabilidad se clasificaron en bajo (0–10), medio (11–17) y alto (18–26), siguiendo criterios de evaluación agroecológica adaptados de Astier *et al.* (2012).

El análisis estadístico incluyó estadísticos descriptivos, pruebas de Chi-cuadrada y regresión logística ordinal para identificar predictores del nivel de sustentabilidad. Se utilizó el software SAS 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 50 % de los productores se ubicó en el nivel medio de sustentabilidad, el 36 % en nivel alto y el 14 % en nivel bajo. Las dimensiones ambientales (3.83 puntos) y social (3.50) mostraron mejores resultados, reflejando prácticas como la reducción de agroquímicos, el manejo de residuos y la participación en organizaciones. En contraste, las dimensiones técnico-productiva (2.52) y de resiliencia climática (2.36) presentaron las calificaciones más bajas. Las prácticas menos adoptadas incluyeron la planificación ganadera, la rotación de pastoreo y la implementación de estrategias frente a sequías. Estas debilidades afectan directamente la productividad y conservación de los pastizales, especialmente en contextos con lluvias irregulares y degradación del suelo. El análisis por género mostró que las mujeres productoras tendieron a presentar mejores niveles de sustentabilidad, posiblemente debido a su enfoque integral en el manejo familiar de los recursos. Asimismo, se identificó una relación positiva entre el nivel educativo y la sustentabilidad: los productores con mayor escolaridad mostraron mejores prácticas en las cinco dimensiones evaluadas. Finalmente, el modelo de regresión logística ordinal reveló que la superficie agrícola fue la única variable predictora significativa del nivel de sustentabilidad ($p < 0.05$), lo que sugiere que el acceso a tierra sigue siendo un factor clave para implementar estrategias sustentables.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio revelan que los sistemas de producción mixtos en el estado de Zacatecas presentan un avance moderado en la adopción de prácticas sustentables. Se identificaron fortalezas importantes en las dimensiones ambiental y social, derivadas de acciones como la reducción del uso de agroquímicos, el manejo adecuado de residuos y la participación en redes organizativas. Estos aspectos reflejan el compromiso de los productores con el entorno y la cohesión comunitaria, factores esenciales para la sostenibilidad a largo plazo.

Sin embargo, persisten importantes áreas de oportunidad en las dimensiones técnico-productiva y de resiliencia climática. Las bajas tasas de adopción de prácticas como la planificación ganadera, la rotación de pastizales y las estrategias de manejo ante sequías limitan la eficiencia productiva y la conservación de los recursos forrajeros, especialmente en un entorno caracterizado por alta variabilidad climática. Esta situación compromete la capacidad adaptativa de los sistemas ante eventos extremos cada vez más frecuentes.

Las Escuelas de Campo han demostrado ser un instrumento eficaz para promover procesos de aprendizaje colectivo y fomentar el cambio de prácticas en campo. No obstante, su impacto podría potenciarse mediante una mayor especialización temática, seguimiento técnico post-capacitación, e incorporación de enfoques diferenciados según el perfil del productor (nivel educativo, género, acceso a recursos, entre otros).

Se recomienda fortalecer los programas de acompañamiento técnico con énfasis en el manejo estratégico de pastizales, el diseño participativo de planes de resiliencia climática, y la promoción de tecnologías accesibles y contextuales. Además, es fundamental impulsar políticas públicas que reconozcan la importancia de los sistemas mixtos en la seguridad alimentaria y el desarrollo rural, canalizando apoyos diferenciados para su transición hacia modelos más sostenibles.

En conjunto, estos hallazgos ofrecen elementos relevantes para el diseño de estrategias de intervención, así como para la evaluación de políticas orientadas al fortalecimiento de la sustentabilidad agropecuaria en regiones áridas y semiáridas.

LITERATURA CITADA.

Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. Journal of peasant studies, 38(3), 587-612. https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947

Astier, M., García-Barrios, L., Galván-Miyoshi, Y., González-Esquivel, C. E., & Masera, O. R. (2012). Assessing the sustainability of small farmer natural resource management systems. A critical analysis of the MESMIS program (1995-2010). Ecology and society, 17(3). https://www.jstor.org/stable/26269075

Braun, A., Jiggins, J., Röling, N., Van Den Berg, H., & Snijders, P. (2006). A global survey and review of farmer field school experiences. A Report for the International Livestock Research Institute, Wageningen. https://www.researchgate.net/profile/J-Jiggins/publication/228343459_A_Global_Survey_and_Review_of_Farmer_Field_School_Experiences/links/0046353bd1e61ab7f7000000/A-Global-Survey-and-Review-of-Farmer-Field-School-Experiences.pdf

Gliessman, S. R. (2015). Agroecology: The ecology of sustainable food systems (3rd ed.). CRC Press. https://www.proquest.com/docview/1850644673?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals

Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: Concepts, principles and evidence. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 363(1491), 447–465. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2163

Herrero, M., Thornton, P. K., Notenbaert, A. M., Wood, S., Msangi, S., Freeman, H. A., ... & Rosegrant, M. (2010). Smart investments in sustainable food production: revisiting mixed crop-livestock systems. Science, 327(5967), 822-825. https://doi.org/10.1126/science.1183725

DISTRIBUCIÓN DE *Melanoplus lakinus* (Scudder) *y Boopedon nubilum* (Say) (ORTOPTERA: ACRIDIDAE) EN PASTIZALES DE DURANGO

DISTRIBUTION OF *Melanoplus lakinus* (Scudder) AND *Boopedon nubilum* (Say) (ORTHOPTERA: ACRIDIDAE) IN GRASSLAND OF DURANGO

J. Natividad Gurrola-Reyes[1*], Daniel Ochoa-García[1]; María Berenice González Maldonado[1]

[1]instituto Politécnico Nacional- Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. Becarios de COFAA. Sigma 119 Fracc. 20 de noviembre II, C.P 34220, *Autor de correspondencia e-mail: ngurrola@ipn.mx.

RESUMEN

Mediante este trabajo, se determinó la distribución espacial de chapulines *Melanoplus lakinus (Scudder)* y *Boopedon nubilum (Say)* en el Estado de Durango. Para ello, se realizaron muestreos directos en campo y emplearon mapas temáticos en zonas agrícolas y de pastizales. Ambas especies se localizan en quince municipios inmersos en la zona semiárida y de los valles de la entidad. La mayor concentración de las especies con relación a su presencia fue en la zona de los Valles y Llanos, y la dispersión de estas especies, se concentró en el área del pastizal arbosufrutescente. La importancia de la comunidad de acrídidos en los ecosistemas semiáridos se debe a su alta diversidad y la abundancia de individuos durante la temporada de lluvias con temperaturas favorables, y su amplia variación en hábitos alimenticios.

Palabras clave: Distribución espacial, Chapulines, Acrídidos y Pastizal

ABSTRACT

This study determined the spatial distribution of the grasshoppers *Melanoplus lakinus* (Scudder) and *Boopedon nubilum* (Say) in the state of Durango. Direct field sampling was conducted, and thematic maps were used in agricultural and grassland areas. Both species are found in fifteen municipalities located in the semi-arid and valley zones of the state. The highest concentration of these species in relation to their presence was in the valleys and plains, and their dispersal was concentrated in the arboreal grassland. The importance of the grasshopper community in semi-arid ecosystems is due to their high diversity and abundance of individuals during the rainy season with favorable temperatures, and their wide variation in feeding habits.

Keywords: Spatial distribution, grasshoppers, Acrididae and Grassland

INTRODUCCIÓN

Durango se caracteriza en forma natural por cuatro regiones Fisiográfico-climatológicas de W a E: Región árida y semiárida, de los Valles, de la Sierra Madre Occidental y de las Quebradas (González *et al.*, 2007). Cada una de las regiones

manifiesta características muy particulares en cuanto a condiciones climáticas, topográficas, edafológicas y botánicas, situaciones que conlleva a la presencia de 29 tipos de vegetación, y 76 sitios de productividad forrajera diferentes (COTECOCA, 1979).

Los sitios de clima seco de México han sido de adaptación para los chapulines de la familia Romaleidae y los acridoideos de las subfamilias Gomphocerinae, Melanoplinae y Oedipodinae, las cuales son consideradas como uno de los grupos más destructivos en pastizales y agroecosistemas circundantes (Rivera, 1991). De ellos, en el Estado de Querétaro se reporta la distribución de 25 especies y 17 géneros de la superfamilia Acridoidea donde la subfamilia Gomphocerinae presentó el mayor número de géneros y especies con tres y cinco, respectivamente; Rivera (1986), por su parte menciona que la comunidad de chapulines en la reserva de la Biosfera de Mapimí lo conforman un total de 60 especies, donde el suborden Caelífera está representado por 39 especies de la superfamilia Acridoidea; 13 especies de la subfamilia Gomphocerinae, 10 de la subfamilia Oedipodinae, 9 de la familia Melanoplinae y la familia Romaleidae con tres especies. A su vez, García *et al.*, (2006) reporta para los Valles de Durango la presencia de 2 familias de la superfamilia Acridoidea conformada por 40 especies de chapulines, agrupadas en 27 géneros, donde las especies más dominantes fueron *Phoetaliotes nebrascencis* Thomas, *Melanoplus lakinus* Scudder y *Boopedon nubilum* Say, entre otras. Mediante este estudio se tuvo como propósito obtener la distribución espacial de los chapulines de las especies *Melanoplus lakinus* y *Boopedon nubilum* en el Estado de Durango

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Región árida, semiárida y de los Valles del Estado de Durango (Fig1). Para la variable suelo se utilizaron cartas de tipo de suelos, uso de suelo y vegetación escala 1:250000, con el uso del programa ArcGis 10.1, para análisis y desarrollo de mapas. Las variables climáticas se obtuvieron de la red agroclimática del INIFAP (http://clima.inifap.gob.mx/), y las variables vegetales se estimaron mediante el área mínima de muestreo con el método de puntos anidados, (Burnham *et al.*, 1980; Franco *et al.*, 1985). La frecuencia vegetal se determinó con el método de transecto de línea.

En cada sitio de estudio, se realizaron muestreos quincenales, de julio a noviembre (2017-2018) mediante red entomológica (50 cm de diámetro), con 100 barridos a paso lento por sitio (Torrusio *et al.*, 2002). La densidad (Ind m^{-2}) se estimó con base a los individuos capturados y las observaciones en campo. Los chapulines se confinaron en frascos de plástico de 250 ml con alcohol al 70%, y se identificaron mediante claves taxonómicas.

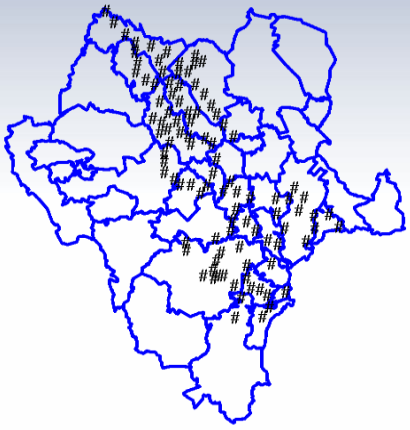


Figura 1. Sitios de estudio, área agrícola y de pastizales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis por tipo de suelo en las regiones semiáridas y de los valles, mostró diferencias entre ellas, aunque comparten características de buena fertilidad. Los suelos mostraron rangos de 52-65% de arena, 18-32% de limo y 11-22% de arcilla.
Se registró un promedio de 6.3 chapulines de *B. nubilum* y *M lakinus* por metro cuadrado. La mayor concentración de estos se presentó en los climas de tipo semiseco templado que presentan temperaturas promedio de los 12 a los 22°C, y precipitación media anual de 400 a 600 mm, con un promedio de 50 a 75 días de precipitación al año. Este clima cubre aproximadamente el 27.34% del Estado (121,181 km^2;González y Márquez 2007).

La figura 2 muestra la distribución de *M. lakinus,* y *B. nubilum* respectivamente. *M. lakinus* se registró en 15 municipios y *B. nubilum* en 9, dentro de la región semiárida y de los Valles de Durango. Ambas especies se distribuyen ampliamente a lo largo de la zona, desde el municipio de Villa Hidalgo hasta el del Mezquital, Durango, incluyendo municipios como Cuencamé, Nazas, Rodeo, San Juan del Río, Peñón Blanco, Canatlán, Panuco de Coronado, Guadalupe Victoria, Durango, Poanas y Nombre de Dios, Durango. Cabe hacer notar que la mayor concentración de las especies tanto de *M. lakinus* como de B. *nubilum* con relación a su presencia, fue en el área de pastizal arbosufrutescente, que se encuentra ampliamente extendido en la región central y sur del Estado. Donde esta comunidad vegetal está constituida por la asociación de dos estratos de especies con características diferentes bien definidas: a) formado por praderas de gramíneas de tamaño mediano, perennes y de buen valor forrajero y b) especies arbustivas y otras (COTECOCA, 1979). Se encuentran también numerosas especies herbáceas, algunas de las cuales contribuyen en forma importante en la dieta de los chapulines, como: *Anacyclus sp, Heliantus sp., Bidens leucantha, Dalea sp* etc. Los resultados obtenidos son coincidentes con los reportados por Rivera (1991) donde

él concluye que para el semidesierto y los llanos de Durango se tienen registradas 48 especies de chapulines donde destacan: *Brachystola magna (Girard)*, *Boopedon nubilum (Say)*, y el complejo *Melanoplus,* que está compuesto por al menos seis especies, entre estos *Melanoplus lakinus (Scudder)*. *B. nubilum* habita en praderas mixtas, pastizales cortos y praderas desérticas, mientras que *M. lakinus* prefiere varios tipos de pastizales y zonas de arbustos (Pfadt, 1994).

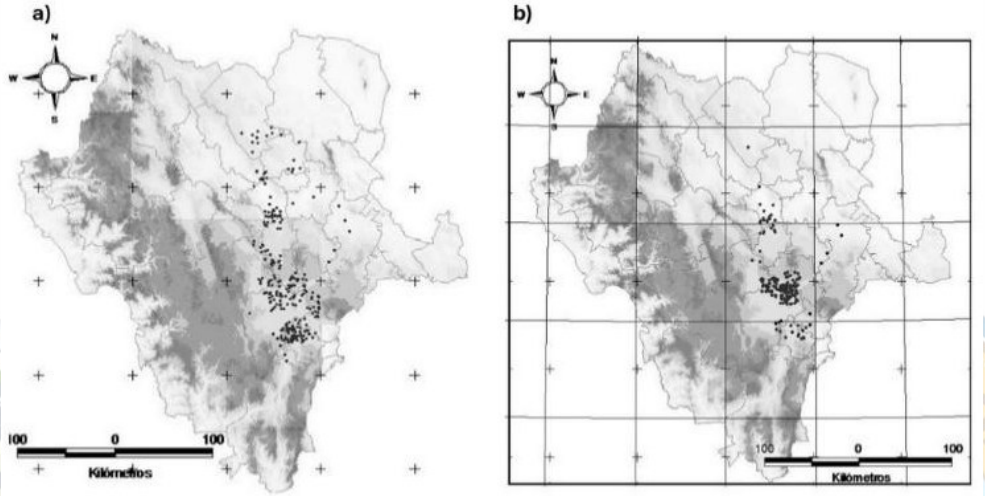


Figura 2. Distribución de chapulines en el estado de Durango durante 2017 y 2018: a) *M. lakinus*, b) *B. nubilum*.

CONCLUSIONES

Melanoplus lakinus presenta una amplia distribución en la zona semiárida de Durango, especialmente en las áreas de pastizal que son comunidades constituidas por un estrato herbáceo en el que predominan las gramíneas, en ecotonía con matorrales, y cercanas a zonas agrícolas.

En contraste *Boopedon nubilum* tiene una presencia en los pastizales del estado de Durango muy focalizada, aun y cuando comparte el mismo nicho con otras especies de chapulines su distribución se concentra principalmente en los Valles y Llanos de Durango.

LITERATURA CITADA

Burnham, K. P., Anderson, D. R., Laake, J. L. (1980). Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildlife monographs*, 3-202.

Franco, L., De la Cruz, G., Cruz, A., Rocha, A., Navarrete, N., Flores, G., Bedia, S. (1985). Manual de ecología. *Trillas. México*, 101-107.

García, G C. Chaírez H. I., Rivera G. E., Gurrola R. J. N. y González M. M. B. 2006. Chapulines (Ortóptera: Acridoidea) de pastizales de la "región de los llanos" en Durango, México. Folia Entomológica Mexicana.2006, Vol. 45 Num: 003 año: pp 273 -282

González, E. M. S., González E. M. y Márquez L. M. A. 2007. Vegetación y Ecorregiones de Durango. Plaza y Valdez, S. A. de C. V. México, D.F. 06470 pp 219

Pfadt, R.E. 1994. Field guide to common western grasshoppers. Wyoming Agricultural Experiment Station, Bulletin 912, September 1994. 42pp.

Rivera, G. E**.** 1986**.** Estudio faunístico de los acridoidea de la reserva de la Biosfera de Mapimí, Dgo. Acta Zoológica mexicana (nueva serie). 14: 1-44.

Rivera, E. G. y R. R. Robles. 1991. Utilización de recursos alimenticios por chapulines (Ortóptera: Acrididae), en Pastizales Áridos de Durango, México. Agrociencia Serie Recursos Naturales Renovables Vol. 1 Num. 2:87-101

Torrusio, S., M. M. Cigliano, *et al.* (2002). "Grasshopper (Orthoptera Acridoidea) and plant community relationships in the Argentine pampas." Journal of Biogeography 29: 221-229.

PROPIONATO DE CALCIO SUPLEMENTADO A VAQUILLAS CON DIETAS FIBROSAS: RESERVAS DE GRASA Y DESARROLLO MUSCULAR

CALCIUM PROPIONATE SUPPLEMENTATION IN HEIFERS FED FIBROUS DIETS: BODY FAT RESERVES AND MUSCLE DEVELOPMENT

José Alfredo Domínguez Gallegos[1], Octavio Carrillo Muro[1], Alejandro Rivera Villegas[1], Oliver Yaotzin Sánchez-Barbosa[1], Gabriel Encarnación Romero Ocampo[1], Pedro Hernández Briano[1*].

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera Panamericana, Zacatecas-Fresnillo, km 31.5. Gral. Enrique Estrada, Zacatecas.

*Autor de correspondencia: pedro.hernandez@uaz.edu.mx

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la suplementación de propionato de calcio (PrCa) con diferentes dosis (0, 20, 40 y 60 g/animal/d) en vaquillas. Se utilizó un diseño completamente al azar, que incluyó 40 vaquillas (334.3±3.41 kg). Se evaluó el espesor de la grasa dorsal (EGD), el espesor de la grasa de la grupa (EGG) y el área de *longissimus dorsi* (AOC) los días 0, 14, 28 y 42 del experimento. Los datos fueron analizados ajustando un modelo mixto. Se observó un efecto cuadrático ($p<0.05$) de las dosis de PrCa sobre EGG, siendo los tratamientos 20 y 40 g los que favorecieron un mayor depósito de grasa. Se concluye que una dosis de 20 g/d aumenta las reservas energéticas en vaquillas alimentadas con forrajes de baja calidad.

Palabras clave: precursores gluconeogénicos, rastrojo de maíz, suplementación.

ABSTRACT

The effect of calcium propionate (PrCa) supplementation at different doses (0, 20, 40, and 60 g/animal/d) in heifers was evaluated. A completely randomized design was used, including 40 heifers (334.3 ± 3.41 kg). Rib fat thickness (EGD), rump back fat thickness (EGG), and *longissimus dorsi* area (AOC) were assessed on days 0, 14, 28, and 42 of the experiment. Data were analyzed by fitting a mixed model. A quadratic effect ($p < 0.05$) of PrCa doses on EGG was observed, with the 20 and 40 g/d treatments promoting greater fat deposition. It is concluded that a 20 g/d dose increases energy reserves in heifers fed low-quality forages.

Keywords: gluconeogenic precursor's; corn stover, supplementation.

INTRODUCCIÓN

La suplementación del ganado en época seca es una práctica necesaria en animales que consumen forrajes secos con altos contenidos de fibra y bajos en proteína cruda y energía. El objetivo es favorecer un balance energético positivo que contribuya al éxito reproductivo en animales de reemplazo (Contreras *et al.*, 2017). La suplementación proteica en animales con dietas basadas en forrajes pobres mejora la digestibilidad, aumenta el consumo de materia seca y favorece el crecimiento (DelCurto *et al.*, 1990). En contraste, los suplementos energéticos convencionales a base de granos, tienen un efecto inverso, debido a la disminución de la microbiota celulolítica ruminal (Males *et al.*, 1987), ya que sustituyen parcialmente al forraje, en lugar de complementarlos.

Una alternativa en la suplementación es el uso de propionato de calcio (CaPr), un precursor gluconeogénico que mejora el rendimiento del animal, sin afectar negativamente el consumo de forraje ni la fermentación de la fibra (Zhang *et al.*, 2022). Recientemente se han documentado efectos positivos de la suplementación con CaPr sobre la ganancia de peso y reservas energéticas en becerros en recepción (Sánchez-Barbosa *et al.*, 2024). Sin embargo, no existe información sobre su uso en vaquillas de reemplazo que consumen forrajes de baja calidad. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de diferentes niveles y duración de la suplementación con CaPr sobre el crecimiento y las reservas energéticas corporales en vaquillas de carne alimentadas con forraje de baja calidad durante la estación seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado durante la estación seca, del 16 de marzo al 24 de mayo del 2025, en el Rancho Del Cojo Beefmaster, ubicado en el municipio de Fresnillo, Zacatecas, México (23°09'01"N, 102°42'43"W).

Se utilizó un diseño completamente al azar con 40 novillas Beefmaster de registro (13.5 ± 0.2 meses de edad y 334.3 ± 3.41 kg de peso), que fueron alojadas en corrales individuales (3.62 × 3.62 m) cada uno con acceso a agua y comedero. Las vaquillas tuvieron una fase de adaptación de 28 días, para posteriormente iniciar la fase experimental por 42 días. Las vaquillas fueron asignadas aleatoriamente a uno de cuatro tratamientos experimentales (n = 10 vaquillas/tratamiento): (1) control sin CaPr, (2) 20 g CaPr/día, (3) 40 g CaPr/día y (4) 60 g CaPr/día. A todos los animales se les proporcionó un suplemento proteico formulado para complementar un forraje de baja calidad (PC: 48.5 g/kg MS) administrando 2.5 g/kg de peso corporal con ajustes cada 14 d. Como fuente de CaPr se utilizó Propical® (Dresen Química, 73 % ácido propiónico) y cada tratamiento se mezcló con 100 g de suplemento proteico para garantizar su consumo, ofreciéndole antes del forraje; cualquier residuo se ofreció posteriormente al consumo del suplemento.

Como forraje de baja calidad, se utilizó rastrojo de maíz molido (5 cm de partícula), ofrecido tres veces al día (8:00, 12:00 y 16:00 h). Los comederos se inspeccionaron 30 min antes de la alimentación matutina para registrar rechazos y ajustar la ración de la tarde, manteniéndolos por debajo de 100 g/novilla. El agua se ofreció *ad libitum*.

Las reservas de grasa corporal y el área del músculo *Longissimus lumborum* se evaluaron mediante ultrasonografía (d 0, 14, 28 y 42) usando un ecógrafo en tiempo real con transductor lineal de 3.5 MHz (Aloka Prosound 2, TP Global Medical Equipment, México). Se midió el espesor de grasa costal (EGD, mm) y el área muscular (AOC, cm^2) entre la 12.ª y 13.ª costilla, y el espesor de grasa en grupa (EGL, mm) en el sitio P8.

El análisis estadístico se realizó con el software SAS® Studio (SAS Institute Inc., 2025) ajustando un modelo mixto, que incluyó el tratamiento como efecto fijo y al animal como efecto aleatorio. Posterior al análisis de varianza se realizó una comparación de medias con Tukey y se calcularon polinomios ortogonales. Se consideraron efectos significativos cuando $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran un comportamiento cuadrático ($p<0.05$) en el EGG durante los días 14, 28 y 42 de la fase experimental (Cuadro1). Estos resultados sugieren que la suplementación de CaPr de 20 y 40 g/vaquilla/d promueven mayores depósitos de grasa en esta región, con respecto a los otros tratamientos evaluados. Este incremento en EGG, coincide con lo reportado por Sánchez-Barbosa *et al.* (2024) quienes describieron un aumento en las reservas de grasa en la grupa de becerros en recepción suplementados con 20 g de PrCa/d. Este aumento en los depósitos de grasa puede explicarse con el aporte energético del PrCa, que de acuerdo con Mendoza-Martínez *et al.* (2016), el aporte energético de CaPr equivale a una EM de 3,766 Mcal/kg. Considerando que la disponibilidad de energía en la dieta es una de las principales limitantes que afecta la condición corporal del ganado, el efecto observado en vaquillas suplementadas en este estudio es consistentes con los esperados y observados en animales suplementados con PrCa a dosis de 20 g/animal/d. Por otra parte, las dosis de PrCa evaluadas, no afectaron ($p>0.05$) el AOC y EGD de las vaquillas, siendo consistentes estos resultados a los reportados en becerros en recepción suplementados con PrCa a dosis de 20 g/animal/d (Sánchez-Barbosa *et al.*, 2024).

Cuadro 1. Medias de mínimos cuadrados (±EEM) de espesor de la grasa dorsal, grasa de la grupa y área del ojo de la costilla tomadas con ultrasonido en vaquillas suplementadas con propionato de calcio (CaPr) alimentadas con rastrojo de maíz. (n = 10/tratamiento).

Variable	Niveles de propionato de calcio [a]				EEM[b]	Efectos (*P*-value)	
	0	20	40	60		Lineal	Cuadrático
			Espesor de la grasa dorsal, mm				
Inicial	4.4	4.8	4.45	4.3	0.118		
Día 14	4.482	4.354	4.889	4.569	0.401	0.724	0.851
Día 28	4.473	4.443	4.748	4.596	0.337	0.722	0.887
Día 42	4.56	4.45	5.03	4.70	0.40	0.650	0.819
			Espesor de la grasa de la grupa, mm				
Inicial	**5.56**	**6.133**	**6.24**	**5.933**	**0.552**		
Día 14	5.84b	6.7a	6.631a	5.89b	0.301	0.846	0.058
Día 28	6.044b	6.9a	6.772a	5.97a	0.165	0.810	0.014
Día 42	6.373b	7.01a	6.97a	5.864b	0.26	0.320	0.029
			Área del ojo de la costilla, cm²				
Inicial	53.911	54.528	54.07	52.332	1.447		
Dia 14	57.562	57.055	57.22	56.963	1.012	0.788	0.912
Dia 28	59.387	58.314	57.651	57.158	1.025	0.138	0.65
Dia 42	60.82	61.02	60.46	59.86	1.07	0.520	0.963

[a]Los tratamientos consisten en la administración oral de CaPr en dosis de 20, 40 y 60 g/vaquilla/d (Propical®, Dresen Química, SAPI de CV., Ciudad de México, México). [b] EEM= error estándar de la media. [a,b,c] Medias con diferente literal indica diferencia estadística significativa ($p \leq 0.05$) de acuerdo a la prueba de Tukey.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la suplementación con 20 g/vaquilla/día de PrCa en vaquillas de reemplazo alimentadas con forrajes de baja calidad, aumenta las reservas de grasa en la grupa, lo que representa una alternativa en la suplementación de estos animales en época seca.

LITERATURA CITADA

Contreras, G. A., Strieder-Barboza, C., & Raphael, W. (2017). Adipose tissue lipolysis and remodeling during the transition period of dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology, 8*(1), 41. https://doi.org/10.1186/s40104-017-0170-0.

DelCurto, T., Cochran, R. C., Corah, L. R., Beharka, A. A., Vanzant, E. S., & Johnson, D. E. (1990). Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. Journal of Animal Science, 68, 532–542.

Mendoza-Martínez, G. D., Pinos-Rodríguez, J. M., Lee-Rangel, H. A., Hernández-García, P. A., Rojo-Rubio, R., & Relling, A. (2016). Effects of dietary calcium propionate on growth performance and carcass characteristics of finishing lambs. Animal Production Science, 56(7), 1194–1198. https://doi.org/10.1071/AN15150

Sánchez-Barbosa, O. Y., Carrillo-Muro, O., Hernández-Briano, P., Rodríguez-Cordero, D., Rivera-Villegas, A., Estrada-Angulo, A., Plascencia, A., & Lazalde-Cruz, R. (2025). Effect of calcium propionate and chromium-methionine supplementation: Growth performance, body fat reserves, and blood parameters of high-risk beef calves. Ruminants, 5(1), 3. https://doi.org/10.3390/ruminants5010003

Zhang, F., Wang, Y., Wang, H., Nan, X., Guo, Y., & Xiong, B. (2022). Calcium propionate supplementation has minor effects on major ruminal bacterial community composition of early lactation dairy cows. Frontiers in Microbiology, 13, 847488. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.847488

Males, J. R. 1987. Optimizing the utilization of cereal crop residues for beef cattle. J. Anim. Sci. 65:1124.

PRODUCCIÓN DE PASTOS Y PRADERAS EN CHIHUAHUA BAJO UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

PASTURE AND GRASSLAND PRODUCTION IN CHIHUAHUA UNDER A CLIMATE CHANGE CONTEXT

Venancio Cuevas-Reyes[1*], Edith Jiménez-Muñoz[1], Obed G. Gutiérrez-Gutiérrez[2], Alfredo Loaiza-Meza[2], Cesar A. Rosales-Nieto[3].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarios (INIFAP). Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 Carr. Los Reyes-Texcoco, 56250, Texcoco, Estado de México. México, [2]INIFAP. Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa. México, [3]Texas State University. Department of Agriculture. San Marcos, Texas.

* Venancio Cuevas-Reyes: cuevas.venancio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se analizó la producción de pastos y forrajes a nivel nacional y para el estado de Chihuahua. La información fue obtenida del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Los resultados muestran que existe una disminución de la producción de pastos y forrajes, en la modalidad de riego la producción tiene tasas negativas de 1.92 y 3.12 % en el ámbito nacional y estatal respectivamente. En general, la producción bajo temporal presenta mayor vulnerabilidad. Para el estado de Chihuahua la producción bajo riego y temporal presenta tasas negativas. Por lo anterior, resulta importante desarrollar prácticas adaptativas para contrarrestar la baja producción de forrajes y pastizales en el estado de Chihuahua, y así mejorar de forma sostenible.

Palabras clave: cambio climático, forrajes, producción

ABSTRACT

Pasture and forage production was analyzed nationally and for the state of Chihuahua. Information was obtained from the Agrifood and Fisheries Information System. The results show a decline in pasture and forage production, with irrigated production showing negative rates of 1.92% and 3.12% at the national and state levels, respectively. In general, rain fed production is more vulnerable. For the state of Chihuahua, both irrigated and rain fed production show negative rates. Therefore, it is important to develop adaptive practices to counteract the low production of forage, pasture in the state of Chihuahua, thus sustainably improve forage, and pasture production.

Keywords: climate change, forage, production

INTRODUCCIÓN

El estado de Chihuahua tiene una superficie de 24.7 millones de hectáreas, de estas, 24.5 millones corresponden al área rural y 0.2 millones a centros de población, caminos y cuerpos de agua. En lo que respecta al área rural, la superficie con uso o vocación agropecuaria es de 12.5 millones de hectáreas (51.0 %), la superficie con aprovechamiento forestal es de 2.9 millones de hectáreas (11.8 %) y la superficie sin uso o vocación agropecuaria y sin aprovechamiento forestal es de 9.1 millones de hectáreas (37.2 %) (INEGI, 2023). La ganadería en Chihuahua es considerada tradicional y de gran importancia económica. Al cierre de 2023, el Estado contaba con un inventario de cabezas de ganado de 2 245 810 para carne, y de 317 298 cabezas de ganado de bovinos leche (SIAP-SIACON, 2024).

Este sistema de producción no es ajeno a la problemática actual relacionada con los cambios relacionados con el clima. El cambio climático (CC) tiene el potencial de afectar la cantidad y confiabilidad de la producción de forraje, la calidad del forraje, la demanda de agua para el cultivo de cultivos forrajeros, así como los patrones de vegetación de pastizales a gran escala; el efecto más visible del CC será en la productividad primaria de los cultivos forrajeros y los pastizales (Giridhar y Samireddypalle, 2015). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es analizar la producción primaria de los pastos y praderas bajo condiciones de riego y temporal con la finalidad de identificar los cambios ocurridos en la productividad durante el periodo 1980 a 2023 en Chihuahua, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables utilizadas fueron inventario relacionado con el número de bovinos carne y bovinos leche, así como la producción de pastos sin clasificar y praderas en general. Además, se analizó la producción de rye grass (*Lolium* spp.) bajo riego y temporal para el estado de Chihuahua. Estas variables se analizaron mediante estadísticas básicas y la obtención de la tasa de crecimiento media anual (TCMA) a nivel estatal y nacional. La información fue obtenida del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP-SIACON (2024) durante el periodo 1999 a 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de pastos y forrajes a nivel nacional y estatal

A nivel nacional las estadísticas del SIAP-SIACON para pastos y praderas se agrupan bajo la modalidad de “pastos y praderas sin clasificar”. En general, la TMCA de la producción de pastos y praderas bajo riego en México durante el periodo 1992 a 2023 fue de -1.92 %, para el estado de Chihuahua la tasa fue mayor y negativa (-3.12 %). En tanto, la TMCA para la producción de forrajes bajo la modalidad de temporal fue de

13.24 % a nivel nacional y para el estado de Chihuahua fue negativa (-32.08 %) durante el periodo 2006-2021 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de crecimiento anual de la producción de pastos y praderas (1992-2023)

Ámbito	Riego	Temporal
Nacional	-1.92 %	13.24 %
Chihuahua	-3.12 %	-32.08 %

Al desagregar la producción de pastos y praderas para el estado de Chihuahua se observa que la producción de estos forrajes en la modalidad de temporal presenta una alta vulnerabilidad. La producción de rye grass durante el periodo 2016 a 2021 fue de -31.43 %, paso de una producción de 690 t en 2016 a 152.5 t en 2021, en tanto, los pastos y praderas sin clasificar tuvieron una TMCA de -39.02 durante el periodo 2006 a 2020 (Figura 1). Para el mismo periodo de análisis en la modalidad de riego también se tuvo una disminución de la productividad; las praderas de rye grass tuvieron una TMCA de -1.36 %, en tanto la producción de los pastos y praderas sin clasificar bajo riego tuvieron una disminución de 11.18 % (Cuadro 2).

Riego | Temporal

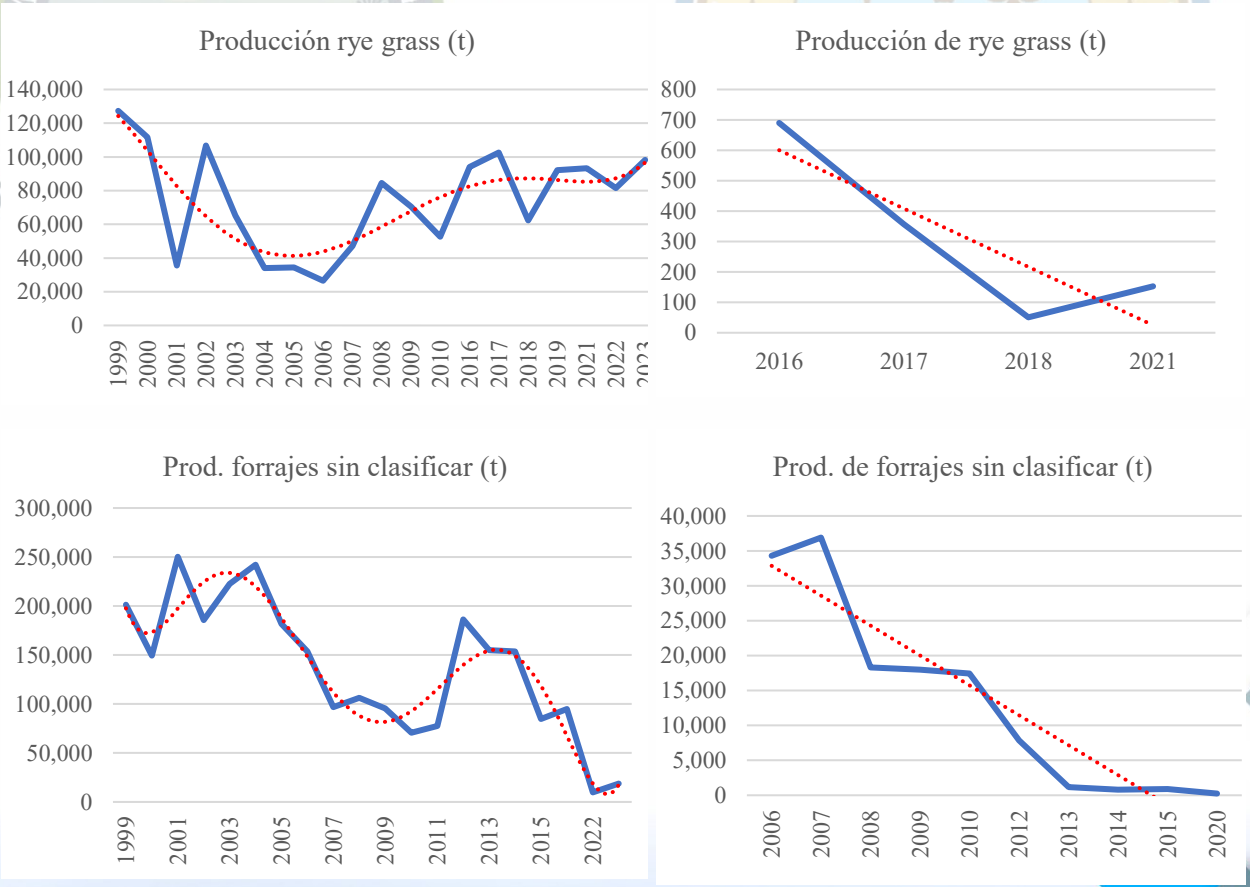


Figura 1. Producción de rye grass y forrajes sin clasificar en Chihuahua México.

Cuadro 2. Tasa de crecimiento anual de la producción por tipo de pastos en Chihuahua

Modalidad	Rye grass	Ren (t ha^{-1})	Pastos y praderas sin clasificar	Ren (t ha^{-1})
Riego	-1.36 %	36.04	-11.18 %	31.37
Temporal	-31.43 %	23.27	-39.02 %	17.20

Nuestros resultados concuerdan con lo que señala Nelson *et al.* (2009) que el cambio climático tendrá diversos efectos en los rendimientos de los cultivos bajo riego en todas las regiones, al respecto la producción de forrajes bajo esta modalidad, tanto a nivel nacional como estatal, muestran una disminución de los rendimientos.

Para enfrentar los efectos del cambio climático en general, el Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias (IFPRI), a través de un informe presentado en el 2009 realizó ocho recomendaciones de políticas y programas (Nelson *et al.,* 2009): 1) Diseñar e implementar políticas y programas de desarrollo de buena calidad, 2) Aumentar las inversiones en productividad agrícola, 3) Vigorizar la investigación nacional y los programas de extensión, 3) Mejorar la recopilación, difusión y análisis de la información mundial, 4) Hacer de la adaptación agrícola un punto clave en la agenda dentro del proceso internacional de negociación sobre el cambio climático, 5) Reconocer que las mejoras en seguridad alimentaria y en adaptación al cambio climático van de la mano, 6) Apoyar las estrategias locales (comunitarias) de adaptación y, 8) Aumentar la financiación para programas de adaptación. A nivel de sistema de producción pecuario y para lograr una transición hacia una producción ganadera sostenible, es necesario considerar los efectos del cambio climático, así como las estrategias de política y apoyos gubernamentales para la generación, adecuación, implementación y evaluación de medidas adaptativas que permitan abordar este desafío que enfrenta en la actualidad la producción pecuaria. En el caso de las estrategias de adaptación al cambio climático en rumiantes Del Prado *et al.* (2020) proponen cinco áreas para generar estrategias adaptativas: (1) manejo general, (2) selección genética y adopción de razas resistentes al calor; tanto en animales como en plantas, (3) cambios nutricionales, (4) estrategias sobre producción de forrajes y utilización de nuevas fuentes de alimentación y (5) cambios estructurales.

CONCLUSIONES

La producción de pastos y praderas bajo condiciones de riego y temporal ha disminuido en los años recientes, la producción bajo temporal presenta mayor vulnerabilidad a las condiciones actuales, no obstante, tanto a nivel nacional como estatal la producción bajo riego también se ha visto afectada. Por lo anterior, se requiere trabajar en la definición de prácticas adaptativas que permitan una producción sostenible para la producción pecuaria en el estado de Chihuahua y a nivel nacional.

LITERATURA CITADA

Del Prado A, Galán E, Batalla U, & Pardo G. (2020). Impactos y adaptación al cambio climático en rumiantes. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 116(5): 461-482. https://doi.org/10.12706/itea.2020.038

Giridhar, K. & Samireddypalle, A. (2015). Impact of Climate Change on Forage Availability for Livestock. In: Sejian, V. (eds) *Climate Change Impact on Livestock: Adaptation and Mitigation*. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2265-1_7

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). Resultados definitivos del censo agropecuario 2022 en el estado de Chihuahua. Disponible https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/CA_Def/CA_Def2022_Chih.pdf

Nelson, G.C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, & D. Lee. (2009). *Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation*. *Food Policy Report* 21. Washington D.C.https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP-SIACON]. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) [Internet]. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER); 2024. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/prensa/sistema-de-informacion-agroalimentaria-de-consulta-siacon?idiom=es

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN EN UN PASTIZAL RESTAURADO CON OBRAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

RANGELAND CONDITION IN A RESTORED SITE WITH SOIL CONSERVATION PRACTICES

Gabriela Chaverría Méndez[1*], Catarina Loredo Osti[1], Sergio Beltrán López[2], Ángel Natanael Rojas Velázquez[1], Pablo Delgado Sánchez[1]

[1]Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí; Km. 14.5 Carretera San Luis Potosí-Matehuala, Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. Apdo. Postal 32, CP. 78321 teléfono (444)8261314 Ext. 1118. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-CE San Luis, Carretera San Luis Potosí Matehuala Kilómetro 14.5, Palma de la Cruz, CP. 78432 SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., México. *Autor para correspondencia: A254443@alumnos.uaslp.mx

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la condición del pastizal bajo diferentes esquemas de manejo en un sitio restaurado con obras de conservación del suelo y agua (terrazas de formación sucesiva con y sin reforestación), comparado con un sitio con buena cobertura vegetal y pastoreo controlado y un sitio sobrepastoreado con degradación. Se evaluaron atributos como especies deseables, índice forrajero, vigor vegetal y presencia de suelo desnudo. El análisis se realizó mediante un diseño completamente al azar con prueba de Tukey (P>_ 0.05). Los resultados mostraron que los sitios con obras de conservación presentaron mejor condición, sin mostrar diferencia con un pastizal con pastoreo controlado, mientras que el pastizal degradado mostró la condición más pobre. Se concluye que las prácticas de conservación del suelo mejoran la condición del pastizal.

Palabras clave: Condición, atributos, manejo.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the rangeland condition under different management schemes in a site restored with soil and water conservation practices (terracing with and without reforestation), compared with a site with good vegetation cover and controlled grazing and an degraded site with overgrazed. Attributes such as desirable species, forage index, plant vigor, and presence of bare soil were evaluated. The analysis was using a completely randomized análisis; Tukey test (P > 0.05) was conducted when the treatments showed significant differences. The results showed that sites with PPMR and PPM conservation works had the best condition, while the degraded grassland showed the worst condition. It is concluded that conservation practices improve grassland condition.

Keywords: Condition, attributes, management.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales y matorrales de las zonas árida y semiárida del centro y norte de México son recursos naturales que comprenden el 25 % de la superficie nacional y tienen la capacidad de proporcionar varios productos y servicios ambientales a la sociedad (Jurado *et al.*, 2021); sin embargo, se encuentran entre los ecosistemas más vulnerables y menos protegidos a nivel global , propiciando así que el 95% de estos ecosistemas presentan signos de sobrepastoreo y/o algún grado de degradación del suelo (Reyes *et al.,* 2019; Beltrán *et al.,* 2018).

Ante esta problemática una de las principales estrategias por instituciones públicas y organismos dedicados al desarrollo rural ha sido la restauración ecológica mediante el ordenamiento territorial, la promoción de servicios ecosistémicos y la implementación de obras de conservación del suelo y agua (Loredo *et al.*, 2007). Estas acciones buscan revertir los efectos negativos de la degradación por erosión hídrica, particularmente en zonas con alta presión ganadera. En este contexto las estrategias de manejo sustentables para los pastizales deben considerar prácticas de conservación del suelo. Desde el año 2005 se estableció en el estado de San Luis Potosí, un programa de microcuencas; una de las beneficiadas fue la microcuenca Portezuelo, donde se ubica la zona de estudio del ejido Monte Caldera. Se establecieron bordos en curvas a nivel (terrazas de formación sucesiva en 2005; en 2013 en se realizó una reforestación con *Pinus greggi*). El presente estudio tiene como objetivo evaluar la condición del pastizal bajo diferentes esquemas de manejo y donde se han realizado obras de conservación del suelo (terrazas de formación sucesiva y reforestación).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la localidad Monte Caldera, municipio Cerro de San Pedro, San Luis Potosí. El predio bajo estudio se localiza entre los 22.17 y 22. 19º Latitud Norte; 100.71 y 100.73º Longitud Oeste; la altura sobre el nivel del mar se encuentra entre los 2250 y 2114 msnm. El clima corresponde al tipo seco estepario templado con precipitación y temperatura media anual de 392.5 mm y 14.9°C respectivamente; el periodo de lluvias es de junio a septiembre, ocasionalmente llueve en octubre. Las temperaturas más bajas se presentan de noviembre a febrero y las más altas de abril a agosto. Con relación al tipo de suelo, corresponde a un feozem lúvico de textura media a fina con pendiente ondulada, asociado a suelos del tipo leptosol (Loredo *et al.*, 2007). En el cuadro 1 se presentan los tratamientos evaluados.

Cuadro 1. Sitios de muestreo correspondientes a los tratamientos bajo evaluación.

Sitio/ Tratamiento	Manejo del ganado	Acciones de conservación	Reforestación
Sitio 1: PPMR	Pastoreo controlado	TFS en CN	Reforestado
Sitio 2: PPM	Pastoreo controlado	TFS en CN	No reforestado
Sitio 3: PC	Pastoreo continúo controlado	Sin obras	No reforestado
Sitio 4: PD	Sobrepastoreo	Sin obras	No reforestado

PPMR: Pastizal con prácticas mecánicas y reforestado; PPM: Pastizal con prácticas mecánicas; PC: Pastizal con pastoreo continuo controlado; PD: Pastizal sobrepastoreado, degradado; TFS en CN=Terrazas de formación sucesiva en curvas a nivel

Evaluación de condición del pastizal

El método utilizado para obtener la condición del pastizal es el que reporta Mamani (2020), el cual considera los siguientes atributos: composición botánica (especies deseables, menos deseables o indeseables) método de parcelas cuadradas; cobertura vegetal (presencia de suelo desnudo, roca, mantillo orgánico y pedregosidad), método en transecto de 100 m y vigor, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$C = 0.5\,(\%D) + 0.2\,(\%IF) + 0.2\,(100 - BRP) + 0.1\,(\%V)$$

Donde:

C = Condición del pastizal.

D = Especies deseables.

IF = Índice forrajero (% especies deseables + % especies menos deseables)

BRP = Suelo desnudo, roca, mantillo orgánico, pedregosidad (%).

V = Vigor

Se realizaron en campo veinte puntos de muestreo, cinco por cada sitio ó tratamiento, utilizando el método de muestreo aleatorio. Para el análisis de la información se utilizó un diseño completamente al azar (4 tratamientos y 5 repeticiones). Para separar los promedios de los parámetros estudiados se utilizó una prueba de medias de Tukey (P=0.05). Todas las pruebas estadísticas correspondientes fueron procesadas utilizando el software SAS v.9.2 (SAS Institute, 2004).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Los resultados de la estimación de los atributos necesarios para la obtención de la condición del pastizal, se muestran en el cuadro 2. En el atributo “especies deseables (D)”, se observó que los sitios PC y PD presentaron valores más altos en comparación con PPMR y PPM. Con relación al atributo Índice Forrajero (IF) se observó que el Pastizal con Prácticas Mecánicas y Pastizal con Prácticas Mecánicas y Reforestación registraron valores más altos (82.50 y 79.66, respectivamente) en comparación con PC y PD (58.81 y 41.67, respectivamente). Esto sugiere que los sitios en los que se cuenta con obras de conservación del suelo y agua tienen un mayor potencial forrajero en comparación con los otros sitios evaluados, estos resultados implican que una mayor diversidad de especies puede estar relacionada con las actividades de manejo presentes o empleados en cada sitio.

Cuadro 2. Atributos para evaluar la condición del pastizal en Monte Caldera

Atributo	Especies deseables	Índice forrajero	BRP	Vigor	Condición del pastizal	
PPMR	15.27 b	79.66 ab	6.95 c	100 a	52.18 a	Regular
PPM	16.50 b	82.50 a	10.9 c	93.61 a	51.93 a	Regular
PC	50.36 a	58.81 bc	41.92 b	14.83 b	50.04 a	Regular
PD	39.60 ab	41.67 c	77.14 a	6.16 b	33.32 b	Pobre

PPMR: Pastizal con Practicas Mecánicas y Reforestado; PPM: Pastizal con Practicas Mecánicas; PC: Pastizal con Pastoreo Continuo; PD: Pastizal Degradado

BRP: Suelo desnudo, roca, materia orgánica, pedregosidad.
M*edias con letras desiguales en la misma columna, difieren significativamente para la Prueba de Tukey (α ≤ 0,05).*

Los sitios PPMR y PPM, ambos con prácticas mecánicas de conservación, presentaron la mejor condición del pastizal (52.18 y 51.93 respectivamente), clasificándose como sitios en condición regular, sin diferencias significativas entre ellos (P> 0.05). El sitio con pastoreo continuo (PC) obtuvo un valor de 50.04, también dentro de la condición regular y sin diferencias estadísticas con los sitios con obras de conservación. En contraste el pastizal degradado (PD) mostró el valor más bajo (33.32), clasificándose en condición pobre.

Los sitios sobrepastoreados (PC y PD) presentaron mayores niveles de BRP, baja cobertura vegetal y disminución del vigor.

Los resultados evidencian que las obras de conservación del suelo y reforestación mejoran significativamente la condición del pastizal, aunque su eficacia depende del manejo adecuado, en particular en los periodos de descanso y carga animal.

CONCLUSIONES

Las obras de conservación muestran un efecto evidente sobre la condición del pastizal cuando se compara con un sitio sobrepastoreado, debido especialmente al efecto de las terrazas de formación sucesiva sobre la cobertura vegetal y el vigor de los pastos; ambos atributos son mayores en los sitios con obras de conservación. La presencia del suelo desnudo fue evidente en el sitio de pastizal degradado donde no hay acciones de manejo.

LITERATURA CITADA

Beltrán LS, García DCA, Loredo OC, Urrutia MJ, Hernández AJA, Gámez VHG. (2018). “Llorón Imperial”, Eragrostis curvula (Schrad) Nees, variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. Rev Mex Cienc Pecu 9(2):400-407.

Jurado-Guerra P., Velázquez-Martínez M. Sánchez-Gutiérrez RA, Álvarez-Holguín A. Domínguez-Martínez PA., Gutiérrez-Luna R. Garza-Cedillo RD. Luna-Luna M. Chávez-Ruiz MG, (2022). Revista mexicana de ciencias pecuarias versión On-line ISSN 2448-6698versión impresa ISSN 2007-1124. Rev. mex. de cienc.

pecuarias vol. 12 sup l.3 Mérida nov. 2021 Epub 24-Ene-2022. https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875

Loredo Osti C., Beltrán López S., Moreno Sánchez F., Casiano Domínguez, M. (2007). Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 microcuencas de San Luis Potosí. Libro técnico No. 3. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México, 209p.

Mamani Bustamante, S. E. (2020). Comparativo de dos métodos de determinación de la condición de un pastizal tipo bofedal en el Centro Experimental La Raya-UNSAAC.[Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].

Miranda, F. W. (2021). Introducción al manejo del pastizal: consideraciones generales. Agencia de Extensión Rural Formosa, INTA.

Reyes Carrillo, A., Martínez Ménez, MR, Rubio Granados, E., García Moya, E., Exebio García, AA (2019). Impacto del sistema zanja bordo sobre la cobertura vegetal en pastizales de la región Mixteca, estado de Oaxaca. *Terra Latinoamericana*, *37* (3), 231-242. DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v37i3.32

CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO EN DOS SISTEMAS DE PASTOREO EN EL TRÓPICO HÚMEDO DE MÉXICO

SOIL ORGANIC CARBON IN TWO GRAZING SYSTEMS IN THE HUMID TROPICS OF MEXICO

Jesús Canek Nogales Ramos[1], Eduardo Daniel Bolaños Aguilar[2]*, Francisco Meléndez Nava[1], Isidro López Noverola[1]

[1]Universidad Popular de la Chontalpa, Unidad Académica de Zootecnia. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86556. [2]INIFAP-Campo Experimental Huimanguillo, Huimanguillo, Tabasco. CP 86400. E-mail: bolaed62@gmail.com

RESUMEN

Se evaluaron dos sistemas de pastoreo; rotacional regenerativo (PRR), y rotacional convencional (PRC). El objetivo fue determinar el carbono orgánico del suelo (COS) en los dos sistemas en la época seca del año. Se evaluaron dos ranchos, con PRR y con PRC, ambos con *Urochloa humidicola,* midiéndo rendimiento de materia seca (RMS) y proteína a la entrada de los animales al potrero. En suelo, de 0-15 y 15-30 cm de profundidad, se evaluó N, densidad aparente, MO, retención de humedad y COS. El PRR registró mayor RMS (3.07 t ha^{-1} *vs* 2.32 del PRC), siendo semejante al PRC en proteína (5.0%). El PRR registró mayor COS (0-30 cm), con 226.6 t ha^{-1} *vs* 129.1 del PRC, mayor humedad, MO y N. El PRR registró más COS que el PRC.

Palabras clave: Pastoreo rotacional regenerativo, carbono orgánico del suelo

ABSTRACT

Two grazing systems were evaluated: regenerative rotational grazing (RRG) and conventional rotational grazing (CRP). The objective was to determine soil organic carbon (SOC) in both systems during the dry season. Two ranches were evaluated, one with PRR and one with PRC, both with *Urochloa humidicola*, measuring dry matter yield (DMY) and protein at the animals' entry to the pasture. In soil, 0-15 and 15-30 cm deep, N, apparent density, OM, moisture retention and SOC were evaluated. The RRG recorded higher DMY (3.07 t ha^{-1} *vs* 2.32 of the CRP), being similar to the CRP in protein (5.0%). The RRG recorded higher SOC (0-30 cm), with 226.6 t ha^{-1} *vs* 129.1 of the CRP, higher humidity, OM and N. The RRG recorded more SOC than the CRP.

Keywords: Regenerative rotational grazing, soil organic carbon.

INTRODUCCIÓN

La mala gestión del pastoreo ha provocado pérdidas de COS en tierras de pastoreo; por ello, surgió el interés de mejorar el sistema de pastoreo para aumentar la captura de carbono atmosférico (Bai y Cotufro, 2022). El pastoreo actual, llamado convencional, consiste en rotar los animales en un número reducido de potreros, colectando el animal el forraje sin regulación razonada del tiempo de ocupación. El sobrepastoreo y

el subpastoreo son comunes, con deterioro y disminución de la eficiencia fotosintética de la pradera, reduciéndose la captura y fijación al suelo del carbono atmosférico. Por ello, surgió la necesidad de una ganadería ecológica y respetuosa del medio, con gestión óptima del pastoreo (Rodgers y Wolf, 2020). André Voisin estableció 4 leyes del pastoreo, resaltando los tiempos de ocupación y descanso de la pradera. A partir de estas leyes se desprendieron otras prácticas por Johan Frietsman (pastoreo no selectivo), Machado (pastoreo adaptativo), Lasater (ganado adaptado), y Savory (manejo holístico). De la hibridación de estas prácticas surge el pastoreo regenerativo, el cual considera cuatro patrones del pastoreo; frecuencia (alta o baja), duración (corta o larga), intensidad (alta o baja), y momento (temprano o tarde). Dominando estos patrones, es posible el pastoreo óptimo que potencialice la cobertura del suelo, relación raíz/tallo, calidad del pasto, biodiversidad, producción animal y carbono orgánico del suelo (Stanley *et al.*, 2024). El objetivo del presente estudio, fue comparar la capacidad de fijación del carbono orgánico del suelo entre un pastoreo rotacional regenerativo y un pastoreo rotacional convencional, en la época seca del año del trópico húmedo del estado de Tabasco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó en Huimanguillo, Tabasco, en 2 ranchos productores de becerros en el sistema vaca-cría; KARIGA S.P.R. de R.L. (17°41'31" N, 93°28'17" W) y El Brasil (17°44'40" N, 93°27'35" W), con suelos semejantes (Cuadro 1). El rancho KARIGA con pastoreo rotacional regenerativo (PRR), y El BRASIL con pastoreo rotacional convencional (PRC).

Cuadro 1. Propiedades del suelo en dos sistemas de pastoreo, en Huimanguillo, Tabasco, Méx.

Propiedades del Suelo	Sistemas de Pastoreo	
	Rotacional Regenerativo	Rotacional Convencional
pH	5.1	5.4
Materia orgánica (MO), %	10.8	6.75
Nitrógeno (%)	0.249	0.23
Fósforo (P), mg kg^{-1}	1.75	1.35
Potasio (K), C mol kg^{-1}	0.13	0.24
Densidad aparente (Da), g cm^{-3}	1.1	1.0
Textura	Franco arenoso	Franco arenoso

La precipitación pluvial es de 2000 mm anuales, distribuidos (90%) del 15 de junio al 15 de febrero, y el 10% restante del 15 de febrero al 15 de junio considerada la época seca del año. El rancho KARIGA tiene praderas de *Urochloa humidicola, U. decumbens y U. decumbens + Pueraria phaseoloides* que cubren 63 ha, pastoreadas por 103 UA en 30 potreros de 2.1 ha cada uno, con carga animal de 1.63 UA/ha. Esta carga se convierte en una carga instantánea de 49 UA/ha (103 UA/2.1 ha) al pasar por cada potrero. Cada potrero tiene 58 días de descanso y 2 días de ocupación. El PRC (rancho El Brasil) consistió en no modificar la conducción del ganado que realiza el ganadero.

El Brasil tiene 60 vacas-vientre en 45 ha divididas en 9 potreros de 5 ha, con carga de 1.33 UA/ha (60/45 ha), y carga instantánea de 12 UA/ha (60 UA/5 ha). El pasto es *U. humidicola*. Se escogió un potrero por rancho para la toma de muestras de la pradera, colectadas 2 días antes de la entrada de los animales al potrero. Se evaluó rendimiento de materia seca (RMS) y proteína (%). El RMS se obtuvo de 4 cuadrantes de 0.6 x 0.6 cm lanzados al azar. Se tomaron submuestras de 300 g y se secaron en estufas de aire forzado por 72 horas a 60 ºC. Del peso fresco de los cuadrantes y del peso seco de las submuestras se calculó el RMS (t ha^{-1}): RMS= (PF x PS / Pf) /100, donde: PF, peso fresco de la muestra, Pf, peso fresco de la submuestra, y PS, peso seco de la submuestra. Se determinó proteína (%) mediante N x 6.25 (AOAC, 2000). Se escogieron 3 sitios en los potreros para colectar suelo a las profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Se evaluó carbono orgánico del suelo (COS), N, materia orgánica (MO), densidad aparente, textura, pH, macronutrientes (N, P y K) y humedad del suelo. COS (t/ha) = Carbono orgánico (CO, %) x Densidad aparente (Da, g/cm^3) x Profundidad (cm) (Contreras-Santos, 2020). El CO % = MO (%) x 0.58 (Walkley y Black, 1947). La Da fue por el método del cilindro (Blake and Hartge, 1986), enterrado a 0-15 cm y a 15-30 cm. La humedad del suelo (HS) fue de 0-15 cm. HS (%)= [(Masa de suelo húmedo (g) – Masa de suelo seco (g)) / Masa de suelo seco (g)] x 100. El análisis de varianza se realizó con PROC GLM del SAS (2010). Para RMS y proteína se incluyeron los dos tipos de pastoreo en un diseño Completamente al Azar. Para las variables del suelo se consideraron los dos tipos de pastoreo, las dos profundidades del suelo y sus interacciones en un arreglo factorial 2 x 2. Prueba de medias por Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Bajo el pastoreo rotacional regenerativo (PRR) se obtuvo un mayor rendimiento de materia seca (RMS), con 0.75 t ha^{-1} de RMS más, con respecto al RMS del pastoreo convencional (PC) (Cuadro 2). Este mayor rendimiento se debió posiblemente al mayor número de días de descanso que presentaban los potreros bajo el PRR, lo cual se lograba por el mayor número de potreros utilizados (30) vs el número utilizado (9) en el PC. Aun cuando los pastos bajo el PRR tenían mayor edad, que los del PRC, al momento de la entrada de los animales al potrero, en ambos sistemas el contenido de proteína fue semejante ($p>0.05$), pero con un valor muy bajo de 5 % en promedio.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca y contenido de proteína en *Urochloa humidicola*, y retención de humedad en el suelo (0-15 cm) en dos sistemas de pastoreo en Huimanguillo, Tabasco, Méx.

Variables de respuesta	Sistemas de Pastoreo	
	Rotacional Regenerativo	Rotacional Convencional
Rendimiento de materia seca, t ha^{-1}	3.07 (0.20) **a**	2.32 (0.42) **b**
Proteína, %	4.79 (0.47) **a**	5.39 (0.78) **a**
Humedad del suelo, %	22.76 (1.24) **a**	16.12 (0.85) **b**

Promedios (error estándar) en la misma línea y con letras distintas, indican diferencias significativas (Tukey ≤ 0.05).

El *U. humidicola* es uno de los pastos introducidos de menor calidad que se tiene, pero para estos suelos ácidos de baja fertilidad es de los pastos con mayor adaptación y

soporte de carga animal (Juárez *et al.*, 2011). Aun así, es necesario aumentar la carga animal para que a la salida de los animales no quede demasiado forraje que solo envejece y baja la calidad de la pradera en la siguiente entrada de los animales. Gracias a este mayor RMS se generó una mayor acumulación de materia orgánica en el PRR con 12.55% *vs* 7.67% del PRC, y de esta manera la retención de humedad, el cual es un servicio ecosistémico muy importante sobre todo en la época seca del año, fue también superior en el PRR vs PRC (r^2= 0.99 entre MO y humedad del suelo; Figura 1). Dado estos resultados de la mayor acumulación de MO, el cual tiene una alta relación con el carbono del suelo y con el mayor contenido de arcilla (datos no presentados) que se registró en el PRR lo que dio una mayor Da, en el PRR se registró una mayor captura de COS en las dos profundidades del suelo evaluadas, con respecto al PRC, sin haber diferencias ($p>0.05$) en COS entre las dos profundidades en ambos ranchos (cuadro 3). Esto último se debió a que el porcentaje de arcilla fue semejante en las dos profundidades, ya que la arcilla está ligada a la retención de carbono en el suelo (Chabbi y Lemaire 2007).

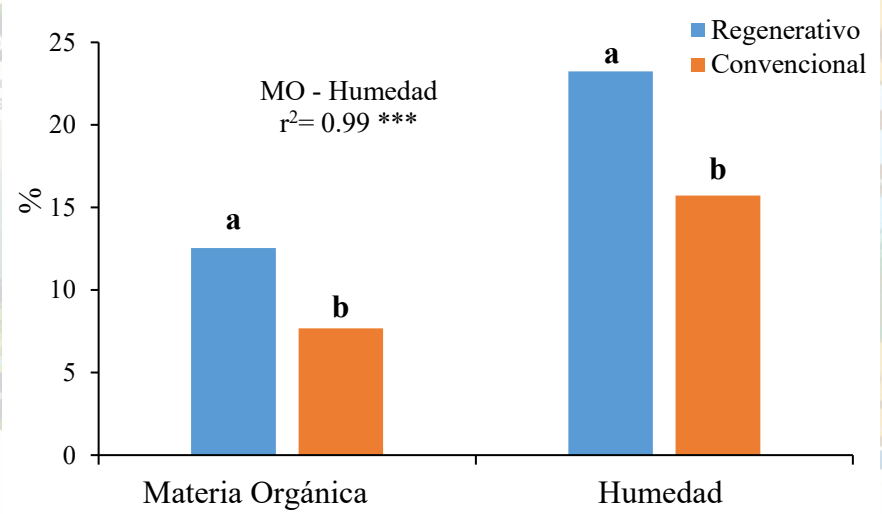


Figura 1. Contenido de MO y de humedad en el suelo bajo los sistemas de pastoreo regenerativo y convencional

Cuadro 3. Carbono orgánico del suelo (t ha^{-1}) en dos sistemas de pastoreo, en Huimanguillo, Tabasco, Méx.

Profundidad del Suelo	Sistemas de Pastoreo	
	Rotacional Regenerativo	Rotacional Convencional
0 – 15 cm	116.36 (5.86) a	71.50 (11.09) b
15 – 30 cm	110.24 (11.21) a	57.60 (11.11) b
En el perfil (0 – 30 cm)	226.6 (8.47) a	129.1 (8.0) b

Promedios (error estándar) en la misma línea y con letras distintas, indican diferencias significativas (Tukey≤ 0.05).

CONCLUSIÓN

En el PRR se registró mayor rendimiento de materia seca al término del tiempo de descanso de las praderas, mayor humedad en el suelo, y mayor captura de carbono orgánico del suelo en las dos profundidades evaluadas y en todo el perfil (0-30 cm) con respecto al PRC. Sin embargo, el contenido de proteína del pasto fue bajo en ambos sistemas de pastoreo, por lo que se sugiere aumentar la carga animal para evitar un exceso del forraje rechazado.

AGRADECIMIENTOS

Al convenio de colaboración Productores-Academia de la UNAM-AMEG-CNOG por su apoyo financiero en la realización del presente trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

Bai Y. and Cotrufo MF 2022. Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges, and solutions. Science. 377(6606): 603-608. https://doi.org/ 10.1126/ science.abo2380

Juárez HJ, Bolaños AED, Vargas LM, Medina S, Martínez HPA. 2011. Curvas de dilución de la proteína en genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Rev. Cub. De Cienc. Agric. 45(3): 321-331.

Rosell RA, Gasparoni JC, Galantini JA. 2001. Soil organic matter evaluation. In: R Lal *et al.* (eds). Assessment Methods for Soil Carbon. Serie Advances in Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL. Pp. 311-322

Stanley P L, Wilson C, Patterson E, Machmuller M, Cotrufo M F. 2024. Ruminating on soil carbon: Applying current understanding to inform grazing management. Global Change Biology. 30. e17223. https:// doi.org/ 10.1111/ gcb.17223

PRODUCCIÓN DE GAS *in vitro* DE DIETAS PARA BOVINOS CON INCLUSIÓN DE VAINA DEL HUIZACHE

In vitro GAS PRODUCTION OF CATTLE DIETS INCLUDING HUIZACHE PODS

Karina Araiza Ponce[1*], Diana Sofía Torres Velázquez[2], Manuel Murillo Ortiz[1], Brenda Lizeth Ríos Campos[1]

[1]Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México. [2]SECIHTI – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Carretera al Mezquital Km 11.5, C.P. 34307. Durango, Dgo. México. Autor de correspondencia: karii_araiza@hotmail.com

RESUMEN

Especies de huizache como *Acacia farnesiana* son nativos de los pastizales de zonas áridas, este ofrece vaina de buena calidad nutritiva, por lo cual es una alternativa para corregir las deficiencias nutricionales del ganado bovino en agostadero. El objetivo fue evaluar la producción de gas y metano *in vitro* en dietas para bovinos con inclusión de vaina de *A. farnesiana* en niveles de 0 a 30%. Los resultados mostraron que se puede incluir hasta 30% de vaina del huizache sin afectar negativamente la fermentación ruminal ni la producción de gas, mientras que incluir 10% de vaina incrementa la digestibilidad y el aporte de energía metabolizable. En conclusión, la vaina del huizache puede ser una alternativa viable, económica y eficiente para suplementar dietas para bovinos, especialmente en épocas de sequía.

Palabras clave: *Acacia farnesiana*, Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, producción de metano.

ABSTRACT

Species of huizache such as *Acacia farnesiana* are native to arid grasslands and offer high-quality pods, making them an alternative for correcting nutritional deficiencies in cattle on rangeland. The objective was to evaluate *in vitro* gas and methane production in cattle diets with the inclusion of *A. farnesiana* pods at levels ranging from 0 to 30%. The results showed that including up to 30% huizache pods without negatively affecting ruminal fermentation or gas production, while including 10% of the pod increases digestibility and the contribution of metabolizable energy. In conclusion, huizache pods can be a viable, economical, and efficient alternative for supplementing cattle diets, especially during times of drought.

Keywords: *Acacia farnesiana, in vitro* dry matter digestibility, methane production.

INTRODUCCIÓN

Los árboles y arbustos forrajeros que crecen de manera natural en los pastizales son utilizados para obtener sombra, madera o leña; pero también pueden servir como forraje en la alimentación del ganado. El follaje de especies arbóreas puede ser una buena alternativa para la sustentabilidad alimentaria, debido a que presentan un gran potencial como forraje, a la par, algunas especies producen frutos, como vainas que pueden emplearse en la alimentación animal debido a sus características nutricionales (Cabrera-Núñez *et al.,* 2019). Especies de huizache como *Acacia farnesiana*, pueden ser aptas para incorporarse a la dieta de los animales ya que se encuentran disponibles de forma natural en los potreros y ofrecen vaina de buena calidad nutritiva que, al ser un ingrediente de bajo costo, permite reducir los costos de producción. La adaptación del huizache y sobre todo su capacidad de rebrote en época de sequía, lo convierte en una alternativa para corregir las deficiencias nutricionales del ganado bovino; adicionalmente, el contenido de metabolitos secundarios presentes en *Acacia farnesiana* podría modificar la fermentación ruminal y reducir la producción de metano, con los efectos benéficos que esto conlleva (Torres-Velázquez *et al.*, 2024). Por todo lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de gas y metano *in vitro* en dietas de bovinos con la inclusión de niveles crecientes de vainas *A. farnesiana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron vainas de *A. farnesiana* de árboles seleccionados al azar en predios rurales del municipio de Durango, Dgo. Las vainas se secaron y molieron y se adicionaron a cinco dietas para bovinos en crecimiento a diferentes niveles de inclusión: 0, 50, 100, 200 y 300 g/kg MS, mezcladas con rastrojo de maíz, harina de soya, salvado de trigo y minerales. La formulación y la composición química de las dietas se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Formulación y composición química de los tratamientos experimentales.

	Ingredientes (g/Kg)				
	T1	T2	T3	T4	T5
Vainas de *A. farnesiana*	0	50	100	200	300
Rastrojo de maíz	767	734	675	595	537
Harinolina	130	113	123	102	60
Maíz molido	78	78	78	78	78
Minerales	25	25	25	25	25
	Tratamientos experimentales (% MS)				
MS	92.3	92.6	92.9	92.6	92.4
PC	7.1	8.5	11.1	9.9	10.2
FDN	66.4	65.4	63.0	56.3	52.7
FDA	57.9	54.6	49.9	48.2	50.5
Lignina	2.5	2.5	2.9	2.5	3.7
Hemicelulosa	8.5	10.8	13.1	8.0	2.1
Celulosa	53.1	50.5	45.4	42.9	44.4
CNF	12.1	12.3	13.4	18.8	23.0

MS= Materia Seca; PC= Proteína cruda; FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente acida; CNF= Carbohidratos no fibrosos.

Para cuantificar la producción de gas (PG_{24h}), metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2) *in vitro* se utilizaron frascos serológicos de vidrio de 120 mL (Yusuf *et al.,* 2020). El inóculo ruminal se obtuvo de dos bovinos fistulados del rumen, en cada frasco se colocó 0.5 g de cada dieta y 30 ml de una mezcla compuesta por saliva artificial y líquido ruminal (en una proporción 2:1). Los frascos se saturaron con CO_2, se sellaron y se colocaron a 39°C durante 24 horas. Para cuantificar la producción de gas total, el gas se recolectó en una jeringa de plástico de 100mL. Las producciones de metano y dióxido de carbono se cuantifican al transferir el gas a otra jeringa con 4mL de NaOH (10M), el volumen residual se consideró CH_4, mientras que el volumen absorbido se consideró CO_2 (Torres-Velázquez *et al.,* 2024).

Se determinaron también los parámetros de la cinética de producción de gas, para lo cual se realizó una fermentación ruminal *in vitro* y el procedimiento descrito anteriormente (Yusuf *et al.,* 2020), se registró la producción de gas a las 3, 6, 9, 12,18, 24, 36, 48, 72 y 96 h de incubación con un transductor de presión manual y la producción de gas acumulada se ajustó al modelo propuesto por Gompertz: PG=A*e[-e*(1 (kd-Lag)(t))] Donde: PG= Producción acumulativa de gas al tiempo t; A= Producción de gas en mL/h al t0; L=Fase de latencia (h) e= Base de los logaritmos naturales (2.7182); Kd= Tasa constante de producción de gas. Finalmente, se evaluó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y se estimó el contenido de energía metabolizable (EM, Mcal/kg). Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones por cada tratamiento y para detectar diferencias entre medias se realizó la prueba de rango múltiple de Tukey ($P<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestra la producción de gas, metano y dióxido de carbono de las dietas experimentales. No se encontraron diferencias significativas ($P>0.05$) para las variables PG_{24h}, CH_4, CO_2. Baffa *et al.* (2024) explican que las variables PG_{24h} y CO_2 son utilizados como indicadores de la actividad microbiana, por lo tanto, es posible asumir que a inclusión de huizache en las dietas no interfiere con la fermentación ruminal y que los microorganismos ruminales se adaptan rápidamente a la inclusión de niveles crecientes de vaina del huizache. Por otro lado, se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) para la relación CO_2:CH_4. El T5 registró el valor más alto en esta variable, respecto al resto de los tratamientos, mientras que T2 registró el valor más bajo. Oikawa *et al.* (2024) sugieren que valores más altos se relacionan con una mayor eficiencia en la utilización de la energía de mantenimiento, lo que indica que la inclusión del 30% de vaina del huizache en la dieta favorece la producción y utilización de la energía por los microorganismos ruminales.

Cuadro 2. Producción de gas, metano y dióxido de carbono de las fermentaciones ruminales *in vitro* de las dietas experimentales.

	Tratamientos experimentales					
	T1	T2	T3	T4	T5	EEM
PG_{24h}(mL/gMS)	75.0 ± 0.01	78.6 ± 1.85	79.0 ± 5.56	81.3 ± 2.02	79.3 ± 1.76	5.00
CH_4 (mL/gMS)	8.0 ± 0.57	9.0 ± 0.57	8.0 ± 0.57	8.3 ± 0.33	7.0 ± 0.01	0.81
CO_2 (mL/gMS)	67.0 ± 0.57	69.6 ± 2.02	71.0 ± 5.13	73.0 ± 2.8	72.3 ±1.76	4.78
CO_2:CH_4	8.4 ± 0.62^{ab}	7.8 ± 0.65^{b}	8.9 ± 0.49^{ab}	8.7 ± 0.46^{ab}	10.3 ± 0.25^{a}	0.92

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$); PG_{24h}= Producción acumulada de gas al tiempo t; CH_4=Producción de metano a las 24h de incubación; CO_2= Producción de dióxido de carbono a las 24h de incubación; CO_2:CH_4= Relación dióxido de carbono: metano. EEM=Error estándar de la media.

En el Cuadro 3 se muestran los parámetros de la cinética de producción de gas, la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y el valor energético (energía metabolizable) de las dietas experimentales.

Cuadro 3. Parámetros de la cinética de producción de gas, digestibilidad *in vitro* de la materia seca y valor energético de dietas con inclusión de huizache.

	T1	T2	T3	T4	T5	EEM
A (ml/gMS)	207.8 ± 6.3	221.0 ± 4.29	221.8 ± 4.8	223.2 ± 2.29	222.5 ± 10.1	10.5
L (h)	2.6 ± 0.05	2.7 ± 0.06	2.5 ± 0.01	2.6 ± 0.06	2.6 ± 0.03	0.08
Kd (%/h)	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.01
DIVMS(%)	42.6 ± 0.5^{b}	41.4 ± 0.10^{b}	47.9± 1.92^{a}	40.1 ± 0.26^{b}	41.0 ± 1.27^{b}	1.84
EM (Mcal)	993 ±12.6^{b}	1023 ±8.9^{ab}	1122 ± 32.9^{a}	1004 ± 20.6^{b}	975 ± 31.64^{b}	42.6

^{ab} Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p<0.05$); A = Máxima producción de gas; L= fase de latencia; Kd = Tasa constante de producción de gas; DIVMS= Digestibilidad *in vitro* de la materia seca; EM= energía metabolizable.

La máxima producción de gas (A), la fase de latencia (L) y la tasa constante de producción de gas (Kd) fueron similares ($P>0.05$) en todos los tratamientos. Estos resultados difieren de los reportados por Cabrera-Núñez *et al.* (2019) quienes reportan que la presencia de taninos condensados interfiere en la degradación del alimento al formar complejos entre los taninos y microorganismos, lo que a su vez inhibe la degradación microbiana. Los resultados encontrados en el presente estudio demuestran que la inclusión de 30% de huizache en la dieta de bovinos no son suficientes para inhibir la actividad de los microorganismos ni tampoco incrementar la duración de la fase de colonización. Se encontraron diferencias significativas ($P< 0.05$) en la variable DIVMS, la dieta con mayor digestibilidad fue T3, respecto a los demás tratamientos. Este comportamiento se puede explicar a partir de la composición química de la dieta, ya que T3 registra un mayor contenido de PC y hemicelulosa, ambos sustratos son utilizados por los microorganismos ruminales para la síntesis microbiana, lo por tanto se puede asumir que existe mayor cantidad de bacterias disponibles para degradar el alimento (Baffa *et al.,* 2024). Lo anterior se confirma con los resultados de la EM, la cual fue distinta entre tratamientos ($P<0.05$), y fue T3 el que aporta el mayor contenido energético, respecto a las demás dietas. Este resultado indica no solo que un incremento en la cantidad de hemicelulosa incrementa el valor

energético de las dietas, sino que permite inferir que la inclusión de un 10% de vaina del huizache mejora el aprovechamiento de las dietas.

CONCLUSIONES

La inclusión de vaina del huizache es una opción para suplementar las dietas de ganado bovino sobre todo en épocas de sequía donde el forraje de buena calidad escasea, ya que puede sustituir hasta el 30% de la ración sin reducir la fermentación ruminal. Incluir el 10% de vaina del huizache en la dieta mejora la digestibilidad *in vitro* de la dieta y, por tanto, incrementa el aporte energético. Por otro lado, cuando se incluye el 30% el efecto más destacable se evidencia a nivel del metabolismo de los microorganismos ruminales, ya que el incremento en la relación CO_2:CH_4 indica que la energía del alimento es aprovechada de manera más eficiente.

LITERATURA CITADA

Baffa, D. F., Oliveira, T. S., Fernandes, A. M., Camilo, M. G., Silva, I. N., Aniceto, E. S., ... & Lopes Mozelli Filho, E. J. (2024). Evaluation of Associative Effects on Degradability, Fermentation Parameters, and In Vitro Methane Production as a Result of Variation in the Ruminants Diets Constituents. *Grasses*, *3*(4), 274-286. https://doi.org/10.3390/grasses3040020

Cabrera-Núñez, A., Lammoglia-Villagomez, M., Alarcón-Pulido, S., Martínez-Sánchez, C., Rojas-Ronquillo, R., & Velázquez-Jiménez, S. (2019). Árboles y arbustos forrajeros utilizados para la alimentación de ganado bovino en el norte de Veracruz, México. *Abanico veterinario*, *9*. https://doi.org/10.21929/abavet2019.913

Oikawa, K., Kim, M., Terada, F., Masaki, T., Yasuda, Y., Shiroshita, Y., ... & Suzuki, T. (2024). Variation among individual beef cattle in methane-to-carbon dioxide ratio measured under on-farm conditions using the sniffer method. *Animal Science Journal*, *95*(1), e13916. https://doi.org/10.1111/asj.13828

Torres-Velázquez, D., Murillo-Ortiz, M., Cervantes-Guerrero, M., Páez-Lerma, J., Reyes-Jáquez, D., Soto-Cruz, N., & Araiza-Ponce, K. (2024). Huizache Leaves and Agave Bagasse Incorporated into Granulated and Pelletized Concentrates and Their Effects on Methane Production and in vitro Fermentation Patterns in Ruminant Diets. *Indian Journal Of Animal Research*, *Of*. https://doi.org/10.18805/ijar.bf-1699

Yusuf, A. O., Egbinola, O. O., Ekunseitan, D. A., & Salem, A. Z. M. (2020). Chemical characterization and in vitro methane production of selected agroforestry plants as dry season feeding of ruminants livestock. *Agroforestry Systems*, *94*(4), 1481-1489. https://doi.org/10.1007/s10457-019-00480-7

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE VARIEDADES DE ZACATE BANDERILLA (*Bouteloua curtipendula*) USANDO MODELADO DE NICHO ECOLOGICO CON MAXENT

POTENTIAL DISTRIBUTION OF SIDEOATS GRAMA (*Bouteloua curtipendula*) VARIETIS USING EVIROMENTAL NICHE MODELING WITH MAXENT

Álvarez Acacio Joshua[1], Álvarez Holguín Alan*[1]

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

* Autor por correspondencia: aaholguin@uach.mx

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo modelar la idoneidad ambiental de las variedades de *Bouteloua curtipendula*, además, de su potencial distribución en México y USA. Se usó el modelo de máxima entropía (MaxEnt) para obtener la idoneidad ambiental y la distribución potencial de las variedades *caespitosa, curtipendula* y *tenuis*, del zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*). Los modelos tuvieron una alta precisión con valores de AUC de 0.893, 0.900 y 0.967 para las variedades *curtipendula, caespitosa* y *tenuis* respectivamente. La mayor área de distribución potencial (área > 0.75) fue *caespitosa* con 502,919 km^2, seguida de la variedad *curtipendula* con 267,565 km^2. Y, por último, la variedad *tenuis* con 148,080 km^2. La información generada por los modelos puede ser útil para mejorar las estrategias de rehabilitación de pastizales.

Palabras clave: Modelado de nicho ecológico (ENM), *Bouteloua curtipendula*, Idoneidad ambiental

ABSTRACT

This study aimed to model the environmental suitability and potential distribution of *Bouteloua curtipendula* varieties in Mexico and the United States. The Maximum Entropy model (MaxEnt) was used to predict environmental suitability and potential geographic distribution for the *caespitosa*, *curtipendula*, and *tenuis* varieties of sideoats grama (*Bouteloua curtipendula*). The models showed high accuracy, with AUC values of 0.893, 0.900, and 0.967 for the *curtipendula*, *caespitosa*, and *tenuis* varieties, respectively. The largest area of high suitability (suitability > 0.75) was observed for *caespitosa* (502,919 km^2), followed by *curtipendula* (267,565 km^2) and *tenuis* (148,080 km^2). The information generated by these models may support improved strategies for grassland restoration.

Keywords: Environmental Niche Modeling (ENM), *Bouteloua curtipendula*, Environmental suitability

INTRODUCCIÓN

El zacate banderilla (*Bouteloua curtipendula*) es una especie perenne distribuida desde Canadá hasta Argentina, ampliamente presente en zonas áridas y semiáridas de Norteamérica y la mayoría de los estados de México (Sánchez-Ken, 2019). Es considerada una de las plantas con alto potencial forrajero para zonas áridas (Stubbendieck *et al.*, 2017). En base a características morfológicas el zacate banderilla fue dividido en tres grupos intraespecíficos: *B.c. var. curtipendula, B.c. var. caespitosa* y *B.c. var. tenuis* (Gould & Kapadia, 1964), a pesar de tener claras diferencias morfológicas, no existe evidencia de su existencia a nivel genético, pero si se ha evidenciado la presencia de hibridación entre variedades y con otras especies estrechamente relacionadas (Siqueiros, 2001; Gould & Kapadia, 1964).

El modelado de nicho ambiental (ENM) es una herramienta útil en diversos ámbitos, esta se ha usado en el ámbito de la restauración ecológica (Zare & Piri, 2016). Esta herramienta se nutre de datos ecológicos y modelado estadístico para predecir la idoneidad ambiental de las especies (Phillips *et al.*, 2006). El uso de MaxEnt es útil cuando solo tenemos datos de presencia de especies y además contamos con pocos registros (Phillips *et al.*, 2017; Zare & Piri, 2016). El presente trabajo tuvo como objetivo modelar la idoneidad ambiental de las variedades de *Bouteloua curtipendula,* además, de su potencial distribución en México y USA.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos de presencia y variables ambientales

Se tomaron los datos de presencia del Sistema Global de Información sobre Biodiversidad (GBIF; https://www.gbif.org/es/) de las tres variedades taxonómicas de *Bouteloua curtipendula*, var. *curtipendula*, var. *caespitosa* y var. *tenuis*. Cuando se registraron más de un dato de presencia dentro de un área de 1 km^2, sólo se registró una y el resto se eliminaron para evitar redundancia. Esto se realizó en el paquete "spThin" del software R ver. 4.5.0.

Se descargaron 19 variables bioclimáticas de la base de datos Worldclim (https://www.worldclim.org; Hijmans *et al.*, 2005). Todas las variables se obtuvieron para el período 1970-2000, con una resolución de 2.5 arc-min. Además, se obtuvo de la base de datos Worldclim 2.1 (Fick & Hijmans, 2017) la variable de elevación.

Análisis de datos

Después de obtener todas las variables, se sometieron a una prueba de correlación de Pearson para identificar y eliminar variables altamente correlacionadas. Se descartaron 9 variables porque mostraron un coeficiente de correlación de Pearson superior a 0.85, quedando 11 variables (Cuadro 1). Se realizó un modelado de nicho ecológico utilizando el algoritmo de máxima entropía (MaxEnt). Para ello, se emplearon datos de presencia y variables bioclimáticas como insumos. MaxEnt permite el uso de cinco clases de características: *Linear* (L), *Quadratic* (Q), *Product* (P), *Threshold* (T) y *Hinge* (H). Se evaluaron usando los paquetes de R "ENMeval" y "maxent" las siguientes combinaciones: L, LQ, LQH, LQHP y LQHPT. Además, se probaron seis valores del

multiplicador de regularización (rm): 1, 2, 5, 10, 15 y 20, lo cual permitió explorar desde modelos más ajustados hasta modelos más suavizados. En total se evaluaron 30 combinaciones de parámetros por variedad. La selección del mejor modelo se realizó con el paquete de R "ENMeval" en base a dos criterios: (1) el mayor valor del área bajo la curva (AUC) en los datos de entrenamiento, y (2) el menor valor del Criterio de Información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc).

Los modelos se construyeron en base a la información generada para el mejor modelo para cada variedad, usando el software MaxEnt 3.4.4 con 45 (var. *tenuis*) o 50 (var. *curtipendula* y *caespitosa*) ejecuciones repetidas con un número máximo de interacciones de 5,000 y 10,000 puntos de fondo. Para construir los modelos se usaron 80% de los datos para entrenamiento y el 20% restante para validación. La información de salida de MaxEnt se transformó en mapas geográficos en ArcMap ver. 10.5 (ESRI, CA). Además, se generaron curvas de respuesta para cada variable bioclimática usada en el modelado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los modelos de distribución tuvieron una alta precisión con valores de AUC de 0.893, 0.900 y 0.967 para las variedades *curtipendula, caespitosa* y *tenuis* respectivamente. Por lo tanto, los modelos podrían utilizarse para predecir el rango de idoneidad del hábitat de las variedades analizadas. Las variables con mayor contribución a los modelos fueron isotermalidad (25.9%), temperatura media anual (18.9%), rango medio diurno (11.6%) y precipitación del cuarto más frío (10.6%) para la variedad *curtipendula*. Las variables elevación (43.8%) y temperatura media anual (35.8%) fueron las de mayor contribución para la variedad *caespitosa*. Mientras que para la variedad *tenuis* la variable estacionalidad de la temperatura (82%) fue la que más contribuyó al modelo (Cuadro 1, Figura 1).

Cuadro 1. Contribución a los modelos de cada variedad de zacate *banderilla* y de cada variable bioclimática.

VARIABLES	Var. *curtipendula*	Var. *caespitosa*	Var. *tenuis*
Temperatura media anual (BIO1)	**18.9**	**35.8**	0.1
Rango medio diurno (BIO2)	**11.6**	2.3	0.2
Isotermalidad (BIO3)	**25.9**	0.2	**4.6**
Estacionalidad de la temperatura (BIO4)	2.1	**5.5**	**82.0**
Temperatura media del trimestre más húmedo (BIO8)	7.3	1.8	1.9
Temperatura media del trimestre más seco (BIO9)	6.0	0.1	0
Precipitación del mes más húmedo (BIO13)	4.4	3.2	0
Precipitación del mes más seco (BIO14)	2.5	2.0	2.4
Precipitación del trimestre más húmedo (BIO16)	5.5	2.8	0.6
Precipitación del trimestre más frío (BIO19)	**10.6**	2.6	**7.4**
Elevación	5.1	**43.8**	0.7

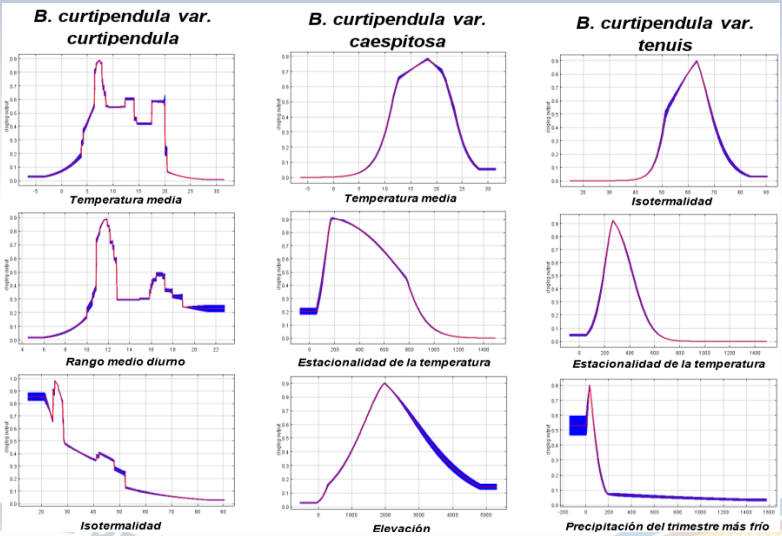


Figura 1. Curvas de respuesta para las variables con mayor contribución a los modelos de cada variedad de zacate banderilla.

En la Figura 2 se muestran los mapas de distribución potencial generados a partir de los modelos de MaxEnt para cada variedad. De estas, la que tuvo la mayor área de distribución potencial (área > 0.75) fue *caespitosa* con 502,919 km^2, seguida de la variedad *curtipendula* con 267,565 km^2. Y, por último, la variedad *tenuis* con 148,080 km^2.

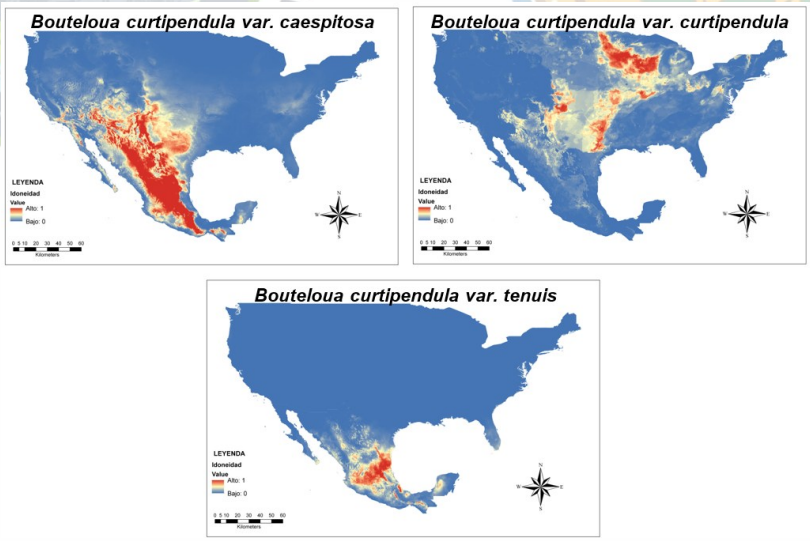


Figura 2. Modelos de nicho ambiental de MaxEnt para las variedades de *Bouteloua curtipendula*.

Los modelos MaxEnt revelaron que de las tres variedades de *Bouteloua curtipendula*, la var. *curtipendula* tiene su zona de distribución potencial principalmente en el en centro-norte de USA, aunque ha sido reportada de manera aislada en los estados de Chihuahua, Nuevo León, Coahuila y Tamaulipas (Valdés, 2015). La var. *caespitosa* tiene un distribución potencial en todo el centro-norte de México y estados del sur de

USA, concediendo con la mayor parte la ecorregión del desierto chihuahuense y la mixteca poblana, áreas ampliamente conocidas por ser el centro de origen y diversificación de gramíneas de zonas áridas (Quero & Miranda, 2013). Por último, la var. *tenuis* tiene una distribución potencial restringida a México, en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Tamaulipas, Aguascalientes, Jalisco y Guanajuato, lo cual coincide con la distribución mencionada por Sánchez-Ken (2019) y Valdés (2015). Luján (2004) reportó para el estado de Texas, USA que la var. *curtipendula* tiene una distribución que se correlaciona con la presencia de árboles del género *Juniperus*, y en sitios con suelos de poca profundidad y rocosos, esto se relaciona con la presencia de rizomas exclusivo de esta variedad. Además, reportó que la var. *caespitosa* es más común en sitios con menos cobertura aérea y con menores precipitaciones. Ninguna de las dos variedades se reportó como sensible al pastoreo.

Si bien el uso combinado de varios caracteres morfológicos permite la clara distinción entre variedades, no se ha demostrado la existencia de dichas variedades desde el punto de vista genético (Siqueiros, 2001). Pero si se ha demostrado que su amplia variabilidad genética se debe a la hibridación entre las variedades de *Bouteloua curtipendula* con las otras 11 especies genéticamente relacionadas e incluidas en el complejo agámico *Bouteloua curtipendula* (Gould & Kapadia, 1964; Siqueiros-Delgado *et al.*, 2013). Para el caso de la var. *curtipendula* se ha sugerido hibridación con la var. *caespitosa* y con las especies *B. warnockii* y *B. uniflora*; para la var. *caespitosa* con la var. *curtipendula* y con *B. warnockii;* mientras que para la var. *tenuis* se ha sugerido hibridación con *B. purpurea* (Siqueiros-Delgado *et al.*, 2017). Este proceso de hibridación se ha reportado como una estrategia crucial en la diversificación de las gramíneas, ya que permite vencer el obstáculo teórico que representa la apomixis en la generación de variabilidad genética (Quero *et al.*, 2010).

Estos resultados demostraron que la idoneidad del hábitat y la aptitud ambiental varían incluso a niveles intraespecíficos, y con esto su posible uso en rehabilitación de ecosistemas pastoriles, por ejemplo, evitar el uso de poblaciones identificadas como var. *curtipendula* en programas de revegetación para zonas de pastizales abiertos o en zonas con baja precipitaciones. O bien usar poblaciones identificadas como var. *tenuis* en programas de rehabilitación dirigidos a la zona con mayor idoneidad ambiental como los estados de Tamaulipas o San Luis Potosí. Permitiendo así, mejorar el posible éxito de dichos programas haciendo más eficiente el uso de recursos naturales, humanos y económicos.

CONCLUSIONES

Los modelos de nicho ambiental con MaxEnt son una herramienta útil para obtener información que pueda ser usada por técnicos, investigadores, productores y el sector público para mejorar las estrategias de rehabilitación de ecosistemas clave como los pastizales.

La información generada en este trabajo permite comprobar que hay cambios en la idoneidad ambiental incluso a nivel intraespecífico, esta información incluso puede respaldar las características morfológicas que permiten distinguir entre las variedades *curtipendula, caespitosa* y *tenuis* del zacate banderilla.

LITERATURA CITADA

Beltrán, L. S., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Loredo, O. C., Urrutia, M. J., González, E. L. A., & Gámez, V. H. G. (2013). "Banderilla Diana" *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr., nueva variedad de pasto para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *4*(2), 217–221.

Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *37*, 4302–4315. https://doi.org/10.1002/joc.5086

Gould, F. W., & Kapadia, Z. J. (1964). Biosystematic studies in the *Bouteloua curtipendula* complex II. Taxonomy. *Brittonia*, *16*(2), 182–207. https://doi.org/10.2307/2805095/METRICS

Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high-resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, *25*, 1965–1978. https://doi.org/10.1002/joc.1276

Lujan, T. de P. M. A. (2004). *ECOLOGICAL IMPLICATIONS OF GENETIC VARIATION IN Bouteloua curtipendula (MICHX.) TORR*. Texas A&M University.

Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, *6*, 231–252. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026

Phillips, S. J., Anderson, R. P., Dudik, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*, *40*, 887–893. https://doi.org/10.1111/ecog.03049

Quero, C. A. R., Enríquez, Q. J. F., Morales, N. C. R., & Miranda, J. L. (2010). Apomixis y su importancia en la selección y mejoramiento de gramíneas forrajeras tropicales. Revisión. *Rev Mex Cienc Pecu*, *1*(1), 25–42.

Quero, C. A. R., & Miranda, J. L. (2013). Gramíneas forrajeras nativas de México. Recolecta y aprovechamiento sistematico. In C. A. R. Quero (Ed.), *Gramíneas introducidas: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos* (Primera edición, pp. 1–23). Colegio de Postgraduados.

Sánchez-Ken, J. G. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de gramíneas (Poaceae) de México. *Acta Botanica Mexicana*, *126*. https://doi.org/10.21829/ABM126.2019.1379

Siqueiros, D. M. E. (2001). *Phylogenetics of the Bouteloua curtipendula complex (Gramineae: Chloridoideae)* (Doctoral dissertation, The Claremont Graduate University).

Siqueiros-Delgado, M. E., Ainouche, M., Columbus, J. T., & Ainouche, A. (2013). Phylogeny of the *Bouteloua curtipendula* Complex (Poaceae: Chloridoideae) Based on Nuclear Ribosomal and Plastid DNA Sequences from Diploid Taxa. *Systematic Botany*, *38*(2), 379–389. https://doi.org/10.1600/036364413X666660

Siqueiros-Delgado, M. E., Fisher, A. E., & Columbus, J. T. (2017). Polyploidy as a Factor in the Evolution of the *Bouteloua curtipendula* Complex (Poaceae:

Chloridoideae). *Systematic Botany*, *42*(3), 432–448. https://doi.org/10.1600/036364417X696159

Stubbendieck, J., Hatch, S. L., Bryan, N. M., & Dunn, C. D. (2017). *North American Wildland Plants: a field guide* (Third Edirion). University of Nebraska Press.

Valdés, R. J. (2015). *Gramíneas de Coahuila* (Primera edición). Comisión Nacional para el el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).

Zare, C. iMohammad A., & Piri, S. H. (2016). Maxent Modelling for Distribution of Plant Species Habitats of Rangelands (Iran). *Https://Doi.Org/10.3161/15052249PJE2016.64.4.002*, *64*(4), 453–467. https://doi.org/10.3161/15052249PJE2016.64.4.002.

EVALUACIÓN DE PLANES DE MANEJO INTEGRAL DE PASTIZALES EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA MAPIMÍ

EVALUATION OF INTEGRATED GRASSLAND MANAGEMENT PLANS IN THE MAPIMI BIOSPHERE RESERVE

Gabriel Ivan Alaniz Garfías[1*], Baldomero Ramos Peña[1], Samuel Mariano Guzmán[2], Jaime Eliberio Hernández Martínez[1], Juan Carlos Ibarra Flores[1].

[1]Reserva de la Biosfera Mapimí, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), Torreón, Coahuila. [2]Pronatura Noreste, Monterrey, Nuevo León. *Autor por correspondencia: gabriel.alaniz@endesu.org.mx

RESUMEN

Los planes de manejo de pastoreo son una herramienta orientada a la conservación de pastizales. Este trabajo evalúa los avances en las actividades de seis planes de manejo integral de pastizales de 2016 a 2024, en la Reserva de la Biosfera Mapimí. Se evaluó a través de un listado de verificación de las acciones programadas en cada uno de los planes para identificar su cumplimiento. En promedio se tiene un avance del 42% para los seis planes, la actividad con mayor cumplimiento es capacitación y de menor cumplimiento el monitoreo de acciones de conservación, el manejo de pastizales y prácticas vegetativas. Se requiere incorporar un esquema de gestión y monitoreo para cada plan, así como reglamentos de uso y descanso del pastizal.

Palabras clave: Plan de manejo, evaluación, Reserva de la Biosfera Mapimí, pastizales.

ABSTRACT

Grazing management plans are a tool for grassland conservation. This study evaluates the progress of six integrated grassland management plans from 2016 to 2024 in the Mapimí Biosphere Reserve. A checklist of the actions planned in each plan was used to assess their compliance. The average progress for the six plans is 42%. The activity with the highest compliance is training, and the lowest is monitoring conservation actions, grassland management, and vegetative practices. A management and monitoring scheme must be incorporated for each plan, as well as regulations for grassland use and rest areas.

Keywords: Management plan, evaluation, Mapimí Biosphere Reserve, grasslands.

INTRODUCCIÓN

El grado de utilización de los pastizales en el Desierto Chihuahuense ha generado la creación de diversas herramientas para su conservación orientadas a garantizar la integridad ecológica de los ecosistemas, el uso sustentable de sus recursos y la productividad ganadera, un ejemplo de ello son los programas de manejo de pastoreo (Jurado-Guerra *et al.,* 2021). En la Reserva de la Biosfera Mapimí (RBM) la principal actividad económica de los pobladores es la ganadería en sistemas de producción vaca-becerro a libre pastoreo, que, con la precariedad y el estado de infraestructura existente, implica una presión de pastoreo localizada, lo que conduce a una disminución de la cobertura vegetal (Ramírez-Carballo y Pedroza-Sandoval, 2007). La RBM desarrolló una estrategia de ganadería que desde 2006, inició con los programas de manejo ganadero, ahora Planes de Manejo Integral de Pastizales (PMIP). Este trabajo evalúa cualitativa y cuantitativamente el cumplimiento a las actividades programadas de seis PMIP del periodo 2016 al 2024, analiza las causas y sugiere alternativas eficaces para su cumplimiento.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se realizó en seis predios con PMIP (Cuadro 1). Para realizar una evaluación símil, cada plan se integró en cuatro ejes: I) Mejora estructural, II) Acciones de restauración, III) Manejo pecuario y IV) Capacitación; todos relacionados con la estrategia de ganadería.

Cuadro 1. Predios con planes de manejo elaborados en colaboración con personal de la RBM a partir del 2016

Año de elaboración	Predio	Superficie (ha)	Tenencia de la tierra	Ubicación (interior/exterior)[a]
2016	P.P. Loma Alta	4,504.47	Propiedad	Interior
2017	La Flor	12,661.89	Ejidal	Interior
2018	P.P. Guadalupe y la Pila	1,503.68	Co-propiedad	Exterior
2020	P.P. San Felipe	3,247.00	Co-propiedad	Interior
2021	Ejido La Flor II	5,637.93	Ejidal	Interior
2023	Parcela 8 Z-0 P1/1	400.00	Parcelario	Interior

a. Ubicación al interior de la poligonal de la Reserva de la Biosfera Mapimí o al exterior de ella.

Para evaluar el cumplimiento de los planes de manejo, se elaboró un listado de verificación de las acciones programadas en cada plan y se verificó la cantidad y porcentaje de acciones realizadas por cada eje. Mediante una variable nominal dicotómica, se evaluó el cumplimiento o incumplimiento de cada acción, corroboradas en registros documentados y visita de campo para evidenciar su veracidad. Se realizó un análisis de la inversión económica destinada al cumplimiento de las acciones del primer y segundo eje, con el objetivo de conocer el gasto destinado a los planes de manejo y las fuentes de financiamiento. Se comparó la cobertura vegetal en los distintos predios con los datos del monitoreo de aves que se realiza anualmente en la RBM.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

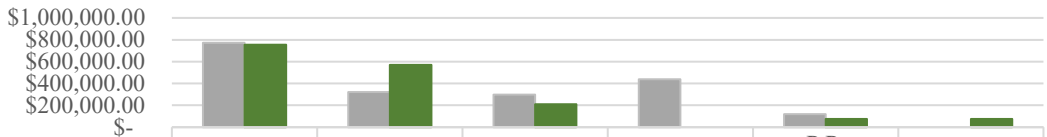
La compilación de los planes de manejo de los seis predios contiene cuatro ejes, (20 actividades y 86 acciones): I) Mejora estructural (dos y 13); II) Acciones de restauración (tres y 10); III) Manejo pecuario (seis y 31) y; IV) Capacitación (nueve y 32). Las acciones que se realizaron en el periodo de nueve años (2016-2024) muestran un avance general del 42% por los seis predios. El mayor porcentaje de implementación fue: 1) Manejo de escurrimientos (100%); 2) Manejo sanitario (83%) y; 3) Actividades del Programa de Educación para la Conservación del Pastizal (83%), todas ellas del eje de capacitación. El menor porcentaje de implementación fue: 1) monitoreo de las acciones de conservación (0%); 2) manejo de pastizales (17%) y; 3) prácticas vegetativas (22%). Los ejes con mayor porcentaje de avance fueron: manejo pecuario y capacitación, el primero de ellos, acciones que realizan los ganaderos y el segundo eje, a las actividades inducidas por el personal técnico de la reserva, esto puede influir en el grado de avance de su cumplimiento (Figura 1). Respecto al avance general por predio, La Flor registra el mayor porcentaje con el 61% (57 acciones atendidas), seguido por la Parcela 8 Z-0 P1/1 con el 54%, P.P. Guadalupe y la Pila con el 49%, La Flor II con el 38%, P.P. Loma Alta con el 32% y P.P. San Felipe con el 22%.

Eje /Actividades	Porcentaje de actividades atendidas					
	P.P. Loma Alta	La Flor	P.P. Guadalupe y la Pila	P.P. San Felipe	La Flor II	Parcela 8 Z-0 P1/1
Mejora estructural	**30**	**47**	**0**	**21**	**16**	**66**
Infraestructura (delimitación)	59	51	0	42	7	50
Mejora sistema de agua	0	44	0	0	25	81
Acciones de restauración	**14**	**42**	**0**	**3**	**42**	**25**
Prácticas vegetativas	10	9	0	0	44	44
Prácticas mecánicas	19	75	0	7	40	5
Monitoreo de acción	0	0	0	0	0	0
Manejo Pecuario	**38**	**57**	**50**	**38**	**41**	**62**
Zootécnico	60	80	60	60	60	80
Reproductivo	0	50	50	0	17	33
Sanitario	80	80	80	80	80	80
Nutricional	50	75	75	50	50	100
Pastizales	17	17	17	17	17	17
Administrativo	20	40	20	20	20	60
Capacitación	**48**	**97**	**97**	**25**	**54**	**63**
Manejo nutricional	75	75	75	25	25	50
Manejo sanitario	75	100	100	75	75	75
Manejo reproductivo	38	100	100	13	38	38
Manejo de pastizales	44	100	100	11	44	56
Manejo administrativo	0	100	100	0	0	100
Manejo de escurrimientos	100	100	100	100	100	100
Diversificación de actividades productivas	0	100	100	0	100	50
Manejo regenerativo de ranchos	0	100	100	0	0	0
Actividades del PEC del pastizal	100	100	100	0	100	100

Figura 1. Porcentaje de cumplimiento 2016-2024 de acciones por actividad registradas en los PMIP de seis predios.

La inversión externa destinada al cumplimiento del PMIP asciende a 3.6 millones de pesos. El 72% proviene de recursos económicos del gobierno federal y el 28% restante constituyen a recursos económicos gestionados por una Organización de la Sociedad Civil (OSC). El eje con mayor inversión corresponde al de las mejoras estructurales en la mayoría de los predios (Figura 2). Los productores invierten recursos financieros a

sus sistemas productivos como es el caso para sanidad y mantenimiento de infraestructura.



	La Flor	P.P. Loma Alta	La Flor II	Parcela 8 Z-0 P1/1	P.P. Guadalupe y la Pila	P.P. San Felipe
Acciones de mejora estructural	$773,663.80	$320,031.20	$299,423.00	$439,514.56	$118,453.56	$-
Acciones de restauración	$754,520.50	$570,436.00	$211,401.00	$-	$75,980.00	$76,180.00

Figura 2. Inversión destinada a mejora estructural y acciones de restauración por predio en el periodo 2016-2024

Respecto al análisis de la cobertura vegetal en tres predios (P.P. Loma Alta, La Flor y P.P San Felipe), el mayor porcentaje de cobertura de pastos en el periodo es en la P.P. Loma Alta (45%), seguido de La Flor (5%) y la P.P. San Felipe (0%); en contraste, el predio con mayor porcentaje de cobertura de arbustos es la P.P. San Felipe (35%), seguido de La Flor (28%) y la P.P. Loma Alta (16%). Solo la P.P. Loma Alta, muestra una tendencia de recuperación de cobertura en comparación a La Flor y la P.P. San Felipe (Figura 3), esta tendencia se puede atribuir al tipo de tenencia de la tierra, ya que los agostaderos de uso colectivo se inclinan a mostrar un nivel alto de degradación en comparación a aquellos administrados de forma privada, por alta presión de pastoreo sin descanso (Ibarra Flores *et al.*, 2018; Barrera-Perales *et al.*, 2021). En el caso de La Flor, predio con mayor cumplimiento al PMIP y mayor inversión externa, no refleja la recuperación del predio.

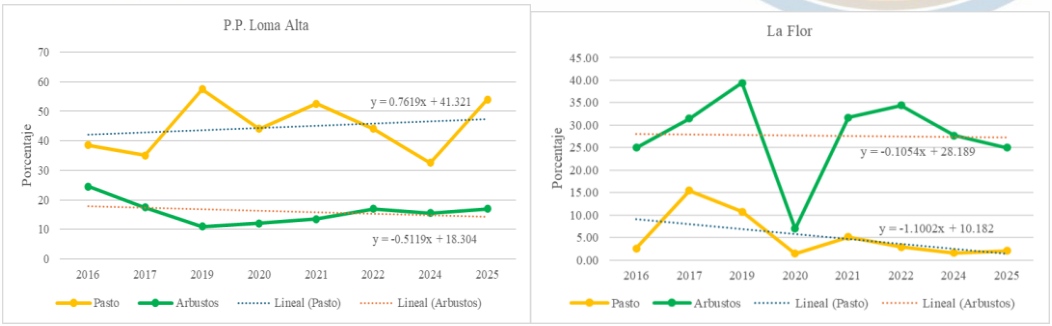


Figura 3. Fluctuación de cobertura de pastos y arbustos en dos predios con PMIP en la RBM en el periodo 2016-2019.

CONCLUSIONES

La evaluación del cumplimiento de las acciones de los planes de manejo indica un avance del 42 por ciento. Parte de este progreso se refiere a las acciones que realizan productores ganaderos y técnicos de la reserva, principalmente en los ejes de manejo pecuario y capacitación. El financiamiento económico destinado a cumplir con el

objetivo de los planes de manejo, que es la ganadería ordenada para la conservación de los ecosistemas, se ha invertido principalmente en temas de mejora estructural y acciones de restauración, dicho recurso económico proviene principalmente de la federación y contribuciones gestionados por Pronatura Noreste, A.C. Sin embargo, es necesario incluir en los planes de manejo un plan de gestión que permita, con una mayor colaboración de los productores, el cumplimiento en un mediano plazo la mejora de la infraestructura para un manejo ordenado del pastoreo y continuar con las acciones de conservación, que incluyan el descanso de potreros. También, es necesario establecer como parte del programa, una estrategia de monitoreo de los factores bióticos (cobertura de vegetación, presencia de especies indicadoras) para el tema de conservación que permita realizar un análisis de los alcances de las acciones del PMIP con respecto a la condición o salud del pastizal, lo cual tendría que ser recíproco.

LITERATURA CITADA

Barrera-Perales, O.T., Sagarnaga-Villegas, L. M., Tudela-Mamani, J. W., Salas-González, J. M., Moreno-Islas, A., & Leos-Rodríguez, J. A. (2021). Economic valuation of rangelands in the north of Mexico: A study for its conservation. *Spanish journal of Agricultural Research,* 19(3), 13. https://doi.org/10.5424/sjar/20211193-1741

Ibarra Flores F., Martín Rivera, M., Moreno Medina, S., Ibarra Martín, F., y Retes López, R. (2018). Cambios de vegetación y costos asociados con el continuo sobrepastoreo del ganado en el pastizal mediano abierto de Cananea, Sonora, México. Revista Mexicana de Agronegocios, 42(),855-866.

Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, R., Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M.G. (2021). Los pastizales de zonas áridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. Vol.12 (3), 261-285.

Ramírez-Carballo, H. y Pedroza-Sandoval, A. (2007). Evaluación participativa de la degradación del suelo en la Reserva de la Biosfera Mapimí, Durango, México. Revista Chapingo series Zonas Áridas 6(2), 247-254.

FACTORES CLIMÁTICOS Y MAÍZ DE TEMPORAL EN TLAXCALA, MÉXICO DURANTE EL PERIODO 1985-2023.

CLIMATIC FACTORS AND DRYLAND CORN IN TLAXCALA, MEXICO DURING THE PERIOD 1985-2023.

Venancio Cuevas-Reyes[1*], Dolores Briones-Reyes[1], Edith Jiménez-Muñoz[1], Enrique Buendia-Rodriguez[1], Obed G. Gutiérrez-Gutiérrez[2].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarios (INIFAP). Campo Experimental Valle de México, km. 13.5 Carr. Los Reyes-Texcoco, 56250, Texcoco, Estado de México. México. [2]INIFAP. Campo Experimental Valle de Culiacán. Culiacán, Sinaloa. México. * Venancio Cuevas-Reyes: cuevas.venancio@inifap.gob.mx

RESUMEN

Se analizó la producción de maíz de temporal y variables climatológicas relacionadas con la precipitación y temperatura máxima promedio anual. La información fue obtenida del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera y de la Comisión Nacional del Agua. La superficie agrícola disminuyó, pero la producción aumentó: el rendimiento pasó de 1.59 en 1980 a 2.49 t ha^{-1} en 2023, en este mismo periodo, la precipitación disminuyó 0.36 % mientras que la temperatura máxima aumentó 0.30 %. Los resultados muestran los efectos del cambio climático en la agricultura; al disminuir la precipitación y aumentar la temperatura máxima se genera una disminución de la producción de maíz.

Palabras clave: cambio climático, maíz, producción

ABSTRACT

Dryland corn production and climatological variables related to precipitation and average maximum temperature were analyzed. The information was obtained from the Agri-Food and Fisheries Information System and the National Water Commission. Agricultural land area decreased, but production increased: yield increased from 1.59 t ha-1 in 1980 to 2.49 t ha^{-1} in 2023. During this same period, precipitation decreased by 0.36% while maximum temperature increased by 0.30%. The results show the effects of climate change on agriculture; decreasing precipitation and increasing maximum temperature lead to a decrease in corn production.

Keywords: climate change, maize, production

INTRODUCCIÓN

En México, durante el año agrícola 2023, de acuerdo con datos de SIAP-SIACON (2024), se sembraron 6.94 millones de hectáreas de maíz. De esta superficie, se registró una superficie siniestrada de 504,911 hectáreas, lo que representó el 7.3% de la superficie sembrada y en la cual no se obtuvo cosecha alguna. El 81.0 % de la producción de maíz se produce en el ciclo Primavera-Verano (P-V) y 19.0% en el ciclo Otoño-Invierno (O-I). Por régimen de humedad, 75.9% de la superficie cosechada se cultivó en temporal y 24.1% con riego (FIRA, 2024).

El estado de Tlaxcala dispone de una superficie de 266 mil hectáreas, de los cuales 210 mil son utilizadas en actividades agropecuarias o forestales. En el estado únicamente se dispone de 11 % de superficie bajo riego, así la producción agrícola en Tlaxcala es realizada bajo condiciones de temporal. En el año 2023, fueron sembradas 120,308 hectáreas de maíz, de las cuales el 85.18 % correspondió a producción en temporal y el resto a producción bajo riego (SIAP-SIACON, 2024). Cruz-González *et al*. (2024), señalan que el clima es uno de los factores más importantes en la productividad agrícola, ya que influye directa e indirectamente en procesos fisiológicos fundamentales como la fotosíntesis y la transpiración, que ocurren durante las etapas de crecimiento y desarrollo de la planta. La producción de maíz resulta altamente sensible a las fluctuaciones de temperatura y precipitación, lo que puede derivar en una disminución del rendimiento. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo analizar el impacto que la precipitación y la temperatura máxima anual tienen en la producción de maíz en el estado de Tlaxcala, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables utilizadas fueron: superficie sembrada (ha), producción (t), rendimiento (t ha^{-1}), precipitación anual (mm) y temperatura máxima (^{0} C). Estas variables se analizaron mediante estadísticas básicas y la obtención de la tasa de crecimiento media anual (TCMA). La información fue obtenida del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP-SIACON (2024) para el periodo 1980 a 2023, mientras que la información climatológica (1985-2923) fue obtenida de CONAGUA (2024), el análisis se realizó dividiendo en periodos de 10 años, esto con la finalidad de identificar posibles afectaciones de las variables ambientales a la producción de maíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de maíz y variables ambientales en Tlaxcala

La superficie sembrada de maíz de temporal en Tlaxcala ha disminuido en el periodo 1980 a 2023; pasó de 137,392.20 hectáreas (1981-1990) a 105,757.08 en el periodo 2021-2023. No obstante, la producción estatal aumentó, paso de 195,896.10 toneladas a 273,181.40 en el mismo periodo, durante este periodo la TMCA de la

superficie fue de -0.63 %, mientras que la tasa de la producción estatal de maíz bajo temporal fue positiva de 0.52 %. Este aumento en la producción, se ve reflejado en el aumento que ha tenido la producción de maíz de temporal en el estado de Tlaxcala, el cual es de 2.59 t ha^{-1} (periodo 2021-2023) comparado con el rendimiento promedio del periodo 1981-1990, que fue de 1.59 t ha^{-1} es decir, aumentó una tonelada el rendimiento de maíz bajo temporal, y una TMCA de 1.07 % de 1980 a 2023. Respecto a las variables climatológicas, la precipitación promedio estatal durante el periodo de análisis (1985 a 2023) fue de 721. 54 mm, y una temperatura máxima anual de 23.12 ° C, es decir, la temperatura máxima promedio aumentó prácticamente un grado en el periodo de 43 años. Es interesante notar que mientras la precipitación promedio anual ha disminuido durante el periodo 1985 a 2023 (tiene una TMCA -0.36 5), la temperatura promedio máxima en el estado ha aumentado (tiene una TMCA del periodo de 0.30 %). Durante el periodo de análisis, la producción de maíz tuvo 19 años con tasas de cambio anuales negativas. Al analizar por periodos, el que tuvo un mayor número de años con disminución de la producción fue el periodo 2011 a 2020, en este también se tuvo TMCA de la precipitación de -2,91 % durante el periodo, pero una tasa de crecimiento del rendimiento positiva de 3.71 %, en 2011 el rendimiento fue de 1.64 t ha^{-1} y para fines de la década (en 2020) fue de 2.36 t ha^{-1} (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tasas de crecimiento de las variables productivas y ambientales (1980-2023).

Periodo	Superficie Sembrada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t ha-1)	Precipitación (mm)	Temp Máx (^{0}C)	Tasas de cambio Anuales negativas
1981-1990	-0.03%	2.37%	2.41%	-0.46%	0.15%	4
1991-2000	-0.86%	0.64%	2.38%	-0.88%	0.40%	5
2001-2010	-0.09%	-0.46%	-0.33%	2.01%	0.22%	3
2011-2020	**0.59%**	**8.36%**	**3.71%**	**-2.91%**	**0.04%**	**6**
2021-2023	0.19%	-1.26%	-1.27%	-5.67%	1.96%	1
1980/85-2023	-0.63%	0.52%	1.07%	-0.36%	0.30%	19

Al analizar el periodo completo, se constata que, en términos generales, los años con mayores niveles de precipitación han correspondido a una producción elevada. Sin embargo, durante la última década, en los años caracterizados por una menor precipitación, la producción ha mostrado una considerable variabilidad, manifestándose en fluctuaciones que incluyen tanto incrementos significativos como disminuciones notables; esto puede deberse en gran medida a que ha cambiado más la distribución que la cantidad. En caso contrario se observa que una temperatura máxima promedio en el estado parece coincidir con años donde la producción ha sido más baja (Figura 2).

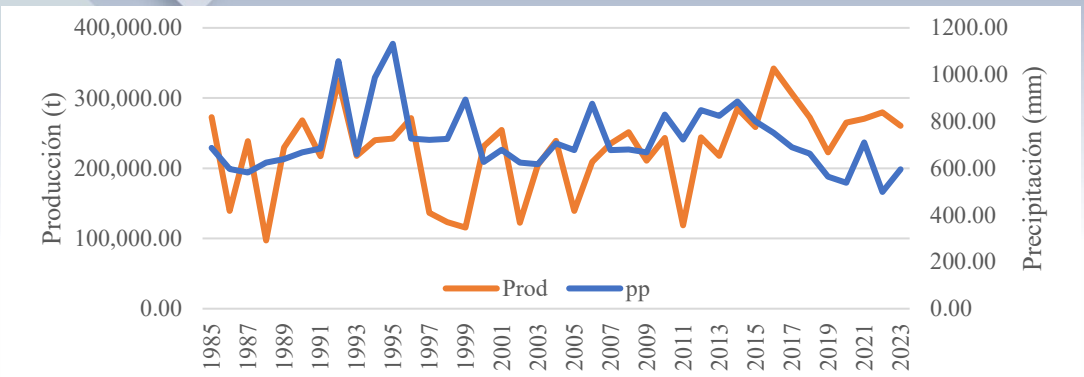


Figura 1. Producción de maíz en Tlaxcala y precipitación promedio anual en Tlaxcala.

Estos resultados de rendimientos mayores en los últimos años coinciden con lo que plantean autoridades estatales: el titular de la Secretaría de Impulso Agropecuario (SIA) en Tlaxcala señaló que "El trabajo de los hombres del campo dio resultado a pesar de la sequía, unas 360 mil toneladas de maíz es la cosecha estimada del ciclo primavera-verano 2024...hay registros de productores en la zona oriente y poniente de la entidad con 3.5 y 4.5 toneladas por hectárea, aunque la mayoría documentó dos toneladas de semillas nativas de temporal (El sol de Tlaxcala, 2024)." Nuestros resultados presentan evidencia de que al disminuir la precipitación y aumentar la temperatura máxima anual se genera una disminución de la producción. El incremento de rendimiento en la última década se puede asociar a la incorporación/adopción de componentes tecnológicos como análisis de suelo, fertilización, variedades, tratamiento de semillas, resultados de la transferencia de conocimiento y tecnología en el estado, asistencia técnica y programas de apoyo al campo por parte del gobierno federal, pero sobre todo al trabajo diario de los agricultores y la adaptabilidad de los maíces nativos que ocupan la mayor superficie de temporal.

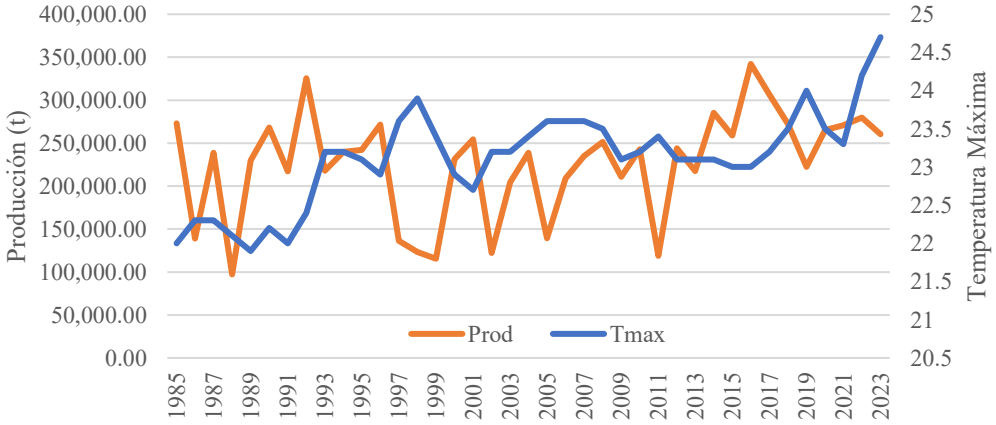


Figura 2. Producción de maíz en Tlaxcala y la temperatura máxima anual.

CONCLUSIONES

La superficie en Tlaxcala disminuyó en 43 años, pero la producción aumentó: el rendimiento de maíz pasó de 1.59 en 1980 a 2.49 t ha^{-1}en 2023. La tasa de crecimiento anual de la precipitación ha disminuido 0.36 % mientras que la temperatura máxima ha aumentado 0.30 % en ese mismo periodo. Los resultados presentan evidencia de que al disminuir la precipitación y aumentar la temperatura máxima anual se genera una disminución de la producción de maíz de temporal.

AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP por el financiamiento al proyecto SIGI: 1474736477, titulado “La percepción de los productores de maíz sobre los efectos del cambio climático y la adopción de semillas mejoradas en tres regiones agroecológicas en los estados de Tlaxcala, Estado de México y Veracruz”.

LITERATURA CITADA

Cruz-González, A., Arteaga RR., Sánchez-Cohen, I., Soria-Ruiz, J. & Monterroso-Rivas, AI. (2024). Impactos del cambio climático en la producción de maíz en México. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 15(1), e3327. https://doi.org/10.29312/remexca.v15i1.3327

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). (2024). Panorama Agroalimentario 2024: Maíz. Disponible https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=122742

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP-SIACON]. (2024). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON) [Internet]. Disponible en: https://www.gob.mx/agricultura/dgsiap/documentos/siacon-ng-161430

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2024). Resúmenes Mensuales de Lluvia y Temperatura. Disponible https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias

El sol de Tlaxcala. (20 de diciembre de 2024). Garantiza SIA abasto de maíz para 2025 en Tlaxcala. https://oem.com.mx/elsoldetlaxcala/local/garantiza-sia-abasto-de-maiz-para-2025-en-tlaxcala-18443534

MODELOS Y MÉTODOS RÁPIDOS PARA ESTIMAR LA PRODUCCIÓN Y DIGESTIBILIDAD *in vitro* DEL PASTO BUFFEL (*Pennisetum ciliare*).

MODELS AND PRACTICAL METHODS TO ESTIMATE FORAGE PRODUCTION AND *in vitro* DIGESTIBILITY OF BUFFEL GRASS (*Pennisetum ciliare*).

Ricardo Alonso Sánchez-Gutiérrez[1*], Francisco Guadalupe Echavarría-Cháirez[1], Alan Álvarez-Holguín[2], Edith Ramírez-Segura[3], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[4].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Zacatecas C.P. 98000, México. [2]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. [3]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID-AF.[4] Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas. *Autor de correspondencia: rasanchez.gutierrez@gmail.com

RESUMEN

El objetivo fue generar modelos y métodos para estimar el forraje seco y la digestibilidad *in vitro* del pasto buffel en Zacatecas, México. Las variables dependientes fueron; rendimiento de forraje seco (FS) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), las variables independientes fueron; días a cosecha (DC), altura de planta (AP), peso fresco de planta (PFP) y precipitación acumulada (Lluvia). Se utilizó análisis de correlación de Pearson y modelos de regresión lineal. Se presentaron correlaciones significativas entre RMS con DC, AP y PFP. Para DIVMS fueron DC, AP y PFP. Los modelos seleccionados para RMS y DIVMS se asociaron con DC, AP y PFP. El punto óptimo de utilización para el pasto buffel se encontró en 91 días a la cosecha, 87 cm a la altura o 555 grs de peso fresco de planta.

Palabras clave: Pasto buffel, rendimiento, calidad nutritiva, corte óptimo.

ABSTRACT

This study aimed to generate models and methods for estimating dry matter yield and *in vitro* dry matter digestibility of buffel grass in Zacatecas, Mexico. The dependent variables were dry matter yield (FS) and *in vitro* dry matter digestibility (DIVMS), independent variables were days to harvest (DC), plant height (AP), fresh plant weight (PFP), and accumulated rainfall (Lluvia). Pearson correlation analysis and linear regression models were used. The results showed significant positive correlations between FS with DC, AP and PFP. For DIVMS were DC, AP and PFP. The selected models for FS and DIVMS were associated with DC, AP and PFP. The optimal utilization point for buffel grass was found in 91 days to harvest, 87 cm to plant height or 555 grs of fresh plant weight.

Keywords: buffel grass, yield, nutritional quality, optimal cutting.

INTRODUCCIÓN

La estimación de la cantidad y calidad nutritiva del forraje en la ganadería es de suma importancia para la planeación de las actividades y eficientar los recursos naturales y económicos. Existen métodos alternativos llamados no destructivos que permiten obtener información para desarrollar modelos que estimen tanto la calidad como la cantidad de forraje. Segura *et al.*, (2024) generaron y validaron un modelo lineal para producción de forraje de pasto buffel a partir de cinco variables morfológicas. En Zacatecas existe un área subtropical donde se practica la ganadería extensiva con alrededor de 130,000 cabezas de ganado (SIAP, 2023), y una de las especies que contribuye a la alimentación de los animales es el pasto buffel. Además, en esta región se registra un área 96,624 con alto potencial productivo para buffel (Medina *et al.*, 2023), por lo tanto, es una especie importante para los ganaderos. Sin embargo, hasta el momento no existen modelos o métodos para estimar la producción y calidad del forraje de pasto buffel, y que apoyen a la toma de decisiones para que el ganadero explote de la mejor manera este recurso forrajero. Por lo tanto, el objetivo del estudio fue generar modelos para estimar la producción de forraje y la digestibilidad *in vitro* de la materia seca del pasto buffel, así como determinar el momento óptimo de utilización para el área de los Cañones en Zacatecas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Sitio Experimental los Cañones, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Huanusco, Zacatecas. El clima se considera como trópico seco y la precipitación media es de 525 durante los meses de junio a septiembre (Medina *et al.*, 2024). El experimento se estableció en el año 2019 bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los datos se recabaron a partir del año 2020 hasta el 2022 bajo condiciones de temporal. La parcela experimental fue de cinco surcos de 0.76 m de separado y 10 m de largo, con distanciamiento entre plantas de 0.75 m. El muestreo de plantas se realizó en dos periodos de crecimiento, vegetativo (entre 57 y 60 días) y madurez fisiológica (entre 118 y 122 días). La parcela útil por cada periodo de crecimiento fue de los tres surcos centrales y tres metros de largo, con un total de 12 plantas. Las variables dependientes fueron: producción de forraje seco (FS) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS). Mientras que las variables independientes fueron; Días a corte (DC), altura de planta (AP), peso fresco de planta (PFP) y acumulación de lluvia (LL). Para FS se utilizó los rendimientos de seis materiales que no presentaron diferencias estadísticas en los dos periodos de crecimiento durante los tres periodos de evaluación (n= 108; Sánchez *et al.*, 2024). Para DIVMS, se llevó a cabo con los procedimientos con la incubadora Daisy, recomendados por ANKOM Technology. Para los DC se contabilizaron a partir que el primer evento de lluvia acumulara por lo menos 10 mm por día (mediados y finales de junio). En AL se seleccionaron tres plantas al azar de cada parcela útil, y con un estadal se midió la planta desde el suelo hasta la parte más alta del forraje (vegetativo) o la punta de la inflorescencia (madurez). El PFP se utilizó del peso del forraje fresco que se cortó en cada parcela útil y se dividió entre el número de plantas (12). Para Rain se midió la

precipitación diaria acumulada con un pluviómetro instalado a 10 m de distancia del experimento. Se realizó un análisis de correlación de Pearson mediante el PROC CORR del paquete estadístico SAS. Después se generaron las ecuaciones mediante modelos de regresión lineal en R-studio y se seleccionaron aquellas con el mejor ajuste en el coeficiente de determinación (R^2). Por último, para determinar el punto donde se cruce FS y DIVMS, se alimentaron los modelos y se graficaron en el Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de correlación se observan asociaciones significativas ($p<0.05$) entre las variables determinadas. La variable Rain fue la única que presentó coeficientes de correlación bajos, los valores para FS y DIVMS fueron rxy=0.250 y rxy=-0.569, respectivamente. Todas las variables relacionadas a FS se correlacionaron de manera positiva, mientras que con DIVMS fueron negativas (Cuadro 1). Lo anterior demuestra que a medida que aumenta la producción, disminuye la digestibilidad. El aumento de los DC con la tendencia acumular mayor FS y la disminución de la DIVMS, concuerda con los resultados de otras investigaciones en pasto buffel (Wana *et al.*, 2019).

Cuadro 1. Coeficientes de correlación, determinación y modelos generados para estimar FS y DIVMS de pasto buffel en Zacatecas, México.

		Coeficiente Correlación r_{xy}	Coeficiente Determinación R^2	Modelo lineal
FS	DC	0.799**	0.6391**	Y= 52.403x - 2061.7
DIVMS	DC	-0.908**	0.6283**	Y= -0.1065x + 78.712
FS	AP	0.845**	0.7157**	Y= 5891.3x - 1118
DIVMS	AP	-0.776**	0.6023**	Y= 0.0629x + 74.541
FS	PFP	0.982**	0.9644**	Y= 9.0423x - 956.03
DIVMS	PFP	-0.733**	0.5366**	Y= -0.0079x + 73438
FS	Lluvia	0.25*	0.3238**	Y= 5.209x + 1098.6
DIVMS	Lluvia	-0.569**	0.0627*	Y= -0.0142x + 76.57

FS=Forraje seco; DIVMS= Digestibilidad in vitro de la materia seca; DC= Días a corte; AP= Altura de planta; PFP= Peso fresco de planta.

En la Figura 1 se presenta el punto de cruce de los días a corte, altura de planta y peso fresco del forraje con el rendimiento y digestibilidad *in vitro* del pasto buffel en Zacatecas, México. Los días a corte oscilaron desde el 57 hasta el 129 y el punto de cruce fue a los 91 días, se registró 4,000 kg/ha y 69 % de DIVMS. La altura de planta fue desde 19.6 hasta 154.6 cm y el cruce se observó a los 87.1 cm, a esta altura se registró un rendimiento de 4,013 kg/ha y un 69 % de DIVMS. Los rangos de peso fresco de planta fueron desde 165 hasta 1,005 gr, el cruce fue a los 555 gr donde se registró 4,062 kg/ha y 69.04 % de DIVMS. Por lo tanto, el momento óptimo de buffel para la región de los Cañones en Zacatecas es cuando la pradera llega a acumular 4,000 kg/ha. Respecto a IVDMD, Indah *et al.* (2020) mencionan que un avanzado estado de madurez influye en la calidad del forraje, en el presente estudio se registró un 69% de DIVMS en el punto óptimo, lo cual es considerado que entre especies de gramíneas se encuentra dentro del rango de buen valor forrajero (Örün y Erdogan, 2022).

Figura 1. punto de cruce de los días a corte (A), altura de planta (B) y peso fresco del forraje (C) con el rendimiento y digestibilidad *in vitro* del pasto buffel en Zacatecas, México

CONCLUSIONES

De las variables propuestas para generar modelos que estiman la producción de materia seca y digestibilidad *in vitro* del pasto buffel en la región de los cañones en Zacatecas, se logró identificar; días a corte con índices de R^2 de 0.63 y 0.62, altura de planta con R^2 de 0.71 y 0.60 y peso fresco de planta con R^2 de 0.96 y 0.53, respectivamente. De estas tres variables se determinó que el momento óptimo para la utilización del forraje es cuando los DC llegan a los 91 días, AP a 87 cm y peso fresco de planta a los 555 gr, con lo anterior se logran rendimientos de 4 ton/ha con una digestibilidad del 69%.

LITERATURA CITADA

Indah, A., I. Permana, Despal. 2020. Determination dry matter digestibility of tropical forage using nutrient composition. *Earth Environ. Sci.* 2020, *484*, 012113. https://doi:10.1088/1755-1315/484/1/012113.

Medina, G.G., J. Casas, N. Ramírez. 2023. Estación: Tierra blanca, Tabasco. En *Estadísticas Climatológicas Horarias del Estado de Zacatecas (Periodo 2002–2022)*; Chew, Y., Osuna, E., Sigala, J., Eds; Publicación Especial No. 24; INIFAP-Campo Experimental Zacatecas: Calera de V.R., Zac. México. pp. 704–724.

Örün, M., S. Erdogan. 2022. Determination of in vitro digestibility and relative values of alternative roughage sourse. Journal of Agricultural Sciences 32(3):576-583. https://doi.org/10.29133/yyutbd.1103508

Sánchez-Gutiérrez, R.A., H. Gutiérrez-Bañuelos, A. Alvarez-Holguin, E. Ramírez-Segura, A. Muro-Reyes, L.C. Muñoz-Salas, D. García-Cervantes, F.G. Echavarría-Cháirez. 2024. Buffel grass (Pennisetum ciliare) ecotypes suitable for subtropical livestock in the north central región of Mexico. Agronomy 14,1224. https://doi.org/10.3390/agronomy14061224

Segura C.J.E., J.I. Yarena, H. Bernal, E.A. Rodríguez, L.G. Cuéllar, J. Jimenez. 2024. Generación de nuevas ecuasiones para estimar la biomasa aérea a partir de variables morfológicas obtenidas de pastos en agostaderos de Nuevo León, Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias 15(1); 1-16. https://doi.org/10.22319/rmcp.v15i1.6457

SIAP. Sistema de Información Agroalimentario y Pesquero. SAGARPA, México. https://www.gob.mx/siap. Consultado 1 Noviembre, 2023.

Wanania, G. *2019*. Effect of harvesting stage on yield and nutritive value of buffel grass (*Cenchrus ciliaris linn*) under irrigation at gewane district, North Eastern Ethiopia. *J. Sci. Innov. Res*. 18, 7–12.

EVALUACIÓN DE LA VEGETACIÓN UTILIZANDO EL NDVI ASOCIADO A FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN

EVALUATION OF VEGETATION USING THE (NDVI) ASSOCIATED WITH FACTORS THAT INFLUENCE PRODUCTION

José Contreras Bañuelos[1]*, Israel Casas Flores[2], Daniel Rodríguez Tenorio[1], Ramón Gutiérrez Luna[2], Francisco Guadalupe Echavarría Cháirez[2] y Alfonso Serna Pérez[2].

[1] Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia kilómetro 31.5 Carretera Panamericana, Zacatecas - Fresnillo, 98500 Gral. Enrique Estrada, Zac. [2] Campo Experimental Zacatecas, INIFAP. Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo,98500, Calera Zacatecas, México. *Autor por correspondencia: contrerasbjose4@gmail.com.

RESUMEN

Zacatecas tiene 5.4 millones de ha dedicadas a la ganadería, de las cuales 2.3 millones de ha, se encuentran con alto nivel de degradación, por diversos factores incluido las sequías, el objetivo es evaluar la sequía en la producción de vegetación con el método de NDVI, asociando la precipitación pluvial y la carga animal, el NDVI es un indicador de la vegetación existente, el intervalo de valores va desde -1 a 1. A través del programa QGIS se generó el NDVI. Se tomaron las lecturas de NDVI, precipitación y evapotranspiración del 2010 al 2015. En conclusión, el NDVI como estimación del estado de vegetación, se encuentra íntimamente asociado a factores como la precipitación pluvial y la carga animal y determinan de manera significativa este índice, con una correlación de r^2.8342.

Palabras clave: QGIS, vegetation, precipitación, carga animal.

ABSTRACT

Zacatecas has 5.4 million hectares dedicated to livestock farming, of which 2.3 million hectares are highly degraded due to various factors, including droughts. The objective is to evaluate drought in vegetation production using the NDVI method, associating rainfall and animal load. NDVI is an indicator of existing vegetation, with values ranging from -1 to 1. NDVI was generated using the QGIS program. NDVI, rainfall, and evapotranspiration readings were taken from 2010 to 2015. In conclusion, the NDVI as an estimate of vegetation status is closely associated with factors such as rainfall and animal load, which significantly determine this index, with a correlation of r^2 .8342.

Keywords: QGIS, vegetation, precipitation, animal load**.**

INTRODUCCIÓN

Los recursos más importantes para la producción ganadera en el sistema extensivo son el agua y el forraje, el conocer la condición del pastizal nos permite tomar decisiones para optimizar la producción y proteger los recursos naturales cuya frecuencia y dominancia tiende a decrecer como resultado del sobrepastoreo, la excesiva carga animal y la falta de rotación de potreros, propiciando la erosión del suelo (Rodríguez, 2022). Zacatecas cuenta con una superficie 5.4 millones ha que son de uso pecuario de las cuales 2.3 millones se consideran con alto nivel de degradación debido a mal manejo y eventos climáticos como la sequía (Echavarría *et al.*, 2009). El cambio climático ha acentuado la sequía en la región del semidesierto Chihuahuense, de tal forma que cada vez es más recurrente y de larga duración, la sequía de mayor impacto en los últimos 70 años es la reportada los años 2011- 2012 según lo reportado por (CONAGUA, 2012) razón por la cual es de suma importancia contar con herramientas que permitan evaluar las condiciones de los ecosistemas del pastizal para optimizar la producción y proteger los recursos naturales (Fariña, *et al.*, 2019). La biomasa de los agostaderos se puede estimar de diferentes maneras: cosecha, estimaciones visuales alturas o volumen de las plantas, radiometría (Olson y Cochran, 1998), fotografías (Paruelo *et al.*, 2000) y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) por sus siglas en inglés (Wylie, 1995). El objetivo del presente trabajo es evaluar la condición del pastizal por medio del NDVI asociado a la precipitación pluvial y la carga animal en una serie de tiempo del año 2010 al 2015.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Zacatecas, en el rancho la Jococa, Panuco, Zacatecas, el clima de acuerdo con la clasificación de Koppen corresponde al tipo B (secos) en el 80% de la superficie, (templados) en 19% y A (cálidos húmedos) en 1% (Koopen, 1948). El pastizal mediano abierto se localiza en clima seco templado, con temperatura media anual de 15 a 18 °C y precipitación de 355 mm, para el presente estudio se tomó información de las estaciones climáticas del INIFAP, Zacatecas más cercanas al sitio de estudio (Cobaez, en Pozo de Gamboa y Agua Nueva en Villa de Cos)

Cuadro 1. Información general del sitio evaluado

Predio	Municipio	Superficie ha	No. potreros	No. cabezas	Coordenadas
Jococa	Panuco	333	4	66	23° 03´08 N 102° 32´44 W

Una vez obtenidos los datos de ubicación, mediante (GPS), se procedió a localizar a través de los mapas de aptitud productiva del suelo pecuario del estado de Zacatecas (Echavarría *et al.*, 2009). Enseguida se calculó el (NDVI) del 2010 al 2015, el cual se utiliza para estimar la cantidad y calidad y desarrollo de la vegetación, y se basa en las

longitudes de onda enviadas por satélite, las ondas infrarrojas cercanas (Kriegler *et al.*, 1969). Las bases de la relación entre el NDVI y la biomasa verde están relacionadas con la cantidad de radiación fotosintética absorbida por el intervalo de valor que va de -1 a 1 (Eos.com., 2019). La estimación de la vegetación se realiza por medio de LANDSAT mediante imágenes compuestas por 7 u 8 bandas espectrales, que fueron elegidas especialmente para el monitoreo de la vegetación, para aplicaciones geológicas y para el estudio de los recursos naturales. (INEGI, 2020). Para el presente estudio se realizó con la metodología de Jiménez., *et al* (2022) utilizando imágenes de series de tiempo, con menos del 10% de nubosidad y con mapa de regresión. Se utilizó el programa SAS versión 9.0 para realizar los análisis estadísticos con base en las estimaciones realizadas a través de los procedimientos antes señalados encontramos los siguientes resultados:

En el Cuadro 2 se presentan los datos promedio de precipitación pluvial, evapotranspiración, NDVI, cabezas de ganado y unidades animal del año 2010 al 2015 en el rancho La Jococa en el municipio de Pánuco, Zacatecas de precipitación, evapotranspiración, NDVI, cabezas y unidades animal.

RESULTADOS

Cuadro 2. Datos promedio de 6 años del Rancho la Jococa, Panuco, Zac.

Año	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Precipitación mm	352.2	185	288.7	416.65	403.1	451
Evapotranspiración	1656.45002	1897.0248	1761.5116	1727.35541	1730.97893	1613.91564
NDVI	0.34915385	0.2347	0.25381818	0.3102	0.30369565	0.40123529
Cabezas	89	72	53	58	65	66
Unidades Animal	70.2	58.8	41.5	46.7	52.6	53.1

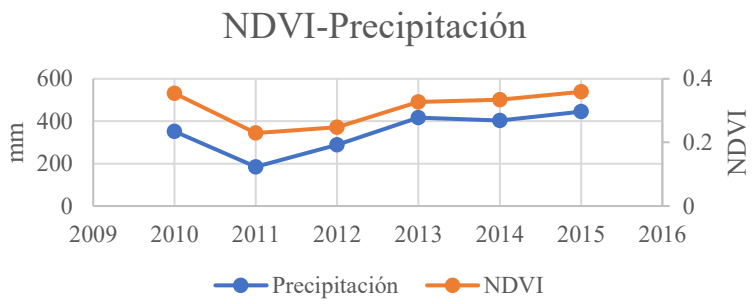


Figura 1. Relación entre el NDVI y la precipitación media anual 2010 – 2015. con una r^2 de 0.8342

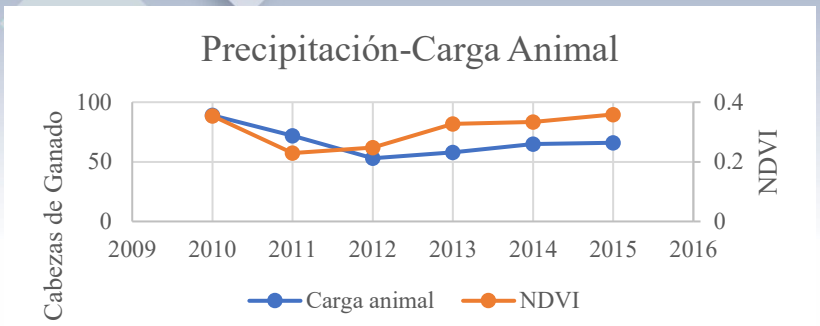


Figura 2. Análisis estadístico mostrando la correlación NDVI y la carga animal del año 2010 al 2015, con una r^2 de 0.8342.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la metodología para determinar el NDVI, los resultados muestran que del año 2010 al año 2015 la vegetación se mantuvo en un índice de planta en dormancia NDVI 0.25 lo que indica poco crecimiento, el punto de menor crecimiento de la vegetación se registró en los años 2011 y 2012, que se refleja en la Figura 1, donde se observa una correlación entre la precipitación pluvial y el NDVI, coincidiendo con la mínima precipitación de 185 mm del año 2011, que fue descrita como la sequía más severa de los últimos 70 años según (CONAGUA, 2012) lo que provocó una disminución del hato ganadero estatal del 30 % (CEFOPEZ, 2012) para el rancho en estudio de 89 cabezas de ganado disminuyó a 53 en el año 2012 por efecto de la sequía que provocó poca disponibilidad de agua y forraje (Figura 2). Los análisis estadísticos muestran una r^2 de 0.8342 al relacionar los años con NDVI, superior a lo encontrado con otros autores (Fariña *et al.*, 2019), el modelo agrupa los datos más bajos y altos del NDVI, precipitación y carga animal, para una mejor interpretación se sugiere incrementar la muestra en serie de tiempo más grande de 15 a 20 años de análisis, y agregar datos de tipo de suelo, evapotranspiración y de ser posible datos de manejo.

CONCLUSIONES

El análisis de la sequía en el sitio de estudio, por medio del NDVI, la precipitación y la carga animal muestra que la condición más severa de la producción de forraje se presentó en los años 2010-2012, en donde se observaron los niveles más bajos de precipitación, y la carga animal, coincidiendo con el análisis del NDVI, a pesar que el modelo estadístico muestra una r^2 0.8342 entre el NDVI y la precipitación pluvial, de la misma manera se estableció la correlación entre la carga animal y la precipitación pluvial, esto indica que estos dos factores (precipitación pluvial y carga animal) están íntimamente relacionados con el índice de NDVI. Por otra parte, es necesario la estimación de materia seca *in situ*, aporte nutricional para asociarlos con la condición de la vegetación con el NDVI.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2012. Sequía. Disponible en: http://www.cna.gob.mx.

CEFOPEZ. 2012. Comité estatal para el fomento y protección pecuaria del estado de Zacatecas. Informe del avance de campañas zoosanitarias 2012. 23 pg.

Echavarría C: F: G., Medina G.G., Rumayor R.A.F., Serna P.A., Salinas G.H., Bustamante W.J.G. 2009.Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico. INIFAP. CIRNOC. Libro técnico No 10.

Eos.com. 2019. https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/

Fariña C., Easdale M., Bruzzone O., Umaña F. 2019.Evaluación de los pastizales: Mirando la foto y también la película. INTA EEA Bariloche, IFAB (INTA- CONICET) Presencia No 71.

Jiménez J. S. I., Marcial P.M.J., Ojeda B.W., Sifuentes I.E., Inzunza I.M.A., Sanchez C.**I.** 2022. VICAL: Global Calculator to Estimate Vegetation Indices for Agricultural Areas with Landsat and Sentinel-2 Data. *Agronomy* , *12*(7), 1518; https://doi.org/10.3390/agronomy12071518

Köppen, W. (1948). Climatología, con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica. [Links]

Kriegler FJ, Malila WA, Nalepka RF, Richardson W. 1969. Preprocessing transformations and their effect on multispectral recognition. Remote Sens Environ VI:97–132.

Olson KC, Cochran RC. 1998: Radiometry for predicting tallgrass praire biomass using regression and neural models. J Range Manage (51):186-192.

Paruelo, J. M., Lauenroth, W. K., & Roset, P. A. (2000). Estimating aboveground plant biomass using a photographic technique. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, *53*(2), 190-193.

Rodriguez T.D. 2022. XI Congreso internacional de manejo de pastizales, Memorias. pg 502, ISSN: 1870- 8192.pdf

Wylie, J. (2006). Depths and folds: on landscape and the gazing subject. *Environment and planning d: society and space*, *24*(4), 519-535.

INFLUENCIA DEL USO DEL SUELO SOBRE LA BIOMASA VEGETAL Y LA COLONIZACIÓN MICORRÍZICA DE *Bouteloua gracilis* EN UN PASTIZAL DE OJUELOS, JALISCO

INFLUENCE OF LAND USE ON PLANT BIOMASS AND MYCORRHIZAL COLONIZATION OF *Bouteloua gracilis* IN A GRASSLAND OF OJUELOS, JALISCO

Edith Ramírez-Segura[1], Uriel Solís-Rodríguez[2]*, Juana Elia Escobar-Sánchez[2], Jimena Andrea Canché-Pacheco[3], José Alberto Ramos-Zapata[3].

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar, Ojuelos, Jalisco, México. [2]Universidad Nacional Autónoma de México, Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Mérida, Laboratorio de Geología, Ucú, Yucatán, México. [3]Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Ecología Tropical, Carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México.

RESUMEN

En este estudio se evaluó la colonización micorrízica y la biomasa de *Bouteloua gracilis* en tres sitios con diferente manejo en Ojuelos, Jalisco. Se midieron propiedades edáficas y se aplicaron análisis de correlación, modelos mixtos y análisis de componentes principales. La colonización micorrízica se asoció positivamente con la conductividad eléctrica y negativamente con la salinidad, mientras que la biomasa no fue explicada por las variables analizadas. El análisis de componentes principales mostró una diferenciación parcial entre sitios. Estos resultados sugieren que el uso del suelo afecta la simbiosis micorrízica y las condiciones edáficas, y respaldan su estudio como indicadores funcionales en pastizales.

Palabras clave: Pasto navajita, micorriza arbuscular, manejo de pastizales.

ABSTRACT

This study evaluated arbuscular mycorrhizal colonization and biomass of *Bouteloua gracilis* in three sites under different land-use types in Ojuelos, Jalisco. Soil properties were measured, and correlation analysis, mixed-effects models, and principal component analysis were applied. Mycorrhizal colonization was positively associated with electrical conductivity and negatively with salinity, whereas biomass was not explained by the analyzed variables. The principal component analysis showed partial differentiation among sites. These results suggest that land use influences mycorrhizal symbiosis and soil conditions, supporting their potential as functional indicators in grassland ecosystems.

Keywords: Blue grama, arbuscular mycorrhizae, grassland management.

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas vasculares y pueden mejorar la absorción de agua y nutrientes, particularmente fósforo. Su efecto es especialmente relevante bajo condiciones de baja fertilidad o estrés hídrico, como ocurre en muchos pastizales naturales (Jia *et al.*, 2020). Los pastizales en México representan el 6.1 % del territorio nacional y su relevancia ecológica y productiva justifica estudios sobre la funcionalidad de especies nativas en distintos manejos del suelo. Por lo tanto, en este trabajo se evaluó la colonización micorrízica y la biomasa aérea de *Bouteloua gracilis* y su relación con propiedades edáficas seleccionadas en tres sitios con diferente uso del suelo en el municipio de Ojuelos, Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en junio de 2024 en el municipio de Ojuelos, Jalisco, México (21°51'51"N, 101°35'36"O). El sitio presenta suelos tipo Cambisol con una cobertura predominante de pastos. Se seleccionaron tres áreas de muestreo con diferentes tipos de manejo: 1) Huerta de nopal (HU), donde *B. gracilis* coexiste con cultivos de nopal; 2) Pastoreo continuo (PA), utilizada regularmente para la alimentación del ganado; y 3) Área de exclusión o conservada (CN), con acceso restringido al ganado. En cada área se establecieron tres cuadrantes de 100 × 50 m, subdivididos en 20 subcuadrantes de 20 × 12.5 m. En cada subcuadrante se recolectaron cinco coronas de *B. gracilis* y 500 g de suelo rizosférico. En total se seleccionaron aleatoriamente 45 muestras tanto de *B. gracilis* como de suelo (15 por tipo de manejo). Las coronas de *B. gracilis* se pesaron y se separaron las raíces para la identificación de estructuras fúngicas y su conteo (McGonigle *et al.*, 1990). En el suelo se determinó el valor de pH, conductividad eléctrica (CE) y salinidad con un Medidor multiparamétrico Eutech™ PC 2700 Thermo Scientific. La materia orgánica (MO) se determinó por el método de pérdida de masa por incineración a una temperatura de 450 °C.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) y pruebas de comparación múltiple para identificar diferencias significativas entre sitios para las variables fisicoquímicas del suelo, biomasa y colonización micorrízica de *B. gracilis*. Para explorar asociaciones entre propiedades del suelo, biomasa y colonización micorrízica de *B. gracilis*, se realizó un análisis de correlación de Spearman. Además, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) para identificar patrones conjuntos de variación entre muestras y su asociación con los diferentes sitios. También se ajustaron modelos lineales mixtos (LMM) para evaluar los efectos del pH, CE, salinidad, MO y biomasa sobre la colonización micorrízica de *B. gracilis*, así como los efectos del suelo y la colonización sobre la biomasa. En ambos modelos se incorporó el sitio como efecto aleatorio. La normalidad y homocedasticidad de los residuos fueron verificadas mediante inspección visual. Los análisis se realizaron en R (v. 4.4.1) utilizando lmer() del paquete *lme4* para los modelos mixtos, cor.test() para correlaciones de Spearman y *FactoMineR* con *factoextra* para el PCA. Las transformaciones logarítmicas (biomasa

de *B. gracilis*) y raíz cuadrada de arcoseno (colonización micorrízica) se aplicaron cuando fue necesario para mejorar la distribución de los residuos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las propiedades fisicoquímicas del suelo (Cuadro 1) y las respuestas biológicas de *B. gracilis* mostraron diferencias entre sitios (Figura 1 a, b). En la huerta de nopal (HU) se presentaron mayores valores de CE, salinidad y MO, pero menor biomasa y colonización micorrízica comparado con el sitio conservado (CN). Como se esperaba, las correlaciones de Spearman indicaron una fuerte asociación entre CE y salinidad. Además, se encontraron correlaciones moderadas entre CE y salinidad con biomasa de *B. gracilis*, pero no con la colonización micorrízica (Cuadro 2). Estos resultados sugieren que, si bien los suelos más alterados pueden contener más sales y MO, estos factores no necesariamente se traducen en mayor productividad vegetal ni en una simbiosis micorrízica más activa. Por el contrario, el exceso de sales puede limitar la actividad fúngica o la eficiencia de la colonización, lo cual subraya la importancia de considerar no solo la cantidad sino la calidad y composición de los recursos edáficos bajo diferentes manejos del suelo.

Cuadro 1. Propiedades fisicoquímicas de tres suelos con diferente tipo de manejo en Ojuelos, Jalisco.

Sitio	pH	CE (µs/cm)	Salinidad (ppm)	MO (%)
CN	5.59ab	62.23b	33.34b	7.33b
HU	5.41b	96.52a	48.77a	9.99a
PA	6.04a	85.07ab	43.76ab	8.77ab

Letras diferentes indican diferencias significativas con α=0.05.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación de Spearman entre las propiedades fisicoquímicas del suelo, la biomasa y colonización micorízica (colmic) de *B. gracilis*.

	pH	CE	Salinidad	MO	Biomasa	colmic
pH	—	0.05	0.08	−0.13	−0.07	0.21
CE		—	0.99**	0.70**	0.36*	−0.14
Sal			—	0.69**	0.36*	−0.12
MO				—	0.18	−0.11
Biomasa					—	0.00
colmic						—

* $p < 0.05$; ** $p < 0.001$

El modelo mixto para biomasa no mostró efectos significativos de las variables del suelo ni de la colonización micorrízica ($p > 0.38$). La alta varianza entre sitios (var = 128.2) sugiere influencia de factores no medidos. En cambio, el modelo para colonización micorrízica mostró un efecto positivo de la CE (coef. = 0.814 ± 0.371; $p = 0.028$) y negativo de la salinidad (coef. = −1.836 ± 0.830; $p = 0.027$), con baja varianza entre sitios (var = 0.46). Los efectos opuestos de CE y salinidad sobre la colonización sugieren que esta simbiosis responde de forma diferenciada a la composición iónica

del suelo, siendo sensible tanto a la disponibilidad de nutrientes como al estrés salino. Esto refuerza su utilidad como indicador ecológico en pastizales bajo distintos manejos.

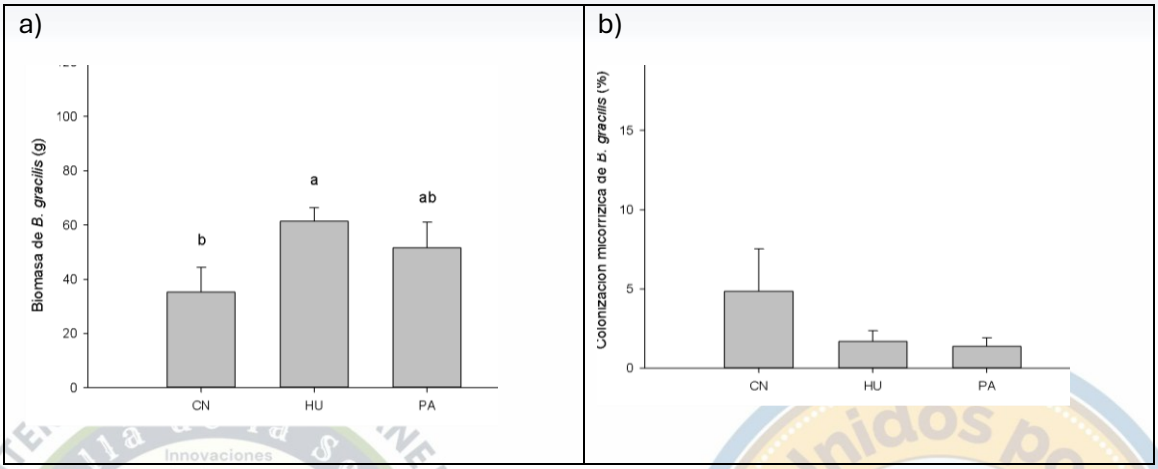


Figura 1. Biomasa (a) y colonización micorrízica (b) de *B. gracilis* en tres sitios con diferente uso de suelo en Ojuelos, Jalisco. Letras diferentes indican diferencias significativas con α=0.05.

El PCA explicó el 60.7 % de la varianza total en las dos primeras dimensiones mostrando una separación parcial entre sitios (Figura 2). Las variables CE, salinidad y MO contribuyen principalmente al PC1, mientras que pH, biomasa y colonización micorrízica aportaron más al PC2. Estos resultados indican que las propiedades edáficas, en particular la salinidad y la CE, estructuran de forma diferenciada los sitios de pastizal estudiados. La asociación de la colonización micorrízica con el PC2 sugiere que su variación no está directamente explicada por estos gradientes iónicos, sino que podría estar influenciada por otros factores no evaluados, como la disponibilidad de propágulos micorrízicos o la actividad microbiana (influenciada por el pH del suelo).

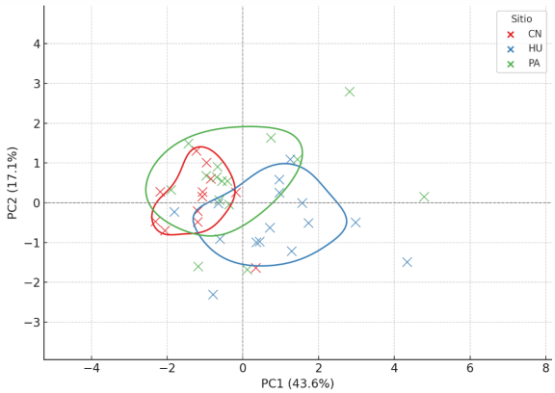


Figura 2. PCA de propiedades del suelo, biomasa y colonización micorrízica de *B. gracilis*. Los puntos representan muestras por sitio y las elipses, la concentración del 50 %.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio muestran que las propiedades del suelo influyen de manera diferenciada sobre la colonización micorrízica de *Bouteloua gracilis*. En particular, la CE se asoció positivamente con la colonización micorrízica, mientras que la salinidad mostró un efecto negativo, lo que sugiere que no solo la disponibilidad de nutrientes, sino también el estrés iónico, modulan esta simbiosis. La separación parcial entre sitios en el PCA indica que el uso del suelo afecta tanto las propiedades edáficas como las respuestas funcionales de *B. gracilis* y su simbiosis micorrízica. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la simbiosis micorrízica como un indicador sensible del manejo y calidad del suelo en sistemas de pastizales.

LITERATURA CITADA

Jia, Y., van der Heijden, M. G., Wagg, C., Feng, G., Walder, F. (2021). Symbiotic soil fungi enhance resistance and resilience of an experimental grassland to drought and nitrogen deposition. *Journal of Ecology*, *109*(9), 3171-3181.

McGonigle, T. P., Miller, M. H., Evans, D. G., Fairchild, G. L., Swan, J. A. (1990). A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular—arbuscular mycorrhizal fungi. *New phytologist*, *115*(3), 495-501.

RENDIMIENTO DE FORRAJE Y PERFIL NUTRICIONAL DE *Amelichloa clandestina* POSTERIOR A UN PASTOREO NO SELECTIVO

FORAGE YIELD AND NUTRITIONAL PROFILE OF *Amelichloa clandestina* AFTER NON-SELECTIVE GRAZING

Perpetuo Álvarez-Vázquez[1*], Fabián Hervert-Cruz[2], Josué I. García-López[1], José E. García-Martínez[1], Xóchitl Ruelas-Chacon[1], Joel Ventura-Ríos

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. [2]Estudiante de Maestría en Producción Agropecuaria UAAAN UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón Coah. México.
*Autor de correspondencia: perpetuo.alvarezv@uaaan.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue determinar el rendimiento de materia seca y valor nutricional de pasto picoso (*Amelichloa clandestina*) posterior a un pastoreo intensivo no selectivo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, y los datos se analizaron con el PROC GLM SAS ver. 9,0. La mayor acumulación de MS fue de marzo a abril. Así mismo, el valor nutricional como el contenido de proteína y extracto etéreo fueron datos favorables, pero el FDN, FDA y lignina lo vuelven al zacate picoso poco digestible. En conclusión, el pastoreo intensivo no selectivo y una correcta suplementación ayudará a un mejor manejo de *Amelichloa clandestina* en la ganadería.

Palabras clave: Pasto picoso, *Amelichloa clandestina,* Pastoreo intensivo-no selectivo (PINS).

ABSTRACT

The objective was to determine the dry matter yield and nutritional value of rat-tail grass (Amelichloa clandestina) after non-selective intensive grazing. A randomized block design with three replications was used, and the data were analyzed using PROC GLM SAS version 9.0. The highest accumulation of DM occurred from March to April. Likewise, the nutritional value such as protein content and ether extract were favorable data, but NDF, ADF, and lignin make rat-tail grass poorly digestible. In conclusion, non-selective intensive grazing and proper supplementation will contribute to better management of *Amelichloa clandestina in* livestock.

Keywords: Rat-tail grass, Amelichloa clandestina, Non-selective intensive grazing (PINS).

INTRODUCCIÓN

Amelichloa clandestina denominado zacate picoso es un tipo de zacate que tiene una gran capacidad para colonizar terrenos abandonados. Es por ello que, el pastoreo intensivo no selectivo, se presenta como una opción estratégica en la gestión de ecosistemas de pastizales dentro del sector ganadero (Bustamante-García, 2017). Así mismo, la evaluación de los pastizales permite conocer el aporte tanto alimentario

como nutricional, para así facilitar la gestión de agostaderos, además de facilitar la gestión de la suplementación del ganado según las necesidades que se presenten (Vásquez-Aguilar *et al.*, 2024). Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el perfil nutricional del zacate picoso posterior a un evento de pastoreo intensivo no selectivo tomando en cuenta los meses de máxima producción de materia seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el rancho "Los Ángeles", propiedad de la Universidad Autónoma Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Saltillo, Coahuila, México, entre las coordenadas 26º 06´ LN y 101º 06' LO, a una altitud de 2100 m. Cuenta con un clima semiárido con lluvias en verano y una leve precipitación invernal. El área de estudio fue un pastizal de aproximadamente 54.6 ha y un área experimental de 10 x 60 m (600 m^2) dividida en 3 repeticiones. El periodo experimental inició en la estación de invierno con la perturbación del pastizal mediante un pastoreo intensivo no selectivo, con una carga animal de 350 UA h^{-1}. Del enero 2023 hasta junio 2024, se hicieron evaluaciones durante 18 meses. Para la determinación de materia seca (MS), se llevó a cabo la recolección cuatro plantas de *A. clandestina* por repetición, ubicadas en 1 $m^{2,}$ las cuales se colocaron en bolsas de papel para su posterior deshidratado en una estufa de aire forzado, a una temperatura de 55 °C durante un tiempo de 72 horas y/o a peso constante. Una vez identificado los puntos máximos de MS se realizó una mezcla homogénea y molida para llevar a cabo los análisis del perfil nutricional. La determinación de los minerales, se llevaron a cabo mediante la incineración en la mufla, proteína mediante el método de Kjeldahl. La digestibilidad siguiendo la metodología sugerida por Tilley y Terry. El extracto etéreo se realizó utilizando un FatExtractor E-500 según la metodología sugerida por AOAC 7.055. La fibra cruda, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro y lignina, se llevó a cabo mediante las técnicas sugeridas por la metodología Ankom®. Para determinar el efecto del mes de rebrote, se realizó un análisis de varianza con el software JMP Pro y una comparación de medias con la prueba Tukey ($p<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2, se puede observar que los meses con mayor acumulación de MS fueron en marzo, abril y mayo 2024, que corresponden a los meses 16, 17 y 18 después de rebrote, los cuales fueron usados para realizar la mezcla y realizar el perfil nutricional. En el Cuadro 1, se muestran los componentes del perfil nutricional donde se encontró que un 92.8 % del zacate es MS por lo que el 7.2 % restante representa la humedad que contiene. En cenizas obtuvo una cantidad de 9.39 % lo cual representa la cantidad de minerales presentes en el zacate. Así mismo, se observa que la fibra detergente neutro es la de mayor predominancia en *A. clandestina*, lo cual se considera como un factor anti calidad, ya que, el ganado tiene un menor consumo voluntario de este. Es por ello que, la concentración alta de FDN (78.48 %) y FDA (55.75 %) afectan disminuyendo la digestibilidad, hasta un 38 % obtenido en este estudio considerándose baja. La fibra cruda con 34.25 % indica el porcentaje que es indigerible, sin embargo, la fibra puede

ser usada en el rumen para la creación de ácido acético el cual puede convertirse en grasa láctea. Por su parte, la lignina sugiere que un 41.43 % del material está lignificado lo cual ayuda al crecimiento y resistencia del pasto sin embargo esto baja el valor nutricional del pasto, así como la digestibilidad. Los niveles de proteína en el pasto son óptimos, ya que, un adecuado nivel de proteína en gramíneas puede ir desde el 7 %, sin embargo, el nivel de éste puede verse afectado por condiciones climáticas (Dios-León *et al.*, 2021) como la precipitación del lugar como los 26.7 mm mostrados en la Figura 1. Dentro del perfil nutricional el extracto etéreo fue el de mayor presencia estadísticamente ($p<0.05$), al ser de 2.8 %, lo cual representa parte de la energía aportada al ganado, este valor es similar a la media general de gramíneas la cual es de 3 % (Parsi *et al.*, 2001).

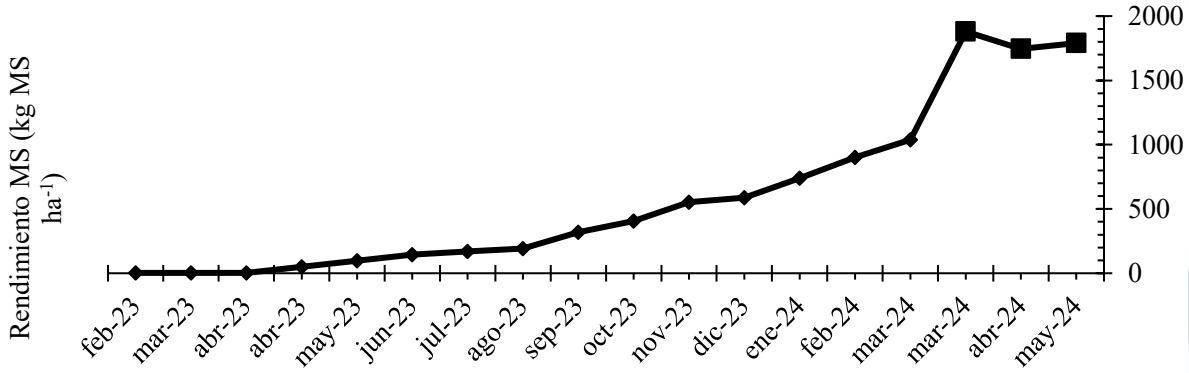


Figura 2. Rendimiento en materia seca de *Amelichloa clandestina* a diferentes meses después de rebrote.

Cuadro 1. Perfil nutricional en los tres meses después de rebrote (MDR) donde se encontró el mayor rendimiento de materia seca (RMS) de zacate picoso (*A. clandestina*) posterior a un apacentamiento con alta carga animal realizado en condiciones de invierno.

Análisis	Porcentaje	
Materia seca total	92.8	
Cenizas	9.39	e
Proteína	10.38	e
Extracto etéreo	2.83	f
Digestibilidad	38.35	cd
Fibra cruda	34.25	d
Fibra detergente neutro	78.48	a
Fibra detergente acido	55.75	b
Lignina	41.43	c

Comparación vertical de medias prueba tukey ($p<0.05$) donde análisis con la misma literal son estadísticamente iguales.

CONCLUSIONES

El perfil nutricional del pasto picoso (*Amelichloa clandestina*) arrojó algunos datos favorables, como lo fue el contenido de proteína y extracto etéreo, sin embargo, su alto contenido de FDN, FDA y lignina lo hacen un zacate poco digestible y con baja palatabilidad para el ganado. Es por ello que se recomienda el uso de un pastoreo

intensivo no selectivo y una correcta suplementación ayudará a que el ganado lo ingiera y aproveche.

LITERATURA CITADA

Bustamante-García, A. E. (2017). Implementación de un sistema de rotación de pasturas en la finca el Palmar [Corporación Universitaria Lasallista]. In *Facultad de ciencias Administrativas y Agropecuarias*. https://www.researchgate.net/publication/304825867

Dios-León, G. E. De, Bolaños-Aguilar, E. D., Guerrero-Peña, A., López-Collado, C. J., & Alonso-López, E. O.-J. A. (2021). Efecto de la época del año sobre el rendimiento de forraje y concentración de proteína del pasto taiwán. *Revista Fitotecnia Mexicana*, *44*(4A), 7476–7754. https://doi.org/https://doi.org/10.35196/rfm.2021.4-A.747

Parsi, J., Godio, L., Miazzo, R., Maffioli, R., Echeverría, A., & Provensal, P. (2001). *Valorización nutritiva de los alimentos y formulación de dietas*. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/16-valoracion_nutritiva_de_los_alimentos.pdf

Vásquez-Aguilar, N. C., Javier-Morales, L., Segura-Carmona, J. E., & Bernal-Barragán, H. (2024). Valor nutricional y energético de cuatro especies de pastos de agostaderos del noreste de México. *Revista Ciencia UANL*, *27*(125), 42–51. https://doi.org/https://doi.org/10.29105/cienciauanl27.125-6.

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO PANGOLA BAJO DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

DRY MATTER YIELD OF PANGOLA GRASS UNDER PLANTING DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION

Anadelia Antonio-Medina[1], Aurelio Morales-Rivera*[2], Rubén López-Salazar[3], Abigail Castro-González[1], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[4], Eusebio Ortega-Jiménez[5], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[6]

[1]Universidad Intercultural del estado de Puebla, División de Ciencias Naturales. Calle Principal a Lipuntahuaca s/n. Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla. C.P. 73475. [2]Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670.
[3]Postgrado Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, Periférico Raúl López Sánchez S/N, Valle Verde, Torreón, Coahuila, México. C.P. 27054. [4]Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. [5]Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz C.P. 91700. [6]Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277. *Autor por correspondencia: aumori236@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de materia seca del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud.) bajo tres densidades de siembra (1500, 2000 y 2500 plantas ha^{-1}) y cinco dosis de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}) durante tres épocas del año. El análisis mostró un efecto significativo de la fertilización y su interacción con la densidad ($p< 0.001$). En 1500 plantas ha^{-1}, el rendimiento aumentó progresivamente hasta 4509.2 kg MS ha^{-1} con 300 kg N ha^{-1}. En 2000 plantas ha^{-1}, el máximo fue con 100 kg N ha^{-1} (4016.7 kg MS ha^{-1}), disminuyendo con dosis mayores. En 2500 plantas ha^{-1}, la producción fue estable a partir de 100 kg N ha^{-1}. Estos resultados indican que densidades altas con fertilización moderada maximizan la producción y favorecen un manejo forrajero más eficiente.

Palabras clave: Pasto Pangola, densidad de siembra, materia seca

ABSTRACT

The dry matter yield of Pangola grass (*Digitaria eriantha* Steud.) was evaluated under three planting densities (1500, 2000, and 2500 plants ha^{-1}) and five nitrogen fertilization levels (0, 50, 100, 208, and 300 kg N ha^{-1}) across three seasons of the year. The analysis showed significant effects of fertilization and its interaction with planting density ($p< 0.001$). At 1500 plants ha^{-1}, yield increased progressively up to 4509.2 kg DM ha^{-1} with 300 kg N ha^{-1}. At 2000 plants ha^{-1}, the maximum yield was obtained with 100 kg N ha^{-1} (4016.7 kg DM ha^{-1}), decreasing at higher doses. At 2500 plants ha^{-1}, production remained stable from 100 kg N ha^{-1} onwards. These results suggest that high planting densities combined with moderate fertilization optimize forage yield and promote a more efficient production system.

Keywords: Pangola grass, planting density, dry matter yield

INTRODUCCIÓN

Los pastizales representan el 26 % de la superficie terrestre y son fundamentales para la ganadería tropical, al proporcionar alimento, conservar suelos, captar agua y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (Méndez-Cortés *et al.*, 2023). En los sistemas ganaderos tropicales, la disponibilidad de forraje y el manejo agronómico de las praderas son determinantes para mejorar la productividad (Antonio-Medina *et al.*, 2025). Entre las gramíneas de interés destaca el pasto pangola (*Digitaria eriantha* Steud.), una especie de amplia adaptación en suelos ácidos, propagación rápida por estolones y aptitud tanto para pastoreo como para la elaboración de pacas. Esta gramínea es reconocida por su capacidad de rebrote y tolerancia al corte frecuente, alcanzando rendimientos entre 12 y 29 t MS ha^{-1} en condiciones óptimas de manejo (Tikam *et al.*, 2013). Una alternativa para incrementar la producción forrajera es el ajuste de la densidad de siembra (DS), ya que esta práctica influye en el cierre del dosel, la cobertura del suelo y la competencia entre plantas por recursos como luz, agua y nutrientes (Boschma *et al.*, 2018). Por su parte, la fertilización nitrogenada es esencial para estimular procesos bioquímicos relacionados con el crecimiento y la fotosíntesis, promoviendo la acumulación de biomasa (Marques *et al.*, 2020). En gramíneas tropicales, las recomendaciones de fertilización varían entre 50 y 500 kg N ha^{-1} año^{-1}, dependiendo del sistema productivo y las características del suelo. Considerando las limitantes de los suelos ácidos y las variaciones climáticas, es necesario definir combinaciones óptimas de densidad de siembra y fertilización nitrogenada ajustadas a las épocas del año. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca del pasto Pangola bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada en condiciones tropicales de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en otoño de 2021 en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz (18°00'6.1" N; 95°24'1.7" O), a una altitud de 133 m. El clima es cálido subhúmedo (AW0), con temperatura media anual de 24.5 °C, precipitación de 1100 mm y suelo Cambisol dístrico, de textura arena migajosa y pH fuertemente ácido.

Metodología

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo de parcelas subdivididas. La parcela grande correspondió a la densidad de siembra (Den; 1500, 2000 y 2500 plantas ha^{-1}) de pasto pangola y la parcela chica fue la dosis de fertilización nitrogenada (Fer; 0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}) y como subparcela se consideró a la época del año (Ep; norte, sequía y lluvias). La variable evaluada fue el rendimiento de materia seca (RMS), determinada mediante secado en estufa a 60 °C hasta obtener peso constante. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento de modelos lineales generalizados (PROC GLM) de SAS versión 9.1 (SAS, 2003). Las

medias se compararon mediante la opción LSMEANS y la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Para este trabajo se consideró solo el efecto de la fertilización sobre la densidad de plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza del RMS, donde se observa efecto altamente significativo de la época ($p < 0.001$), indicando que la estacionalidad influye fuertemente en la producción de forraje. También se encontró efecto significativo de la fertilización ($p < 0.001$) y de las interacciones densidad × época y densidad × fertilización ($p < 0.001$). La densidad de siembra por sí sola no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual sugiere que su efecto depende de las combinaciones con otros factores.

Cuadro 1: Medias y significancias estadísticas del efecto de densidad de siembra (Den), y sus interacciones con dosis de fertilización (Fer) y época (Ep) sobre el rendimiento de materia seca (RMS, kg MS ha^{-1}) de pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud).

Variable	Media	Den	Ep	Den*Ep	Fer	Den*Fer	Fer*Ep	Den*Ep*Fer
rms	3842.7	ns	***	***	***	***	ns	ns

RMS= rendimiento de materia seca; ns= no significativo; *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

El Cuadro 2, muestra las medias de RMS (kg MS ha^{-1}), por densidad y dosis de fertilización. En 1500 plantas ha^{-1}, el rendimiento aumentó conforme se incrementó la fertilización, alcanzando el máximo con 208 y 300 kg N ha^{-1}. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre los niveles de 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}, lo cual sugiere un posible umbral de respuesta fisiológica o limitación en la eficiencia del uso del N a esa densidad. En 2000 plantas ha^{-1}, el RMS más alto se registró con 100 kg N ha^{-1}, pero hubo una ligera disminución con 208 kg N ha^{-1}, posiblemente atribuible a un desbalance en la relación nitrógeno: plantas disponibles o a una competencia intraespecífica no compensada por la fertilización, fenómeno reportado en gramíneas tropicales por Boschma *et al.* (2018). En contraste en una densidad de 2500 plantas ha^{-1}, los RMS fueron estables a partir de 100 kg N ha^{-1}, existió una menor sensibilidad a los incrementos de fertilización.

Cuadro 2. Efecto de la densidad de siembra y fertilización sobre el rendimiento de seca (RMS, kg MS ha^{-1}) de pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud).

Densidad (plantas, ha^{-1})	**Fertilización**					**EE**
	0	**50**	**100**	**208**	**300**	
1500	2863.4c	3324.8b	3820.8a	4494.7a	4509.2a	169.1
2000	3495.7b	3295.8b	4016.7a	3673.5b	3955.7a	169.1
2500	3765.8a	3635.5b	3918.7a	3958.3a	3939.9a	169.1

(*Letras distintas indican diferencias significativas, EE=Error estandar*)

Los valores de producción fueron altos y estadísticamente similares en todos los niveles de fertilización desde 0 hasta 300 kg N ha^{-1} (3635.5 a 3958.3 kg MS ha^{-1}), sin diferencia estadística con el máximo rendimiento alcanzado (4509.2 kg MS ha^{-1}) en baja densidad (1500 plantas ha^{-1}) con el máximo de fertilización (300 kg N ha^{-1}), lo que indica una mayor eficiencia del sistema en condiciones de alta densidad, posiblemente por una mejor cobertura del suelo, mayor interceptación lumínica y optimización del uso de recursos edáficos (Boschma *et al.*, 2018). Estos resultados

sugieren que, para maximizar el RMS del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) en condiciones agroclimáticas similares a este estudio, es posible optar por una estrategia basada en alta densidad de siembra con o sin fertilización, lo que podría representar una alternativa más sostenible al reducir el uso de insumos nitrogenados sin comprometer el rendimiento del pasto. Esta respuesta es congruente con lo reportado por autores como Antonio-Medina *et al.* (2025), quienes destacan la importancia de ajustar la densidad vegetal para mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno en sistemas forrajeros tropicales. Además, Boschma *et al.* (2018) y Marques *et al.* (2020) señalan que el aumento de la densidad puede modificar la competencia por luz y nutrientes, afectando la respuesta productiva al nitrógeno en gramíneas C4. Esto reafirma la importancia de considerar estrategias de manejo que combinen densidad óptima y fertilización ajustada a las condiciones locales. Asimismo, los resultados indican que, en sistemas de baja densidad (1500 plantas ha^{-1}), la respuesta a la fertilización con N es más marcada, aunque con un límite de eficiencia a partir de dosis superiores a 208 kg N ha^{-1}.

En el presente estudio, al incrementar las dosis de nitrógeno en la densidad de 1500 plantas ha^{-1}, el RMS aumentó de forma progresiva, alcanza los valores máximos con 208 y 300 kg N ha^{-1} (4494.7 y 4509.2 kg MS ha^{-1}, respectivamente). Este comportamiento es similar a Tikam *et al.* (2013), quienes describen una respuesta positiva a la fertilización, porque hay mayor acumulación de biomasa en época de lluvias, por mayor disponibilidad de humedad y nutrientes, con rendimientos entre 12 y 29 t MS ha^{-1}. No obstante, en la densidad más alta (2500 plantas ha^{-1}) se tiene un efecto de saturación a partir de 100 kg N ha^{-1}, el rendimiento se estabiliza sin diferencias significativas entre las dosis de 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}. Este resultado es consistente con lo señalado por Boschma *et al.* (2018), quienes indican que, a mayor densidad, aumenta la competencia intraespecífica y se reduce la eficiencia del uso del nitrógeno. Asimismo, la interacción significativa entre densidad y época climática refleja la dependencia de la productividad forrajera a las condiciones ambientales, esto concuerda con Méndez-Cortés *et al.* (2023), donde destacan que el clima es un factor determinante en los sistemas forrajeros tropicales. Esta interacción densidad × fertilización debe considerarse al momento de diseñar estrategias de manejo para el manejo sostenible de los sistemas de producción forrajera en zonas tropicales, donde la productividad debe equilibrarse con la eficiencia del uso de recursos y el impacto ambiental. Estos hallazgos reafirman la necesidad de un manejo agronómico integral que considere tanto la fertilización como la densidad de siembra en función de la estacionalidad.

CONCLUSIONES

En densidades bajas (1500 plantas ha^{-1}), el incremento en la fertilización nitrogenada mejoró significativamente el rendimiento, alcanzando el máximo con 300 kg N ha^{-1}. No obstante, a partir de 208 kg N ha^{-1} se observó un rendimiento marginal, indicando un posible límite en la eficiencia del uso del nitrógeno. En 2000 plantas ha^{-1}, el rendimiento más alto se registró con 100 kg N ha^{-1}, disminuyendo con dosis superiores. A densidades altas (2500 plantas ha^{-1}), la producción fue estable desde

100 kg N ha^{-1}, sin respuesta adicional a mayores dosis, lo que sugiere un manejo más eficiente y sostenible del sistema forrajero tropical. Estos resultados permiten recomendar el uso de densidades altas con fertilización moderada como estrategia para reducir costos e impactos ambientales sin comprometer la producción de biomasa.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

Antonio-Medina, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Herrera-Haro, J. G., Torres-Hernández, G., & Morales-Rivera, A. (2025). Fertilización nitrogenada en pasto pangola (Digitaria eriantha S.) bajo densidades diferentes de siembra. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 12(1), e4120, 1–13. https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4120

Boschma, S. P., Lodge, G. M., & Harden, S. (2018). Effect of sowing rate and defoliation management on the persistence and productivity of Digitaria eriantha cv. Premier in northern New South Wales. The Rangeland Journal, 40(1), 13–22. https://doi.org/10.1071/RJ17062

Marques, R. D. A., Figueiredo, U. J. D. A., & Rocha, W. S. D. (2020). Effect of nitrogen doses and cutting ages on forage yield and quality of tropical grasses. Revista Brasileira de Zootecnia, 49, e20190198. https://doi.org/10.37496/rbz4920190198

Méndez-Cortés, J. L., Sánchez-Santillán, P., & Ramírez-Ortiz, J. J. (2023). Producción de carne y sistemas forrajeros en el trópico mexicano. Agroproductividad, 16(2), 45–54.

Tikam, R., Patidar, B. R., & Kumawat, R. N. (2013). Pangola grass (Digitaria eriantha Steud): A review. Forage Research, 39(1), 1–7.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE *Brosimum alicastrum* Sw. EN NAYARIT PARA SU INTEGRACIÓN EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

POTENTIAL DISTRIBUTION OF *Brosimum alicastrum* Sw. IN NAYARIT FOR ITS INTEGRATION INTO SILVOPASTORAL SYSTEMS

Abieser Vázquez-González [1, 4*], Juan Ignacio Valdez-Hernández[2], Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Raquel Roque-Ruvalcaba[4], Imelda Vázquez-González [3]

Colegio de Postgraduados *campus* Montecillo.[1]Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. [2]Posgrado en Ciencias Forestales, [3]Posgrado en Hidrociencias. Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56264, Estado de México. México. [4]Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícola y Pecuaria (INIFAP), Campo Experimental Santiago Ixcuintla. Carretera Internacional México - Nogales Kilómetro 6, Santiago Ixcuintla 63300, Nayarit, México.
*Autor de Correspondencia: vazquez.abieser@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó la distribución potencial de *Brosimum alicastrum* Sw. en Nayarit, México, para su integración en sistemas silvopastoriles. Se registraron 254 individuos en 19 microcuencas de ocho municipios, con datos geoespaciales y dendrométricos. Las condiciones climáticas se caracterizaron mediante climogramas de Walter-Lieth y el coeficiente P/T en diez estaciones. Se aplicaron análisis de correlación de Pearson y regresiones lineales simples en RStudio. La altura total del árbol mostró correlación positiva con el diámetro normal ($r = 0.65$, $p < 0.001$) y con el diámetro de copa ($r = 0.61$, $p < 0.001$). Asimismo, el diámetro de copa se asoció con el diámetro normal ($r = 0.73$, $p < 0.001$), y la altura presentó relaciones significativas con temperatura, precipitación, altitud y latitud. La distribución potencial se estimó con el modelo MaxEnt, usando registros de presencia y 19 variables bioclimáticas. El modelo mostró alta precisión (AUC = 0.999), identificando zonas óptimas en la franja costera. Las variables más influyentes fueron la precipitación del trimestre más cálido (*bio_18*), la temperatura diurna media (*bio_15*) y la precipitación del mes más húmedo (*bio_14*). Estos resultados refuerzan la utilidad del modelo para orientar su integración en sistemas silvopastoriles en zonas cálido-húmedas y de baja altitud.

Palabras clave: MaxEnt, climograma, árbol multipropósito, regresión

ABSTRACT

The potential distribution of *Brosimum alicastrum* Sw. in Nayarit, Mexico, was evaluated for its integration into silvopastoral systems. A total of 254 individuals were recorded in 19 micro-basins in eight municipalities, with geospatial and dendrometric data. Climatic conditions were characterized using Walter-Lieth climograms and the P/T coefficient at ten stations. Pearson correlation analyses and simple linear regressions were applied in RStudio. Total tree height showed a positive correlation with normal diameter ($r = 0.65$, $p < 0.001$) and crown diameter ($r = 0.61$, $p < 0.001$). Similarly, crown diameter was associated with normal diameter ($r = 0.73$, $p < 0.001$), and height

showed significant relationships with temperature, precipitation, altitude, and latitude. Potential distribution was estimated using the MaxEnt model, using presence records and 19 bioclimatic variables. The model showed high accuracy (AUC = 0.999), identifying optimal areas in the coastal strip. The most influential variables were precipitation in the warmest quarter (bio_18), mean daytime temperature (bio_15), and precipitation in the wettest month (bio_14). These results reinforce the usefulness of the model for guiding its integration into silvopastoral systems in warm, humid, low-altitude areas.

Keywords: MaxEnt, climogram, multipurpose tree, regression

INTRODUCCIÓN

Brosimum alicastrum Sw. (ramón) es una especie arbórea nativa de Mesoamérica con alto potencial para sistemas silvopastoriles, gracias a su valor forrajero, capacidad de secuestro de carbono y adaptabilidad ecológica (Santillán-Fernández *et al.*, 2021). En México, su distribución se concentra en zonas tropicales del Golfo y del Pacífico, especialmente en selvas medianas subperennifolias con suelos profundos y buena disponibilidad de humedad (Vega-López *et al.*, 2003). Sin embargo, su presencia en Nayarit ha sido poco documentada, a pesar de que el estado presenta una marcada diversidad climática y edáfica. El gradiente altitudinal de Nayarit da lugar a climas cálidos húmedos, subhúmedos y secos, lo que representa una oportunidad para incorporar especies multipropósito como el ramón en esquemas de uso del suelo sostenibles. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la distribución potencial de *Brosimum alicastrum* en Nayarit, integrando el análisis climático de estaciones representativas (diagramas ombrotérmicos y coeficiente P/T), correlaciones entre variables geoespaciales y dendrométricas, y el modelo MaxEnt (Máxima Entropía), basado en registros de presencia y variables bioclimáticas, con el fin de identificar las zonas más aptas para su desarrollo y aprovechamiento silvopastoril.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el estado de Nayarit, México (20°36'–23°05' N; 104°36'–105°46' O), caracterizado por una topografía variable y climas que van desde cálido subhúmedo hasta templado húmedo, según la clasificación de Köppen modificado por García (2004). Se identificaron 19 microcuencas en 8 municipios con presencia de *Brosimum alicastrum* Sw., registrando 254 individuos con información geográfica y dendrométrica, a partir del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (CONAFOR, 2014). Para caracterizar las condiciones climáticas, se analizaron diez estaciones meteorológicas (Sistema Meteorológico Nacional, 2025) mediante diagramas ombrotérmicos de Walter-Lieth (Walter y Breckle, 1985) y el coeficiente P/T (precipitación/temperatura media anual) (García, 2004). Se evaluaron correlaciones entre variables geoespaciales (latitud (L), altitud (E) y estructurales del árbol diámetro normal (DN), altura total (AT), diámetro de copa (DC), mediante análisis de Pearson y

modelos de regresión lineal, utilizando el software R (versión 4.3.2). La distribución potencial de la especie se estimó mediante el modelo MaxEnt (Phillips *et al.*, 2017), basado en la teoría de máxima entropía, usando registros de presencia y 19 variables bioclimáticas. Esta modelación se reforzó con la información climática y ecológica para identificar áreas aptas para su integración en sistemas silvopastoriles.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se registraron 254 individuos de *Brosimum alicastrum* en 19 microcuencas distribuidas en ocho municipios de Nayarit, en altitudes de 4 a 758 m s.n.m. Las estaciones climáticas analizadas mostraron una clasificación predominante de clima cálido-subhúmedo (Aw_1 y Aw_2), con temperaturas medias anuales superiores a 24 °C y precipitaciones entre 1,200 y 1,650 mm.

Los análisis climáticos de diez estaciones meteorológicas representativas revelaron tres zonas diferenciadas con base en los diagramas de Walter-Lieth (Figura 1):

1. Zona de relativa sequía: Representada con puntos rojos, se extiende de noviembre a mayo, cuando la precipitación mensual se encuentra por debajo de la curva de temperatura.
2. Zona de humedad: Representada con líneas azules, se observa de junio a octubre, con lluvias entre 60 y 100 mm.
3. Zona de hiperhumedad: Representada con sombreado azul sólido, ocurre de julio a septiembre, con lluvias por encima de los 100 mm mensuales.

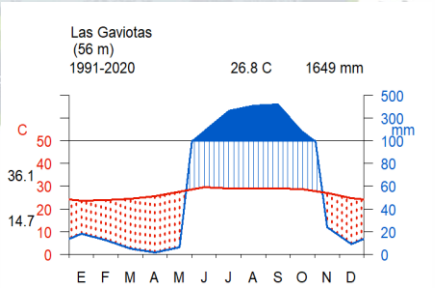


Figura 1. Climograma de la estación Las Gaviotas, Nayarit (1991–2020) Zona con más presencia de *Brosimun alicastrum*. Temperatura Media (°C)

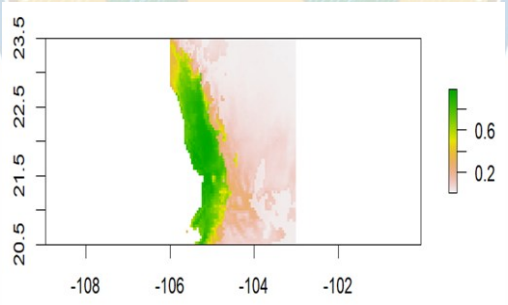


Figura 2. Distribución potencial de *Brosimum alicastrum* en el estado de Nayarit, estimada mediante el modelo MaxEnt.

Aunque los climogramas mostraron patrones similares, el coeficiente P/T permitió distinguir tres tipos climáticos (Aw_0, Aw_1 y Aw_2) (Cuadro 1), siendo Aw_2 (el más húmedo de los subhúmedos) el más frecuente en localidades con alta densidad de individuos.

Cuadro 1. Coeficiente P/T por estación y Fórmula climática de las estaciones en zonas con presencia de *Brosimun alicastrum*

Estación	Precipitación	Temperatura	Coeficiente P/ T	Símbolo
Mexcaltitan	1150	27.5	41.81818182	Aw_0
Rosamorada	1262	26.2	48.16793893	Aw_1
Las Gaviotas	1649	26.8	61.52985075	Aw_2

El análisis de regresión mostró asociaciones significativas entre variables ambientales y dendrométricas. La altura total del árbol presentó una correlación positiva con el diámetro normal y el diámetro de copa, mientras que este último también se asoció significativamente con el diámetro normal y con la temperatura media anual. Se observaron relaciones estadísticamente significativas entre la altura y variables geoespaciales como latitud y altitud, así como una asociación positiva con la precipitación anual. Estos resultados sugieren que, si bien los factores morfológicos están fuertemente relacionados entre sí, las variables ambientales también influyen en el crecimiento estructural de *Brosimum alicastrum* (Cuadro 2).

El modelo MaxEnt presentó una alta precisión predictiva (AUC = 0.999), identificando zonas de alta idoneidad ecológica en la franja costera occidental de Nayarit, particularmente en Bahía de Banderas, Compostela y Santiago Ixcuintla. Las variables más influyentes fueron la precipitación del trimestre más cálido (bio_18), la temperatura diurna media (bio_15) y la precipitación del mes más húmedo (bio_14), lo que sugiere una fuerte sensibilidad de la especie a la disponibilidad hídrica estacional (Figura 2). Estos resultados refuerzan la utilidad del modelo para orientar su integración en sistemas silvopastoriles en zonas cálido-húmedas y de baja altitud.

Cuadro 2. Resultados del análisis de regresión entre variables dendrométricas, climáticas y geoespaciales en *Brosimum alicastrum*.

	Variables	Ecuación de Regresión	Correlación	Significancia
1	ATvsDN	Altura Total= 6.9307+0.2433×Diametro Normal	0.6472202	2.20E-16***
2	ATvsDC	Altura Total= 5.3565+1.4448×Diametro de Copa	0.6124094	2.00E-16**
3	DCvsDN	Diámetro de Copa= 2.4897+0.1173·Diametro Normal	0.736154	2.20E-16**
4	ATvsL	Altura Total= 73.0764 -2.8220 x Latitud	-0.1818132	0.003995**
5	ATvsE	Altura Total= 14.990924-0.004627xElevacion	-0.1413849	0.02568*
6	DCvsT	Diámetro de Copa= -47.368+1.9866 xTemperatura	0.1839218	0.003585**
7	ATvsP	Altura Total= 5.152371+0.005275xPrecipitacion	0.1751012	0.005596**

***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

CONCLUSIONES

Brosimum alicastrum se distribuye preferentemente en zonas cálido-subhúmedas de Nayarit, bajo climas Aw_1 y Aw_2, en altitudes menores a 800 m s.n.m., con temperaturas >24 °C y precipitaciones entre 1,200 y 1,650 mm. El modelo MaxEnt confirmó una franja costera de alta idoneidad ecológica, destacando la influencia de variables asociadas al estrés hídrico estacional. La combinación de análisis climáticos, geoespaciales y de modelación ecológica proporciona una base sólida para planificar su integración en sistemas silvopastoriles con fines forrajeros, de conservación y restauración.

LITERATURA CITADA

CONAFOR. (2014). Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009–2014. Comisión Nacional Forestal. https://snmf.cnf.gob.mx/principalesindicadoresforestalesciclo-2009-2014/

García, E. (2004). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (5ª ed., p. 97). Instituto de Geografía, UNAM. https://librosoa.unam.mx/handle/123456789/1372

Phillips, S. J., Dudík, M., & Schapire, R. E. (2017). MaxEnt software for modeling species niches and distributions (Version 3.4.1) [Software]. American Museum of Natural History. http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/

Santillán-Fernández, A., Calva-Castillo, A., Vásquez-Bautista, N., Huicab-Pech, Z. G., Larqué-Saavedra, A., & Bautista-Ortega, J. (2021). Balance hidro-climático de Brosimum alicastrum Sw. y su variabilidad ante escenarios de cambio climático en la Península de Yucatán, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 44(1), 41–49. https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.41

Sistema Meteorológico Nacional. (2025). Base de datos climatológicos de México. https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/normales-climatologicas-por-estado

Vega López, A., Valdez Hernández, J. I., & Cetina Alcalá, V. M. (2003). Zonas ecológicas de Brosimum alicastrum Sw. en la costa del Pacífico mexicano. Madera y Bosques, 9(1), 27–53. https://doi.org/10.21829/myb.2003.911287

Walter, H., & Breckle, S. W. (1985). Ecological systems of the geobiosphere: 1. Ecological principles in global perspective. Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-02437-9

EFICACIA DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE PGF2α EN UN PROTOCOLO COSYNCH DE 5 DÍAS EN VACAS CHAROLAIS CON CRÍA AL PIE

EFFICACY OF FRACTIONATED PGF2α APPLICATION IN A 5-DAY COSYNCH PROTOCOL IN CHAROLAIS COWS WITH CALF AT FOOT

Pedro Velázquez Gómez[1], Joel Ventura Ríos[2], Alejandro Espinoza Canales[1]*, Luis Cuauhtémoc Muñoz Salas[1], José Manuel Silva Ramos[1], Héctor Gutiérrez Bañuelos[1], Daniel García Cervantes[1]

[1]Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas", Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Enrique Estrada, Zacatecas, México. [2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo, Coahuila, México. *Autor para correspondencia: alejandroespinoza@uaz.edu.mx

RESUMEN

La eficiencia reproductiva en vacas de carne es clave para la rentabilidad. Este estudio evaluó la eficacia de la aplicación fraccionada de PGF2α en un protocolo Cosynch de 5 días en vacas Charolais con cría al pie. Se compararon dosis única y fraccionada. La IATF se realizó 48 h tras retirar el dispositivo y el diagnóstico de gestación a los 45 días. Se observó 80.0 % de preñez en la dosis única y 88.9 % en la fraccionada. Aunque sin significancia estadística, la fraccionada mostró tendencia favorable.

Palabras clave: sincronización, prostaglandina, ganado Charolais.

ABSTRACT

Reproductive efficiency in beef cows is key to profitability. This study evaluated the efficacy of fractionated PGF2α application in a 5-day Cosynch protocol in Charolais cows with calf at foot. Single vs fractionated doses were compared. Timed AI was performed 48 h after device removal; pregnancy diagnosis was done 45 days later. Pregnancy rates were 80.0 % for the single dose and 88.9 % for the fractionated dose. Although not statistically significant, the fractionated protocol showed a favorable trend.

Keywords: synchronization, prostaglandin, Charolais cattle.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia reproductiva es fundamental en bovinos de carne para garantizar la rentabilidad y productividad del sistema. Protocolos de sincronización como el Cosynch de 5 días combinan progesterona, PGF2α y GnRH para sincronizar la ovulación y facilitar la inseminación a tiempo fijo (IATF). Sin embargo, la lactancia en vacas con cría al pie puede inhibir la actividad ovárica, disminuyendo la respuesta a la prostaglandina (Diskin y Kenny, 2016). Estudios recientes indican que la administración fraccionada de PGF2α mejora la luteólisis en estos casos, potencialmente aumentando la tasa de preñez (Nascimento-Penitente *et al.*, 2023). Este estudio tuvo como objetivo evaluar la eficacia de la aplicación fraccionada de PGF2α en un protocolo Cosynch de 5 días en vacas Charolais con cría al pie.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho experimental "Los Ángeles" de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. Se utilizaron 19 vacas Charolais multíparas de 2 a 6 años, con peso promedio de 676 ± 88 kg. Las vacas se asignaron aleatoriamente a dos tratamientos: (1) dosis única de 1000 µg de PGF2α (dinoprost) al retiro del dispositivo intravaginal y (2) dosis fraccionada de 500 µg al retiro y 500 µg 12 horas después. A las 48 horas de retirar el dispositivo se aplicó GnRH y se realizó la IATF. El diagnóstico de preñez se efectuó 45 días después mediante ultrasonido. Se realizó análisis estadístico con prueba de normalidad Shapiro-Wilk y comparación de proporciones mediante prueba exacta de Fisher; se consideró significativo $p<0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 1. Tasas de preñez según tratamiento aplicado en vacas Charolais con cría al pie.

Tratamiento	n	Vacas preñadas	Tasa de preñez (%)
1 (dosis única)	10	8	80.0
2 (fraccionada)	9	8	88.9

No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p>0.05$), sin embargo, el grupo con dosis fraccionada mostró una tasa de preñez 8.9 % mayor que el de dosis única. Esto concuerda con lo reportado por Nascimento-Penitente *et al.* (2023), quienes documentaron que la administración fraccionada de PGF2α mejora la luteólisis y respuesta reproductiva en vacas lactantes. La lactancia puede suprimir el eje reproductivo y dificultar la regresión del cuerpo lúteo con dosis estándar, por lo que fraccionar la dosis podría optimizar el efecto luteolítico. Aunque

el tamaño de muestra fue limitado, estos resultados sugieren que la fracción es una alternativa prometedora para mejorar la eficiencia reproductiva en vacas Charolais con cría al pie.

CONCLUSIONES

La aplicación fraccionada de PGF2α en un protocolo Cosynch de 5 días mostró una mayor tasa de preñez que la dosis única en vacas Charolais con cría al pie, aunque sin diferencia estadística significativa. Se recomienda considerar esta estrategia en programas de sincronización para vacas lactantes y realizar estudios con mayor tamaño muestral para confirmar estos hallazgos.

LITERATURA CITADA

Diskin, M. G., & Kenny, D. A. (2016). Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal Reproduction*, 13(3), 181–190.

Nascimento-Penitente, A. S., *et al.* (2023). Effects of the double dose of PGF2α on the pregnancy rate of beef cows submitted to a 5-day Cosynch protocol. *Animal Reproduction Science*, 252, 107137.

Colazo, M. G., & Mapletoft, R. J. (2022). A review of current timed-AI (TAI) protocols used in dairy and beef cattle in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 102(3), 405–418.

Stevenson, J. S., *et al.* (2008). Resynchronization of estrus in beef cattle using estrogen, GnRH, and PGF2α. *Journal of Animal Science*, 86(6), 1529–1539.

RESULTADOS PRELIMINARES EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE METANO DE BOVINOS CRIOLLOS EN AGOSTADERO

PRELIMINARY RESULTS IN THE ESTIMATION OF METHANE EMISSIONS FROM CRIOLLO CATTLE IN RANGELAND

Bernardino Espinoza-Velasco[1*], Elizabeth Pérez-Ruiz [1*], Edgar Valencia Franco[2], Sergio Román-Ponce[1], Marco Aurelio Aragón Magadan[3], Agustín Corral-Luna[4], J. Carlos López-Ojeda[5].

[1]C.E. La Campana, INIFAP, [2]Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, BUAP, [3]CNRG, INIFAP. [4]Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. [5]Ganadería-Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos. *Autor para correspondencia: espinoza.bernardino@inifap.gob.mx

RESUMEN

Con el objetivo de conocer las emisiones de metano entérico (EME) de bovinos en un pastizal en el estado de Chihuahua, a 9 vacas criollas Rarámuri se les monitorea las EME mediante la técnica de trazado con Hexafluoruro de Azufre, en dos épocas del año (secas y lluvias). Las variables evaluadas fueron peso vivo (PV), EME, emisiones de metano por kg de peso vivo (EMPV) y emisiones por kg de MS consumida (EMMS). Se usó un modelo completamente al azar, donde los tratamientos fueron la época del año y se hizo una comparación de medias. La presencia de lluvia aumentó ($P<0.05$) el PV y la EME, pero no en EMPV y EMMS. La época del año modifica las emisiones de metano entérico en los bovinos en condiciones de pastizales.

Palabras clave: emisiones de metano, bovinos criollos, agostadero

ABSTRACT

In order to understand the enteric methane emissions (EME) of cattle in rangeland in the state of Chihuahua, 9 Rarámuri native cows were monitored for EME using the sulfur hexafluoride tracing technique, in two seasons (dry and rainy). The variables evaluated were live weight (LW), EME, methane emissions per kg of live weight (EMPV) and emissions per kg of DM consumed (EMMS). A completely random model was used, where the treatments were the season of year and a comparison of means was made. The presence of rain increased ($P<0.05$) PV and EME, but not EMPV and EMMS. Season of year modified enteric methane emissions in cattle under grassland conditions.

Keywords: methane emissions, criollo cattle, rangeland

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina se realiza en casi todo el territorio nacional, en diferentes condiciones climáticas y con sistemas de producción adaptados a cada región (Rubio *et al.*, 2016). Por su parte, el sistema vaca–cría es el más utilizado en la zona norte del país, y en el estado de Chihuahua, esta actividad ha sido por muchos años uno de los principales generadores de divisas, se desarrolla de forma extensiva en alrededor de

18 millones de hectáreas, principalmente con razas europeas especializadas (*Bos taurus taurus*) (Rubio *et al.*, 2013). Su crecimiento, contribuye con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente el metano (CH_4). Por lo que conocer las emisiones entéricas de CH_4 en condiciones de agostadero permitirá implementar estrategias de mitigación de las emisiones de GEI y reducir los efectos adversos de la ganadería en los recursos naturales. Por otra parte, el ganado criollo o sus cruzamientos con ganado de razas especializadas está poco difundida y no ha captado la atención de los ganaderos; mismo que puede contribuir a la producción eficiente y sustentable al poseer rasgos valiosos tales como la resistencia a enfermedades y la adaptación a condiciones ambientales adversas. En Chihuahua, el ganado Criollo Rarámuri es un componente clave en la implementación de prácticas ganaderas sustentables (Márquez-Godoy *et al.,* 2024), y como primer paso en su incorporación a la producción ganadera es mediante la caracterización de su respuesta adaptativa, productiva y emisiones de CH_4. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue monitorear las emisiones de CH_4 de bovinos criollo Rarámuri bajo condiciones de agostadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de junio a noviembre de 2024 en el Rancho Experimental "La Campana", ubicado en el km 80 de la carretera Chihuahua-Ciudad Juárez. Se trabajó con 9 vacas Criollo Rarámuri, de 4 – 6 años de edad, con 337 kg de peso promedio. Los animales se ubicaron en un potrero de 50 ha de pastizal amacollado abierto de Bouteloua-Aristida, asociado con encinos e invadido por zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) y gatuño (*Mimosa biuncifera*). Se llevaron a cabo 4 muestreos (M1 a M4) en periodos de 72 horas cada una, correspondientes a las épocas de secas a finales de junio y finales de noviembre; el periodo de lluvias correspondió a mediados de agosto y principios de octubre.

La estimación de las emisiones de CH_4 se hizo mediante la técnica de SF_6 con modificaciones (Gere y Gratton, 2010), el cual consta de una cápsula intraruminal de liberación controlada de SF_6, dos muestreadores de aliento (RI) y tubos colectores. Previo a los muestreos, se llevó a cabo el llenado y calibración de las cápsulas intraruminales de acuerdo a López-Ojeda *et al*. (2023); la tasa de liberación (mg día^{-1}) de SF_6 se obtuvo graficando la pérdida de peso de las cápsulas (pérdida *vs* tiempo) y se llevó a cabo una regresión lineal, las cápsulas que con un coeficiente de determinación (r^2) igual o mayor a 0.98 se usaron para la llevar a cabo el ensayo. El RI que se usó es el conocido como regulador de ingreso tipo bolita prensada (Gere y Gratton, 2010) y se calibraron con un flujómetro digital (AALBORG DPM07) a un flujo de 0.116 mL min^{-1}, para periodos de muestreo de 72 h. Las muestras de aliento obtenidas fueron analizadas con un cromatógrafo de gases (Shimatzu Modelo GC-2014 Greenhouse gas Analyzer), los datos reportados fueron en partes por millón para CH_4 y partes por trillón para SF_6. Las emisiones individuales de CH_4 se calcularon mediante la ecuación:

$$CH_4\,(g/d) = TLSF_6 * \frac{\left(CH_4 - BG_{CH_4}\right)}{\left(SF_6 - BG_{SF_6}\right)}$$

Donde: CH_4(g/d) es la emisión de CH_4 en g d^{-1}; $TLSF_6$ es la tasa de liberación (mg $día^{-1}$) de la cápsula; ($CH_4 - BG_{CH4}$) es la diferencia entre la concentración de CH_4 obtenido de la vaca menos la concentración de CH_4 ambiental; ($SF_6 - BG_{SF6}$) es la diferencia entre la concentración de SF_6 obtenido de la vaca menos la concentración de SF_6 ambiental. 14 días previo al inicio del experimento a cada vaca se les colocó en el rumen una cápsula de SF_6 con la ayuda de un tirabolos. El CMS se estimó tomando en cuenta el 3.5% del PV de los bovinos, las emisiones por kg de MS consumida se calculó dividiendo el CMS entre las emisiones diarias de CH_4 y las emisiones por kg de PV se calculó dividiendo el peso corporal entre las emisiones diarias de CH_4. Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (versión 2002). Para la tasa de liberación de SF_6, se realizó una regresión lineal con los datos de pérdida de peso durante la calibración para obtener la r^2 y la pendiente de la curva (equivalente a la tasa de liberación de SF_6) con el procedimiento PROC REG. El efecto de la época del año (lluvias y secas) sobre las variables de peso vivo, emisiones de metano por día, emisiones por kg de PV, emisiones por kg de MS y consumo de materia seca se analizaron bajo un diseño completamente al azar, donde el tratamiento fue la época del año (periodo de lluvias y periodo de secas) con el procedimiento GLM de SAS (Versión 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de análisis de los efectos de la época de muestreo (lluvias y secas) en las variables de peso vivo (PV), emisiones individuales de metano (EME), emisiones de metano por Kg de PV (EMPV), consumo de materia seca estimada (CMSe) y emisiones de CH_4 por kg de MS (EMMS).

Cuadro 4. Emisiones de CH_4 de bovinos criollos en dos épocas del año bajo condiciones de agostadero

Variables evaluadas	Periodo de muestreo					
	M1	M2	M3	M4	signif	EEM
PV	302^{c}	316.56^{bc}	366.44^{a}	363.11^{ab}	0.0015	7.755
EME	116.29^{b}	187.06^{ab}	230.22^{a}	172.22^{ab}	0.0382	14.248
EMPV	2.9	1.95	1.96	2.51	0.1881	0.183
CMS	10.57^{c}	11.08^{bc}	12.83^{a}	12.71^{ab}	0.0015	0.271
EMMS	11.66	17.01	18.41	14.44	0.2911	1.32

Los periodos de muestreo corresponden a M1: secas (junio); M2: lluvias (agosto); M3: lluvias (octubre) y M4: secas (noviembre). PV: peso vivo en kg. EME: Emisiones entéricas de CH_4 en gramos $día^{-1}$. CMS: consumo de MS en kg. EMMS: emisiones de CH_4 por kg de MS consumida. ^{abc}Medias con diferente literal dentro de la misma hilera son diferentes ($P<0.05$).

Se observa un cambio marcado ($P < 0.001$) en el peso corporal de las vacas en función de la presencia de lluvias, el peso promedio más bajo reportado fue 302 kg en el primer muestreo que corresponde a la época de secas, los animales fueron incrementando su PV conforme se fueron estableciendo las lluvias, alcanzando un peso máximo (366.44 kg) en el tercer muestreo, y con el inicio de la sequía el PV empezó a disminuir (363.11 kg).

Las variables reportadas están fuertemente ligadas a la época del año (disponibilidad de agua), ya que, con la presencia de lluvias, el forraje disponible en los pastizales incrementa y con ello la calidad de los nutrientes, dando como resultados un mayor alimento disponible para los animales y por tanto, un incremento en el PV.

Las emisiones de CH_4 cambiaron ($P < 0.05$) con la disponibilidad de lluvias. Las emisiones más altas se observaron en el tercer muestreo (230.22 g de CH_4 animal día^{-1}) y el más bajo en el primero (116.29 g de CH_4 animal día^{-1}). Los incrementos en las emisiones cambiaron conjuntamente con el cambio de PV de los animales. En lo que respecta a las emisiones de CH_4 por Kg de PV, no hubo diferencias ($P>0.05$). Esto quiere decir que, a pesar de la recuperación del PV de los animales, conforme fueron ganando peso las emisiones netas por Kg de PV fueron constantes, a pesar del probable incremento de la cantidad y calidad del forraje consumido (datos bromatológicos no reportados).

Es evidente el cambio ($P < 0.001$) en el CMS, debido a la presencia de lluvias, ya que esto favoreció el rebrote de forraje disponible para el consumo de los bovinos. Las emisiones de CH_4 por kg de MS consumida no cambiaron ($P > 0.05$) con la época del año. Este comportamiento es similar con la variable de emisiones por kg de PV, en donde los cambios en las emisiones no son perceptibles a nivel individual.

Las emisiones de CH_4 reportados aquí oscilaron entre 116.29 y 230.22, inferiores a los 320 g d^{-1} reportados por Pinares-Patiño *et al.* (2008) con bovinos con pesos promedio superior a los 400 kg. Pero coinciden con los rangos de 102.1 a 114.2 gd^{-1} de CH_4 reportados también por Piñares-Patiño *et al.*, (2012) con vacas Friesian × Jersey con pesos promedio 524 kg. En este sentido, las vacas usadas en este trabajo tenían peso promedio de 337 kg, para el peso que tenían estos bovinos en el periodo experimental, las emisiones pudieran parecer elevadas, sin embargo, las emisiones CH_4 se ven modificadas por diversos factores, entre ellos la calidad del forraje consumido.

CONCLUSIONES

La época del año modifica el peso corporal y se relaciona directamente con los cambios en las emisiones de metano entérico en bovinos bajo condiciones de agostadero.

LITERATURA CITADA

Gere, J. L., y Gratton, R. (2010). Simple, low-cost flow controllers for time averaged atmospheric sampling and other applications. Lat. Am. Appl. Res. 40, 377–381.

López-Ojeda, J.C., Ramírez-Bribiesca, J. E., Hidalgo-Moreno, C.M.I., Cabañas-Martínez, O., Espinoza-Velasco, B. 2023. Protocolo para colectar gases de efecto invernadero en la producción ovina. En Ramírez-Bribiesca, J. E. y Hernández-Sánchez, D. Ganadería didáctica: Integración de tecnologías en la cadena productiva. Colegio de Postgraduados. Texcoco, México. 125 – 140 p.

Márquez-Godoy, J.N., Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C.R., Corra-les-Lerma, R., García-Galicia, I.A., *et al.* (2024). Criollo Cattle Breeds as a Potential Alternative for Sustainable and Healthy Beef Production in America, Rangeland Ecology & Management, 96:83-93, ISSN 1550-7424.

Pinares-Patiño, C. S., Machmüller, A., Molano, G., Smith, A. Vlaming, J. B., *et al.* (2008). The SF_6 tracer technique for measurements of methane emission from cattle - effect of tracer permeation rate. Canadian Journal of Animal Science, 8(2): 309 – 320.

Pinares-Patiño, C., Gere, J., Williams, K., Gratton, R., Juliarena, P., *et al.* 2012. Extending the Collection Duration of Breath Samples for Enteric Methane Emission Estimation Using the SF6 Tracer Technique. Animals, 2: 275 – 287.

Rubio L. M. de la S., Braña V. D., Méndez M. R. D., Delgado S. E. 2013. Sistemas de Producción y Calidad de carne Bovina. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ISBN: 978-607-37-0095-5. 49 pp.

SAS (2002) Statistical Analysis System: Version 9.0. SAS Institute Inc., Cary.

POTENCIALIDAD DEL PASTO BUFFEL (*Pennisetum ciliare*) ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

POTENTIALITY OF BUFFEL GRASS (*Pennisetum ciliare*) IN THE FACE OF CLIMATE CHANGE

Obed Gabriel Gutiérrez-Gutiérrez[1]*, Alicia Melgoza-Castillo [2], Alfredo Loaiza Meza[1], Jaime Neftalí Márquez-Godoy[1]

[1]Campo Experimental Valle de Culiacán, CIRNO-INIFAP. Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5, Culiacán, Sinaloa. CP 80398. [2]Facultad de Zootecnia y Ecología-UACH. Periférico Francisco R. Almada Km. 1 Chihuahua, Chih, México. CP 31453.

*gutierrez.obed@inifap.gob.mx

RESUMEN

Todos los ecosistemas están expuestos a los efectos causados por el cambio climático. El objetivo del presente trabajo es evaluar las características que presenta la especie *Pennisetum ciliare* desde semilla hasta el establecimiento en campo. Las variables evaluadas fueron: viabilidad, Germinación Estándar, Velocidad de Germinación, Tiempo de Germinación, Sobrevivencia, Proporción Longitudinal y de peso de Radícula:Parte aérea, establecimiento, entre otras. Para el análisis de la información se utilizaron pruebas tukey ($P<0.05$), el modelo lineal generalizado PROC GLIMMIX. El pasto buffel presenta bajos porcentajes de germinación, sin embargo, el establecimiento mediante esquejes mejoró considerablemente. Al someter al pasto buffel a niveles de humedad se observa que a menor cantidad de agua la emergencia y supervivencia son menores, sin embargo, debido a la calidad de la semilla se recomienda hacer más estudios relacionados con el tema.

Palabras clave: Importancia, Sequía, Tolerancia

ABSTRAC

All ecosystems are exposed to the effects caused by climate change. The objective of this work is to evaluate the characteristics of the Pennisetum ciliare species from seed to field establishment. The variables evaluated were: viability, Standard Germination, Germination Speed, Germination Time, Survival, Longitudinal Proportion and Radicle weight: Aerial part, establishment, among others. Tukey tests ($P<0.05$) and the PROC GLIMMIX generalized linear model were used to analyze the information. The results obtained show that the buffel species has low germination percentages, however, when established through cuttings, the establishment can be better. By subjecting buffel grass to humidity levels, it is observed that as the amount of water is lower, emergence and survival are lower; however, due to the quality of the seed, it is recommended to do more studies related to the subject.

Keywords: Importance, Drought, Tolerance

INTRODUCCIÓN

Todos los ecosistemas están expuestos a los efectos causados por el cambio climático. Los principales problemas que aquejan a los pastizales son: el sobrepastoreo, mal manejo, invasión de especies no deseables, cambio de uso de suelo, entre otras. Es por ello que es de gran importancia el conocimiento de las estrategias que presentan cada una de las especies presentes en los pastizales.

Es importante tener un conocimiento de los factores intrínsecos de las especies, además del comportamiento que se tendrá bajo diferentes escenarios ambientales. Existe información del comportamiento que se presenta por cada una de las especies, pero estos trabajos son aislados y no existe uno que hable de una sola especie y que aborde todos los temas. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las características que presentan las especies desde semilla hasta el establecimiento en campo. Esto nos ayudará a conocer el manejo para su explotación o el control de la misma.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Semillas de la Universidad Estatal de Oregón, En el Laboratorio de la Universidad Autónoma de Chihuahua y en el Campo Experimental Valle de Culiacán.

Variables Evaluadas

Prueba de viabilidad: Se utilizó la prueba del tetrazolio para revisar la cantidad de semillas vivas presentes en la muestra. *Prueba de Germinación Estándar*: Se colocaron en una caja Petri 50 semillas de pasto buffel a una temperatura de 27± 2°C con intervalos de 12 horas de luz y oscuridad. El *tipo de crecimiento*: Se evaluó con la metodología propuesta por Jurado y Westoby, (1992). *Velocidad de Germinación*: Se estimó con la fórmula propuesta por Maguire (1962). *Primer Dia de Germinación*: Primer día en que la semilla germinaba en cada caja Petri. *Ultimo Dia de Germinación*: último día en que la semilla germinaba en cada caja Petri. *Tiempo de Germinación*: Diferencia entre el primer y último día de Germinación.

Sobrevivencia: para la obtención de esta variable se utilizaron los niveles de humedad reportados por Esqueda *et al.* (2005). *Primer Dia de Germinación*: Primer día en que la semilla germinaba en cada secuencia. *Emergencia*: Número total de semillas germinadas durante la prueba. *Sobrevivencia*: Se utiliza el número de semillas que quedaron después de 40 días de haber iniciado la prueba. *Proporción Longitudinal de Radícula:Parte aérea*: se utilizó una regla graduada para medir los tamaños de las raíces y la parte aérea a los 40 días de haber empezado el experimento. *Proporción de peso de Radícula:Parte aérea*: a los 40 días de haber empezado el experimento se extrajeron y separaron (raíz y parte aérea), se llevaron a una estufa de aire forzado por 72 h a 60 °C para eliminar la humedad y hacer las estimaciones en g MS se utilizó una balanza electrónica para pesar las raíces y la parte aérea.

Se seleccionaron plantas madre que tuvieran edad aproximada de 10 años, de ahí se obtuvo material vegetativo que se llevó en costales para su trasplante en el rancho el Guayabito. El material vegetativo se estableció con separación de 50 cm entre sí y 80 cm entre surcos; lo anterior, después de las primeras lluvias, el 9 de agosto de 2022. Se realizaron las evaluaciones del establecimiento (45 días, 1 y 2 años; postrasplante) de los materiales vegetativos. Para la evaluación de producción, se cortó un metro lineal de forraje de cada material vegetativo (por triplicado). Para el análisis de la información se utilizaron las variables descriptivas básicas y para el análisis de la emergencia y supervivencia se utilizó un análisis de modelo lineal generalizado, Así mismo se utilizaron pruebas tukey ($P<0.05$). El programa que se utilizó fue el SAS 9.1.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores encontrados se pueden deber a múltiples factores, entre la genética de la semilla, tratamiento postcosecha, manejo para la siembra, entre otros (Cuadro 1). La cuantificación de los resultados nos ayuda a conocer el comportamiento de la semilla y más para cuando se establezca como praderas o resiembras, ya sea para alimento del ganado o para cobertura de un sitio. Así mismo los tiempos de germinación son características de las mismas especies, que se pueden afectar por otros factores como: humedad del suelo, temperatura, entre otras y nos sirven para entender las características de la especie ante diferentes escenarios de humedad-sequía (Gutiérrez-Gutiérrez *et al.,* 2024)

Cuadro 1. Características intrínsecas de las semillas de Pasto buffel (*Pennisetum ciliare*)

	Pennisetum ciliare		
Viabilidad	42.92	±	0.82
Germinación	4.00	±	1.96
Tipo	L		
IVG	0.56	±	0.28
VG, semillas d-1	3.10	±	0
IG	2.40	±	0.30
PDG, d	3.00	±	0
UDG, d	8.00	±	0
TG, d	6.00	±	0.30
R:P	1.00	±	0.10

Viabilidad= Viabilidad; Germinación= Germinación estándar; Tipo= Tipo de Crecimiento (R= Rápido, M=Medio, L= lento; Jurado y Westoby. 1992); IVG= Índice de Velocidad de Germinación; VG: Fórmula de Maguire; IG: Índice de germinación; PDG: Primer Día de Germinación; UDG: Último día de Germinación; TG: Tiempo de germinación; R:P: Proporción Radícula:Parte áerea a los 7 d

El pasto buffel requiere de al menos tres eventos consecutivos de lluvia de 8 mm cada uno para poder germinar, así mismo, la germinación promedio de esta especie se encuentra entre 5% y 55% (Bracamontes *et al.,* 2017; Gutiérrez-Gutiérrez *et al.,* 2022). Sin embargo, en esta investigación en ninguna de las variedades se pudo obtener tal

porcentaje de emergencia o germinación (Cuadro 2). Esto se debió probablemente a la calidad de la semilla o que el tiempo de la colecta no fue el óptimo.

Cuadro 2. Medias (± E.E.) de las variables respuesta de pasto buffel (*Pennisetum ciliare*) sometido a secuencias de humedad/sequía

Secuencia	Emergencia, %	IVE	PDE	Sobrevivencia, %	R:PL	R:PW
Alta	5.6±1.6a	0.28±.16[a]	12.1±1.10[a]	34.0±16[a]	0.91±0.16[ab]	0.60±0.17[a]
Media	3.6±1.6ab	0.15±.16[a]	12.7±1.23[a]	83.0±16[b]	0.76±0.18[a]	0.96±0.19[a]
Baja	2.0±1.6b	0.02±.16[a]	19.0±1.46[b]	30.0±22[a]	1.32±0.22[b]	0.58±0.22[a]
Muy Baja*	1.2±1.6b	0.05±.16	13.3±1.46[a]	*	*	*

[abc]Literales diferentes indican diferencia estadística por columna para cada especie.
Secuencia: Nivel de humedad con base en Esqueda *et al.* (2005); IVE: Índice de velocidad de emergencia; PDE: Primer día a la emergencia; Sobrevivencia= conteo a los 40 d de iniciado la prueba; R:PL= Proporción Radícula/ parte aérea de la longitud; R:PW= Proporción Radícula/ peso de la parte aérea. * No hay datos suficientes para realizar el análisis.

Al realizar las pruebas en campo bajo condiciones del clima del estado de Sinaloa, se obtuvo que la variedad de buffel Nueces presentó una mayor adaptación a las condiciones ambientales, al tener una menor pérdida de vegetación, y así mismo se comprueba que el uso de esquejes es una buena opción para el establecimiento de el pasto buffel (Cuadro 3).

Cuadro 3. Establecimiento y sobrevivencia de material vegetativo en campo de diferentes variedades y especies de pasto buffel en el rancho el Guayabito, perteneciente al trópico seco de Sinaloa.

Variedad	2022	Sobrevivencia 2023, %	Sobrevivencia 2024, %
Común	100	67.50 ± 2.68 [a]	70.33 ± 2.68 [a]
Nueces	100	86.67 ± 2.68 [b]	83.33 ± 2.68 [b]

[abc] literales diferentes en columnas muestran diferencia estadística (P<0.05).

CONCLUSIONES

En general, la semilla del pasto buffel presentó bajos niveles de germinación, sin embargo, con el uso de esquejes, el establecimiento aumentó considerablemente, esto a pesar de las condiciones ambientales presentes. Además de conocer las características intrínsecas de las semillas, es necesario evaluar la respuesta de las mismas a condiciones actuales y futuras. Debido a lo anterior, la importancia de continuar probando los materiales que se puedan adaptar a las condiciones ambientales actuales y futuras.

LITERATURA CITADA

Bracamontes, J. A.; C. Tinoco-Ojanguren; M. E. Sánchez-Coronado; F. Molina-Freaner. 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.

Gutiérrez-Gutiérrez, O. G., A. Melgoza-Castillo, D. E. Prado- Tarango & R. Mata-González. 2024. Emergence and development of Chihuahuan Desert grasses under simulated wet-dry sequences, Arid Land Research and Management, DOI: 10.1080/15324982.2024.2412980

Gutiérrez-Gutiérrez, O. G.; O. Rivero-Hernández; J. H. Vega-Mares; A. Melgoza-Castillo. 2022. Patrones de germinación en gramíneas presentes en el Desierto Chihuahuense. Botanical Sciences 100(4):989-999.

Jurado E, Westoby JM. 1992. Germination biology of selected central Australian plants. Australian Journal of Ecology 17: 341-348. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1992.tb00816.x

Maguire JD. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176-177. DOI: https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL FORRAJERO EN PASTIZALES DEL ESTADO DE CHIHUAHUA

EVALUATION OF FORAGE POTENTIAL IN GRASSLANDS IN THE STATE OF CHIHUAHUA

Martín Martínez-Salvador[1]*, Raúl Corrales-Lerma[1], Humberto Vega-Mares[1], José Alfredo Villarreal-Balderrama[1], Alfredo Pinedo-Álvarez[1], Hipólito Hernández-Cano[1], Carlos Raúl Morales-Nieto[1]

[1]Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua, Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua 31453, México. *Autor por correspondencia: msalvador@uach.mx

RESUMEN

Se generó un mapa de unidades del paisaje usando información climática, de suelos y topográfica para los ecosistemas de Chihuahua, además se realizó un muestreo sobre las comunidades de pastizal para conocer la disponibilidad de forraje y su composición en los inviernos 2023-24 y 2024-25. Se generaron 498 unidades del paisaje para los pastizales del estado de Chihuahua. Para el invierno 2023-24 se estimó un promedio de disponibilidad de forraje seco de 500 kg/ha, mientras que para el invierno 2024-25 el promedio fue de 200 kg/ha, lo cual podría relacionarse con la sequía extrema de dos años consecutivos.

Palabras clave: Pastizales, productividad, disponibilidad de forraje

ABSTRACT

A landscape unit map was developed by integrating climatic, soil, and topographic datasets for the ecosystems of Chihuahua. Additionally, field sampling was conducted across grassland communities to evaluate forage availability and species composition during the winters of 2023–2024 and 2024–2025. A total of 498 landscape units were delineated for the grasslands of the state of Chihuahua. The estimated average dry forage availability was 500 kg/ha for the winter of 2023–2024, whereas in 2024–2025 it declined to 200 kg/ha, likely as a result of the extreme drought conditions persisting for two consecutive years.

Keywords: Grasslands, productivity, Forage availability

INTRODUCCIÓN

La principal referencia sobre capacidad productiva de los pastizales en México proviene de la Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA, 1967) y algunas actualizaciones y referencias de la misma dependencia. No obstante, en México las dependencias académicas y de

investigación han aportado una gran cantidad de de información sobre los pastizales del país (Jurado-Guerra *et al.*, 2021). Esta información es de gran valor cuando se toman decisiones para la administración, el uso y manejo de los pastizales. No obstante, los ganaderos generalmente adolecen de información espacial a nivel de unidad de producción que les apoye a direccionar las decisiones, sobre todo en temas vinculados con la determinación de la carga animal y las opciones de manejo sostenible de sus pastizales. Actualmente, El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite integrar capas ambientales (suelos, clima, relieve) para evaluar la productividad de tierras a gran escala mediante modelos de aptitud y mapas dinámicos. Por su parte, los sensores remotos generan datos espectrales que, a través de índices de vegetación, permiten estimar la cobertura vegetal y la biomasa aérea (Medina- García *et al.*, 2009). Por su parte, el muestreo de campo valida estos datos mediante inventarios directos de la composición florística, diversidad y disponibilidad de biomasa (Royo-Márquez y Melgoza-Castillo, 2001). El objetivo de nuestra investigación fue estudiar el potencial forrajero de los pastizales del estado de Chihuahua mediante el uso de SIG y muestreo de campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

se generó un mapa de unidades del paisaje mediante la integración de datos espaciales de suelo, clima, relieve y vegetación. Se utilizó el mapa edafológico Esc. 1:250000, Modelo Digital de Elevación con resolución de pixel de 30 m, normales climatológicas de precipitación y temperatura, así como los vectores de uso de suelo y vegetación series II y VII del Inventario Nacional Forestal con datos generados por diferentes instituciones. Se realizó un análisis de sobreposición de mapas no ponderado con área mínima cartografiable de 100 hectáreas. Mientras que, para el muestreo de composición del pastizal y la estimación de disponibilidad de forraje y cobertura basal, se establecieron parcelas de muestreo de 50 m x 100 m, dentro de las cuales se muestrearon 3 líneas canfield de 20 metros cada una para medir la cobertura basal, frecuencia y composición del pastizal. A lo largo de cada línea se distribuyeron 3 parcelas cuadradas de 1 m^2 para colectar la biomasa de forraje, la cual fue pesada en fresco en seco. Se establecieron 25 sitios de muestreo para cada una de las comunidades de pastizal (Pastizal mediano abierto, pastizal amacollado, pastizal halófito, mezquitales, matorrales y bosque de transición). Por tanto, se colectó información de 75 líneas canfield y 225 muestras de biomasa por cada tipo de pastizal. Se generó un índice de valor de importancia utilizando la ecuación de Cotam y Curtis, (1956), y se estimaron los promedios e intervalos de confianza de la producción forrajera para cada tipo de pastizal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La delimitación natural de las unidades del paisaje podría permitir a los ganaderos, delimitar el valor ecológico y económico de sus tierras y ser de utilidad para implementar acciones de manejo de los ecosistemas. Para todo el estado de

Chihuahua se delimitaron 2,211 unidades del paisaje, mientras que para las comunidades de pastizal se delimitaron 498 unidades.

Los cuadros 1 y 2 presentan la relación de estas especies, así como información estructural de cobertura, abundancia ó frecuencia en las comunidades de pastizal de Chihuahua. Además, se presenta un índice de valor de importancia. Los porcentajes que se presentan entre paréntesis en la columna de tipo de pastizal corresponden a el porcentaje de importancia que presentan estas pocas especies con base en el total de la comunidad, lo cual indica que en estos pastizales lo más probable es que estas especies sean las que proporcionan la mayor cantidad de forraje en los agostaderos.

Cuadro 1. Principales especies forrajeras por comunidad de pastizal en el estado de Chihuahua.

Tipo de pastizal	Especie	cobertura %	Abundancia	diambas cm	cobrel	aburel	diamrel	IVI
P Amacollado (50%)	*Melinis repens*	2.60	8020.90	6.00	18.10	25.90	1.00	45.00
	Bouteloua gracilis	3.40	5845.70	10.90	23.70	18.90	1.80	44.40
	Heteropogon contortus	1.70	3695.30	8.50	11.80	11.90	1.40	25.10
	Eragrostis lehmanniana	1.00	1989.80	9.20	6.90	6.40	1.60	14.80
	Muhlenbergia rigida	0.80	1075.20	13.90	5.60	3.50	2.30	11.40
P. M. Abierto (72%)	*Bouteloua gracilis*	3.34	7917.47	13.40	23.92	15.83	15.83	55.59
	Eragrostis lehmanniana	2.28	9462.85	7.66	16.36	18.92	18.92	54.21
	Melinis repens	2.84	7980.97	11.28	20.31	15.96	15.96	52.23
	Aristida divaricata	0.94	5673.48	5.27	6.74	11.35	11.35	29.43
	Aristida schiedeana	0.44	2879.08	4.88	3.17	5.76	5.76	14.68
P halófito (68%)	*Hilaria mutica*	7.1	5845.8	23.83	44.59	29.58	9.75	83.92
	Sporobolus airoides	3.54	4354.92	15.93	22.2	22.04	6.52	50.76
	Sporobolus cryptandrus	3.34	4341.85	15.08	20.96	21.97	6.17	49.1
	Distichlis spicata	0.78	2615.57	5.82	4.87	13.24	2.38	20.48
Pastizal mezquital (73%)	*Hilaria mutica*	4.55	7873.04	19.35	38.71	34.92	5.9	79.53
	Sporobolus airoides	4.6	5486.6	28.03	39.07	24.33	8.54	71.95
	Bouteloua gracilis	0.69	2364.14	9.8	5.89	10.48	2.99	19.36
	Heteropogon contortus	0.38	2096.5	6.09	3.24	9.3	1.85	14.39
	Melinis repens	0.29	1561.23	6.21	2.47	6.92	1.89	11.28

Cuadro 2. Principales gramíneas forrajeras en los ecosistemas de matorral y bosque en el estado de Chihuahua.

Tipo	Especie	cm/20m	frecuencia	cob_rel	frec_Rel	IVI
Matorral (79%)	*Hilaria mutica*	36.00	7.69	48.73	3.70	52.44
	Bouteloua gracilis	11.58	50.00	15.68	24.07	39.75
	Bouteloua hirsuta	3.38	23.08	4.58	11.11	15.69
	Bouteloua curtipendula	4.79	15.38	6.48	7.40	13.89
	Aristida purpurea	1.29	19.23	1.75	9.26	11.00
	Setaria macrostachya	2.56	15.38	3.47	7.40	10.87
	Bouteloua gracilis	46.15	83.33	17.88	10.75	28.63

Bosque (61%)	*Muhlenbergia emersleyi*	34.96	87.50	13.54	11.29	24.83
	Bromus anomalus	26.50	54.17	10.27	6.99	17.26
	Schizachyrium scoparium	14.56	54.17	5.64	6.99	12.63
	Piptochaetium fimbriatum	11.38	45.83	4.41	5.91	10.32

El Cuadro 3 presenta los resultados del inventario realizado de noviembre del año 2023 a marzo del año 2024, mientras que el Cuadro 4 presenta los resultados del inventario realizado de noviembre del año 2024 a marzo del año 2025.

Cuadro 3. Disponibilidad de forraje por tipo de pastizal en el estado de Chihuahua en la época de invierno 2023-2024.

Comunidad	n	Media	Dev.Est.	Error Std	LEE	Media (Kh/Ha)	Mín (Kg/Ha)	Máx (Kg/Ha)
Amacollado	225	59.16	54.06	3.60	7.06	591.59	520.96	662.23
Mediano abierto	225	49.77	51.02	3.40	6.67	497.69	431.03	564.36
Halofito	225	73.23	94.13	6.28	12.30	732.33	609.33	855.33
Mezquital	225	28.89	24.37	1.62	3.18	288.89	257.05	320.73

n= número de cuadrantes muestreados en cada comunidad, Error std= Error estándar de la media, Desv. Est.= Desviación estándar de la producción de forraje seco. LEE= Límite error de la estimación (gr)

Cuadro 4. Disponibilidad de forraje por tipo de pastizal en el estado de Chihuahua en la época de invierno 2023-2024.

Comunidad	n	Media	Dev.Est.	Error Std	LEE	Media (Kh/Ha)	Mín (Kg/Ha)	Máx (Kg/Ha)	% resp 2024
P. amacollado	72	17.65	34.69	4.09	8.01	176.5	96.37	256.63	29.83
P. mediano abierto	63	21.95	45.52	5.73	11.24	219.5	107.09	331.91	44.10
P. Halófito	54	25.87	28.17	3.83	7.51	258.7	183.56	333.84	35.33
Mezquital	54	23.31	65.95	8.97	17.59	233.1	57.20	409.00	80.69
Matorral	208	10.67	33.83	2.35	4.60	106.7	60.72	152.68	ND
Bosques de transición	200	20.84	18.64	1.32	2.58	208.4	182.57	234.23	ND

n= número de cuadrantes muestreados en cada comunidad, Error std= Error estándar de la media, Desv. Est.= Desviación estándar de la producción de forraje seco. LEE= Límite error de la estimación (gr).

Se observa que las cantidades de forraje disponibles en el invierno 23-24 se estimaron entre 500 y 700 kg/ha con sus respectivos intervalos de confianza, mientras que para el invierno 24-25 el promedio de disponibilidad de forraje fue de aproximadamente 230 kg/ha. Por lo que podríamos concluir que para los pastizales del estado de Chihuahua el efecto de la sequía prolongada en dos años consecutivos generó una disminución por lo menos de un 50% en la disponibilidad de forraje, por lo que el periodo de sequía invernal 2024-2025 presentó un severo estrés en la disponibilidad de forraje en los agostaderos del estado.

CONCLUSIONES

Las unidades del paisaje podrían permitir delimitar el manejo en las unidades de producción ganadera del estado de Chihuahua, mientras que la información de disponibilidad potencial de forraje podría apoyar las decisiones para el diseño de regímenes de carga animal.

LITERATURA CITADA

COTECOCA. 1967. Metodología para determinar tipos de vegetativos, sitios y productividad de sitios. Publicación No. 8, México, D.F. 84 p.

Cottam, G.; Curtis, T. 1956. The Use of Distance Measures in Phytosociological Sampling. Ecology, 37, 451–460.

Jurado-Guerra, P., Velázquez-Martínez, M., Sánchez-Gutiérrez, R. A., Álvarez-Holguín, A., Domínguez-Martínez, P. A., Gutiérrez-Luna, R., Garza-Cedillo, R. D., Luna-Luna, M. y Chávez-Ruiz, M. G. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 12, 261-285.

Medina-García, G., Gutiérrez-Luna, R., Echevarría-Chairez, F. G., Amador-Ramírez, M.E., Ruiz-Corral, J. A. 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

Royo-Márquez, M. H., Melgoza-Castillo, A. 2001. Listado florístico del Campo Experimental La Campana y usos de su flora. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 39(2):105-125.

CARACTERÍSTICAS ESTOMÁTICAS DE CINCO GRAMÍNEAS FORRAJERAS PRESENTES EN UN BOSQUE DE PINO-ENCINO

STOMATAL CHARACTERISTICS OF FIVE FORAGE GRASSES PRESENT IN A PINE-OAK FOREST

Edith Ramírez-Segura1, Jaime Neftalí Márquez-Godoy2*, Carlos Raúl Morales-Nieto3, José Humberto Vega-Mares3, Raúl Corrales-Lerma3, Alan Álvarez-Holguin3.

[1]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar (CENID-AF), Ojuelos, Jalisco, México; [2]INIFAP Campo Experimental Valle de Culiacán, Culiacán, Sinaloa, México; [3]Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Chihuahua, Chihuahua, México. * Autor de correspondencia: marquez.jaime@inifap.gob.mx

RESUMEN

La caracterización estomática es clave para entender cómo las gramíneas se adaptan a diferentes condiciones climáticas. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar estomáticamente cinco gramíneas forrajeras presentes en un ecosistema de pino-encino. Entre las especies evaluadas se encuentran: *Bothriochloa barbinodis, Bromus anomalus, Chloris submutica, Eragrostis intermedia* y *Muhlenbergia arizonica*. Se utilizó la técnica de pegamento instantáneo (Kola-Loka) para evaluar densidad estomática, número de células epidérmicas, área estomática e índice estomático por mm^2. El análisis estadístico se realizó con ANOVA y la prueba de Tukey. Las hojas de *B. barbinodis, C. submutica, E. intermedia* y *M. arizonica* fueron anfiestomáticas, al presentar estomas en ambas superficies foliares. En cambio, *B. anomalus* fue hipoestomática, al presentar estomas solo en el envés.

Palabras clave: adaptación, intercambio de gases, uso eficiente del agua.

ABSTRACT

Stomatal characterization is key to understanding how grasses adapt to different climatic conditions. This study aimed to stomatically characterize five forage grasses present in a pine-oak ecosystem. The species evaluated included Bothriochloa barbinodis, Bromus anomalus, Chloris submutica, Eragrostis intermedia, and Muhlenbergia arizonica. The instant glue technique (Kola-Loka) was used to evaluate stomatal density, epidermal cell number, stomatal area, and stomatal index per mm^2. Statistical analysis was performed using ANOVA and Tukey's test. The leaves of B. barbinodis, C. submutica, E. intermedia, and M. arizonica were amphistomatic, presenting stomata on both leaf surfaces. In contrast, B. anomalus was hypostomatic, presenting stomata only on the underside.

Keywords: adaptation, efficient use of water, gas exchange.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los países megadiversos ocupando el quinto lugar a nivel mundial, contando con alrededor de 1,312 especies de gramíneas forrajeras (Sánchez, 2019). Este país, tiene una variedad de ecosistemas entre los cuales destacan los bosques templados, que presentan gramíneas forrajeras adaptadas a las condiciones climáticas locales.

La caracterización estomática de las especies vegetales presentes en los ecosistemas de México es un área de estudio fundamental para comprender sus mecanismos de adaptación, resiliencia y plasticidad (Liu *et al.*, 2018). Esta área se centra en el estudio de las células epidérmicas (estomas, células guarda y tricomas) presentes en las hojas de las gramíneas (Márquez-Godoy *et al.*, 2024). Estudios realizados por Álvarez-Holguín *et al.* (2018) caracterizaron la distribución, densidad de estomas, tricomas, índice estomático y área estomática de pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) en tres variedades comerciales (Reno, Niner y Vaughn) y dos genotipos nativos (E-689 y E-592) del estado de Chihuahua. Estos autores concluyeron que el genotipo E-689 presentó menor densidad estomática (152.7 hasta 275 estomas μm^2) e índice estomático (13.41 a 16.03 %). Además, presentó una mayor área estomática (186.7 a 361.7 μm^2), por lo que puede adaptarse mejor a las condiciones locales y producir una mayor cantidad de biomasa. Por otra parte, Márquez-Godoy *et al.* (2024) realizaron una caracterización estomática en poblaciones del pasto Lobero (*Muhlenbergia phleoides*) y encontraron que esta especie presenta un promedio de 19 y 23 estomas en el haz y envés, respectivamente, así como un área estomática de 299.4 μm^2 en el haz y 268.1 μm^2 en el envés. Conocer estos mecanismos tiene implicaciones ecológicas, además, resultan importantes en la gestión sostenible de los pastizales, ya que estos mecanismos son vitales para la vida al controlar el flujo e intercambio de agua entre la planta y la atmósfera. Al entender las respuestas de las plantas ante las condiciones extremas permitirá desarrollar prácticas de manejo que optimicen el uso de los recursos, con esto se favorece tanto la conservación de la biodiversidad como la productividad de los agostaderos. Por esta razón, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar estomáticamente cinco gramíneas forrajeras presentes en un ecosistema de pino-encino.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra localizada en el municipio de Namiquipa, Chihuahua, México, la temperatura promedio oscila entre los -14.6 hasta los 36 °C, con una precipitación anual promedio de 580 mm y una altitud que va desde los 1,900 hasta los 2,800 m (INEGI, 2015). El material vegetal utilizado fueron hojas bien desarrolladas, sin presencia de lesiones por plagas o enfermedades de cinco especies presentes en el ecosistema: popotillo plateado (*Bothriochloa barbinodis*), pasto cebada bravía o espigajo (*Bromus anomalus*), pata de gallo mexicano (*Chloris submutica*), pasto

llanero (*Eragrostis intermedia*) y pasto arizona (*Muhlenbergia arizonica*). Durante los meses de octubre y noviembre de 2022 se realizó la caracterización estomática con el método de impresión con pegamento instantáneo (Kola-Loka ®). Se seleccionó una hoja madura, posteriormente, se aplicó una gota de pegamento instantáneo en un portaobjetos, se colocó la hoja y se presionó por 30 segundos, transcurrido el tiempo la hoja se retiró cuidadosamente. Este procedimiento se hizo en haz y envés de cada hoja. Las muestras obtenidas se observaron bajo un microscopio electrónico con un aumento de 40x, utilizando luz natural. Se capturaron imágenes de tres campos ópticos, para cada especie y superficie foliar, cada uno con un área de 1 mm^2. En cada imagen, se contabilizaron la densidad estomática (DE), número de células epidérmicas (CE), área estomática (AE) e índice estomático (IE) por milímetro cuadrado (mm^2), se utilizó el software Zen 2 coro para la captura y análisis de las imágenes (Figura 1). El IE se calculó mediante la fórmula: % IE = [DE / (CE + DE)] * 100, lo que indica el porcentaje de estomas en relación al total de células estomáticas y epidérmicas, según la metodología de Wilkinson (1979).

Se comprobó la normalidad y homogeneidad de varianza utilizando la prueba de Shapiro-Wilk, para cada variable. Posteriormente se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con comparaciones múltiples mediante el método de Tukey. Se comparó el haz y envés por separado. Los análisis se realizaron con ayuda del paquete estadístico SAS 9.1.3.

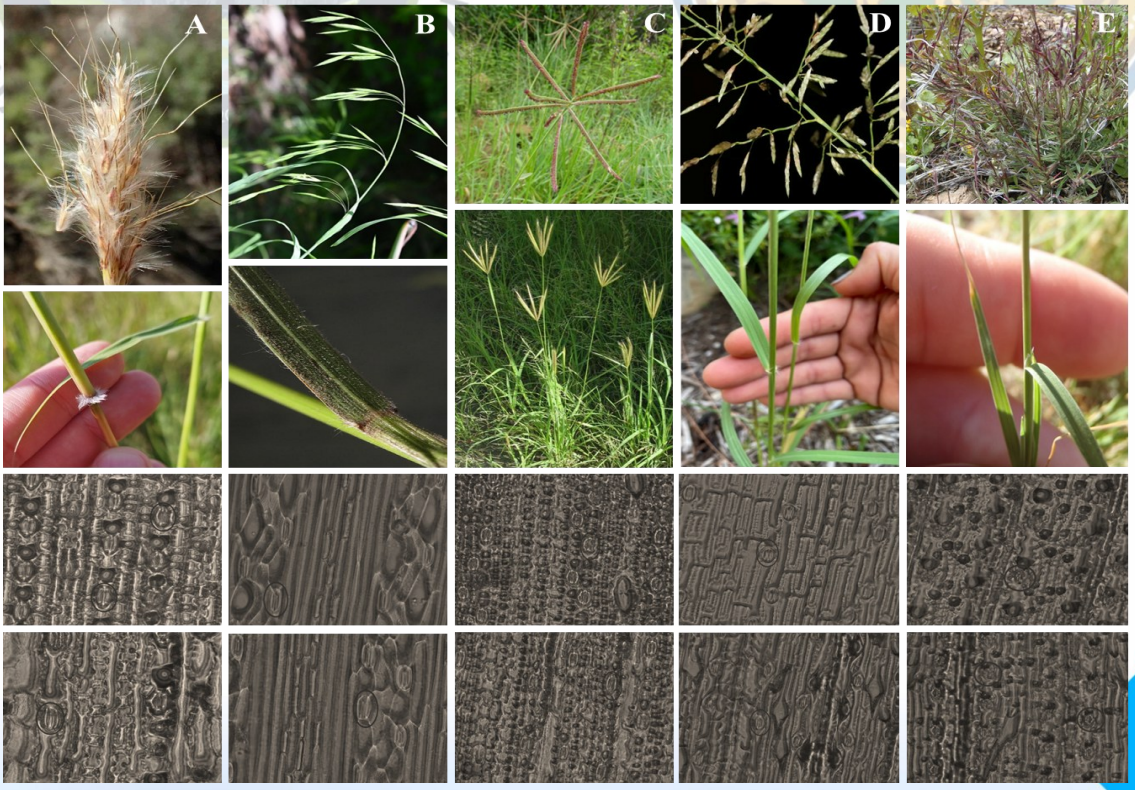


Figura 1. Inflorescencia, hoja y tallo, impresión estomática de superficies foliares (haz y envés) de A) popotillo plateado (*Bothriochloa barbinodis*), B) pasto cebada bravía o espigajo (*Bromus anomalus*), C)

pata de gallo mexicano (*Chloris submutica*), D) pasto llanero (*Eragrostis intermedia*) y E) pasto arizona (*Muhlenbergia arizonica*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas para todas las especies y variables ($P < 0.05$; Cuadro 1). La especie con mayor número de tricomas tanto en haz como envés tu pata de gallo mexicana, mientras que la cebadilla bravía es la especie con menos, este atributo puede determinar el grado de apetencia del ganado por consumirlo. La especie con mayor DE fue el pasto Arizona, 30 y 34 en haz y envés, respectivamente; en tanto, la especie con menor DE en haz (6) fue popotillo plateado, y en envés Cebada bravía. El menor IE en haz lo presentó pata de gallo mexicano (8.7), mientras que el valor máximo (19.1) se obtuvo en pasto Arizona; en envés fue el pasto llanero quien mostro el menor IE (13.6) y pasto Arizona el mayor (20.7).

Cuadro 1. Densidad e índice estomático en pastos nativos e introducidos presentes en zonas áridas y semiáridas de México.

Variable		Especie				
		Popotillo plateado	Cebada bravía	Pata de gallo mexicano	Pasto llanero	Pasto arizona
Haz	DT	$8±1.7^{b}$	$0±0.0^{a}$	$256±34.7^{b}$	$6±0.4^{b}$	$80±14.6^{b}$
	CE	$46±4.5^{c}$	$57±6.1^{c}$	$115±17.5^{b}$	$64±5.2^{c}$	$127±11.5^{a}$
	DE	$6±0.9^{c}$	$7±3.5^{cb}$	$11±1.7^{c}$	13±2.1b	$30±1.7^{a}$
	IE	$11.5±0.7^{a}$	$10.9±5.6^{a}$	$8.7±1.2^{a}$	$16.9±1.8^{a}$	$19.1±0.7^{a}$
Envés	DT	$64±11.5^{b}$	$5±0.8^{c}$	$371±17.1^{a}$	$0±0.0^{c}$	$97±12.9^{b}$
	CE	$72±1.8^{b}$	$47±2.6^{b}$	$71±9.9^{b}$	$70±9.9^{b}$	$130±9.1^{a}$
	DE	$15±0.9^{b}$	$9±1.6^{c}$	$16±2.4^{cb}$	$11±2.1^{c}$	$34±2.9^{a}$
	IE	$17.2±1.2^{a}$	$16.1±2.7^{b}$	$18.4±4.2^{b}$	$13.6±2.8^{b}$	$20.7±2.0^{b}$

DT = densidad de tricomas (número mm^{-2}), CE = Número de células epidérmicas (número mm^{-2}), DE = densidad estomática (número mm^{-2}), IE = índice estomático. Medias con letras diferentes presentan diferencia estadística ($P < 0.05$).

La presencia de estomas es fundamental en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y de ahí surge la importancia de conocer tanto el tamaño, el número y la forma en que los poros se abren y cierran. En tanto que la densidad estomática alta o baja, está relacionada con el tamaño de las células oclusivas, por lo que, altas densidades se presentan en plantas con células oclusivas pequeñas. Tanto la DE cómo el IE pueden estar influenciados por las condiciones ambientales y nutricionales en que se desarrolla la planta. Verdugo *et al.* (1999) afirmó que a mayor IE, mayor DE. Esta afirmación se cumple para el envés de las especies evaluadas, pero no en el haz. Pocos estudios han reportado el área estomática, sin embargo, este parámetro está relacionado con el tamaño del estoma e influye en el IE. En este estudio se observó áreas estomáticas similares dentro de especies, pero diferentes entre ellas.

CONCLUSIONES

Las hojas de las especies estudiadas como el popotillo plateado, pata de gallo mexicano, pasto llanero y arizonica, presentan estomas en el haz y en el envés, lo que

las caracteriza como anfiestomáticas. Sin embargo, el pasto cebada bravía no presenta estomas en la parte del haz, lo que lo clasifica como hipoestomático.

LITERATURA CITADA

Álvarez-Holguín, A., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Avendaño-Arrazate, C. H., Rubio-Arias, H. O., & Villarreal-Guerrero, F. (2018). Caracterización estomática, concentración de clorodila y su relación con producción de biomasa en Bouteloua curtipendula. Agronomía Mesoamericana, 29(2), 251-261. doi:10.15517/ma.v29i2.29900

Márquez-Godoy, J. N., Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., & Álvarez-Holguín, A. (2024). Caracterización estomática de poblaciones de pasto Lobero [Muhlenbergia phleoides (Kunth) Columbus] en el estado de Chihuahua, México. Tecnociencia Chihuahua, 18(1), 1-13. https://doi.org/10.54167/tch.v18i1.1376

Sánchez, J. G. (2019). Riqueza de especies, clasificación y listado de las gramíneas (Poaceae) de México. Acta botánica mexicana, 126, 1-73.

Verdugo, V., Rojas, A. de León, B., Zambrano, S., Barrios, E., León, B. Riós, B. y Benavides, A. 1999. Estimación del índice estomático y la frecuencia estomática en cuatro variedades de ajo (Allium sativum L.). Curso de fisiología de hortalizas. Maestría en horticultura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.

ALGORITMOS DE APRENDIZAJE PROFUNDO PARA CLASIFICACIÓN DE CÚPULAS, CONTENIENDO CARIÓPSIDE, EN *Tripsacum dactyloides* L.

Hever López López[1], Juan Manuel González Camacho[2], Juan Pablo Ambrosio Ambrosio[2], Leonor Miranda Jiménez[2], Adrián Raymundo Quero Carrillo[2]*

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Km. 38.5, Carr. México-Texcoco, 56230 Texcoco, Méx., México. [2]Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillo, Km. 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo 56264 Texcoco, Edo. México, México

*Autor de correspondencia: queroadrian@colpos.mx

RESUMEN

La clasificación asertiva de espiguillas usando técnicas automáticas, no cualitativas, es importante en producción de semilla de calidad. Se evaluaron dos modelos de Redes Neuronales Convolucionales (CNN) para clasificar tres categorías fenotípicas de propágulos (cúpulas): claras, intermedias y obscuras en *Tripsacum dactyloides* e incrementar la certidumbre del contenido de cariópside maduro en dicho propágulo. Un modelo CNN de base con Modelo con Transferencia de Aprendizaje VGG19, fueron implementados y su desempeño evaluado con base a Precisión Global de Clasificación (ACC). El VGG19 alcanzó una ACC de 89 %, superior a CNN con ACC de 87.3 %. Los resultados destacan el potencial de los modelos de redes neuronales convolucionales para automatizar la clasificación de semillas con mayor precisión, rapidez y eliminando la habilidad de la experiencia humana (cualitativa) como clasificador tradicional.

INTRODUCCIÓN

Tripsacum dactyloides, conocido como zacate maicero (Martínez, 1979), es una gramínea nativa de México con gran potencial para zonas tropicales y faldas de serranías con precipitaciones superiores a 500mm; lo anterior, debido a su resistencia a sequía, suelos marginales y plagas, además de su valor como forraje de calidad y recurso genético para el mejoramiento del maíz (Villanueva *et al.*, 2013; Pérez *et al.*, 2018). Sin embargo, la variabilidad morfológica de su propágulo (espiguillas denominadas cúpulas) representa un desafío para la clasificación eficiente y definir e incrementar el contenido de cariópside. Los métodos tradicionales de inspección visual son lentos y subjetivos, lo que subraya la necesidad de soluciones automatizadas. Las redes neuronales convolucionales (CNN) han demostrado su efectidad en tareas de clasificación de semilla. Gulzar *et al.* (2020) lograron 99 % de precisión al clasificar semillas comerciales usando VGG16 con aumento de datos y aprendizaje por transferencia. Este estudio desarrolla y compara un modelo CNN propuesto y un modelo VGG19 adaptado para clasificar

cúpulas de *T. dactyloides* en categorías claras, intermedias y oscuras, evaluando su desempeño en condiciones controladas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Del total de la cosecha, se separaron aleatoriamente 3,000 propágulos (llamados cúpulas en esta especie), en agosto de 2024, en praderas experimentales del Colegio de Postgraduados, Texcoco, México). Las cúpulas cosechadas tuvieron la sección masculina (estaminada) de la inflorescencia naturalmente ausente (dehiscencia) y se clasidficaron en tres categorías (1,000 por categoría) según su color: claras (amarillo/dorado), intermedias (verde disperso) y oscuras (café/morado). Las cúpulas se etiquetaron en 50 bolsas (20 por bolsa), lo que garantizó homogeneidad. Se capturaron imágenes con teléfono Google Pixel 7 Pro con resolución de 96 puntos por pulgada (ppp) e iluminación controlada en cámara cúbica específica, de cartón (16x15x9 cm) con fuente de luz difusa para minimizar reflejo y sombras. Se utilizó plantilla tabulada, de 5x4mm para definir coordenadas, posicionar y rastrear cúpulas específicas. Se tomaron 50 imágenes por categoría, cada una con 20 cúpulas, generando 3,000 imágenes individuales organizadas en directorio: Claras, Intermedias, Oscuras. El procesamiento de imágenes empleó Python y OpenCV para identificar centroides y extraer regiones de interés (ROI) de 300 x 300 píxeles. Se aplicaron técnicas de aumento de datos (rotaciones, traslaciones y volteos) para mayor variabilidad. El conjunto de datos se dividió en 80 % entrenamiento (2,400 imágenes), 10 % validación (300 imágenes) y 10 % prueba (300 imágenes). Recursos Computacionales. El entrenamiento se realizó en Google Colab Pro+ con GPU T4 (Google, s.f.), reduciendo significativamente el tiempo de procesamiento. El modelo CNN personalizado, se entrenó en 38 minutos; mientras que el VGG19, requirió 120 minutos. El preprocesamiento local se realizó en Laptop Acer Nitro 5 (Intel Core i5, 8 GB RAM, NVIDIA GTX 1060). Arquitecturas de los Modelos. El modelo CNN propuesto constó de tres bloques convolucionales con capas Conv2D, seguidas de MaxPooling2D para reducir dimensionalidad, normalización por lotes y “dropout” para evitar sobreajuste. La capa de salida usó una función de activación Softmax para la clasificación en tres clases. El modelo VGG19, preentrenado en ImageNet, mantuvo sus capas convolucionales como extractores de características con pesos congelados. Se añadió un cabezal clasificatorio con GlobalAveragePooling2D, capas densas (512 y 256 unidades con ReLU), dropout (0.5) y una capa de salida Softmax. Ambos modelos usaron pérdida de entropía cruzada categórica, el optimizador Adam con tasa de aprendizaje adaptativa (inicialmente 1×10^{-4}) y técnicas de regularización (early stopping). El CNN propuesto se entrenó durante 30 épocas con un tamaño de lote de 50 imágenes, mientras que el VGG19 se entrenó durante 50 épocas con un tamaño de lote de 32.

Métricas de Evaluación. El desempeño se evaluó con precisión global de clasificación ("accuracy"), pérdida ("loss"), "recall" y "F1-score". La precisión midió la proporción de predicciones correctas; mientras que las métricas por clase, identificaron errores específicos. Las matrices de confusión destacaron confusiones entre categorías.

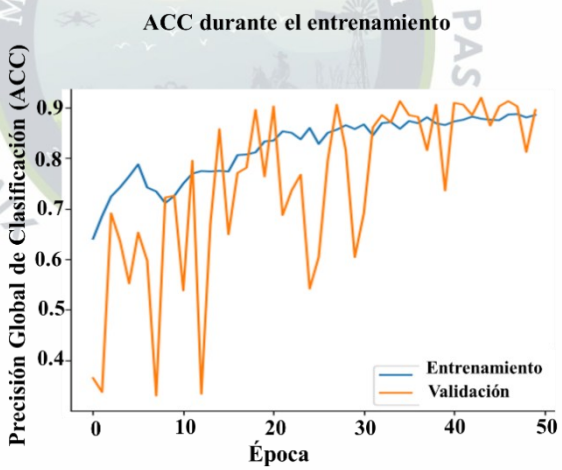
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo CNN propuesto alcanzó precisión global del 87.3 % en el conjunto de prueba (Figura 1a). La categoría osbcura tuvo el mejor desempeño (precisión: 97 %, recall: 91 %, F_1-score: 0.94), seguida de la clara (precisión: 87 %, recall: 87 %, F_1-score: 0.87) e inter- media (precisión: 79 %, recall: 84 %, F_1-score: 0.82). Los errores se concentraron entre las categorías clara e intermedia, con 13 cúpulas claras clasificadas como intermedias y 16 intermedias mal clasificadas (13 como claras, 3 como obscuras). El modelo VGG19 superó al CNN personalizado con precisión de 89 % (Figura 2a). La categoría obscura destacó (precisión: 97 %, recall: 91 %; F1-score: 0.94), seguida de la clara (precisión: 88 %, recall: 92 %; F_1-score: 0.90) e intermedia (precisión: 83 %, recall: 84 %; F_1-score: 0.84). La confusión principal ocurrió entre claras e intermedias (13 errores en cada dirección), con errores mínimos en la categoría oscura. Las métricas de entrenamiento mostraron convergencia estable. El CNN personalizado estabilizó su precisión entre 85.90 % sin sobreajuste, mientras que el VGG19 alcanzó un 89 % en la época 20, con curvas de precisión y pérdidas alineadas, indicando buena generalización (Figura 2a). El modelo VGG19 superó al CNN personalizado en precisión y generalización (89 % *vs*. 87.3 %; precisión de validación: 91.3%), justificando su selección como modelo óptimo, pero a mayor costo computacional (20.4 millones de parámetros; 120 minutos) y en contraste a CNN personalizado (16.9 millones; 38 minutos). Los extractores preentrenados de características de VGG19, mejoraron la detección de diferencias morfológicas sutiles, especialmente en cúpula intermedia. La calidad de datos influyó significativamente. El entorno controlado de captura minimizó variaciones; sin embargo, la subjetividad al etiquetar la categoría intermedia (5 % de ambigüedad) sugiere la necesidad de validación. Las mejoras futuras podrían incluir generación de datos sintéticos para la clase intermedia y análisis de errores para abordar clasificaciones erróneas.

Etiquetas reales	Cúpulas claras	Cúpulas intermedia	Cúpula obscura
Cúpulas claras	87	13	0
Cúpulas intermedia	13	84	3
Cúpula obscura	0	9	91

Precisión total 87.3% (Predicciones)

Figura 1. Matriz de confusión sobre el conjunto de prueba con el modelo de red neuronal convolucional propuesto.



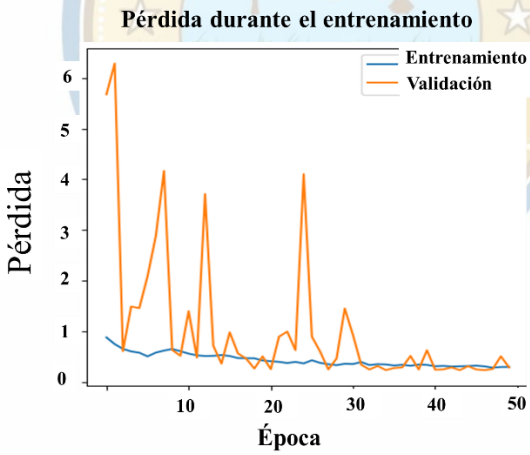
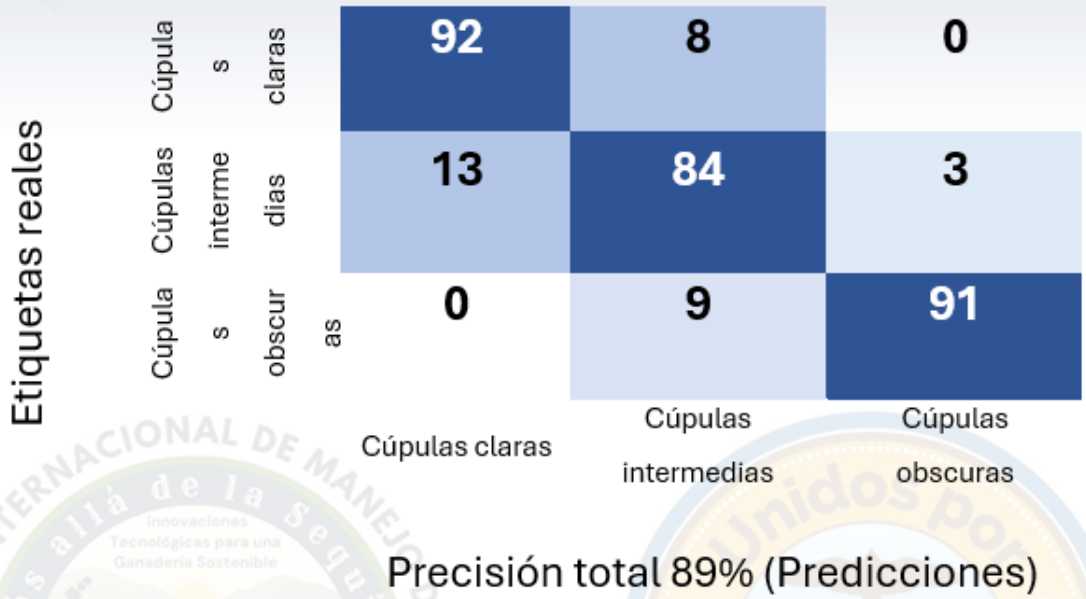


Figura 1a. Matríz de confusión sobre el conjunto de prueba con el modelo de Red Neuronal Convolucional propuesto.



Precisión total 89% (Predicciones)

Figura 2. Matriz de confusión sobre el conjunto de prueba con el modelo VGG19.

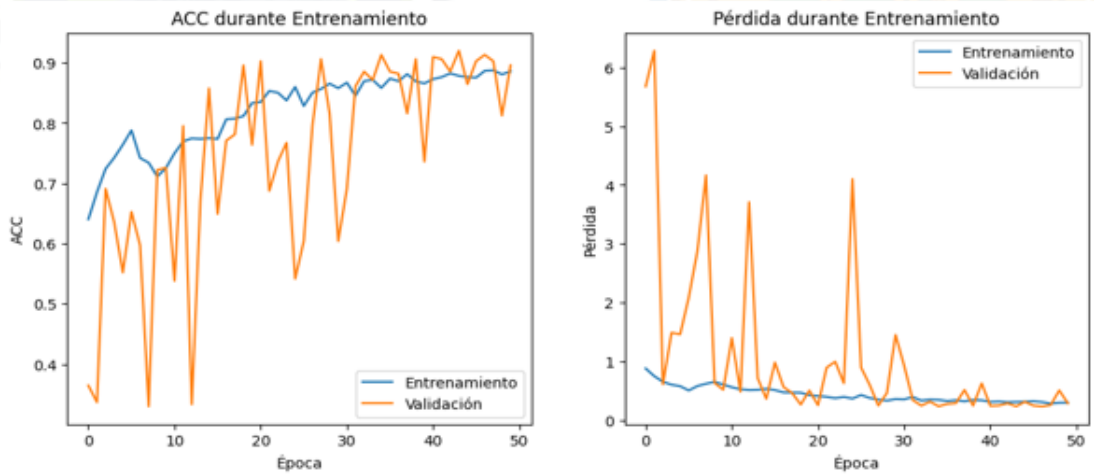


Figura 2a. Graficas de accuracy y Loss en el proceso de entrenamiento y validación del modelo VGG19.

CONCLUSIONES

Se ilustra la eficacia de modelos de redes neuronales convolucionales (CNN) para automatizar la clasificación de cúpulas de *T. dactyloides*, con el modelo CNN-VGG19 se alcanzó una precisión global de clasificación de 89 %.VGG19 facilita la identificación de cúpulas con diferentes grados de calidad. Los trabajos futuros deben enfocarse en mejorar la calidad de datos, ampliar conjuntos de datos y explorar arquitecturas adicionales para mejorar el desempeño de los modelos de clasificación. El modelo generado puede utilizarse para calificar la calidad de lotes de semilla de esta especie.

LITERATURA CITADA

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (s.f.). *Tripsacum dactyloides*. http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/ poaceae/ tripsacum-dactyloides/fichas/ficha.htm

Google. (n.d.). Google Colaboratory [Software]. Retrieved May 15 (2025) from https://colab. research.google.com/

Gulzar, Y., Hamid, Y., Soomro, A. B., Alwan, A. A. & Journaux, L. (2020). A convolution neural network-based seed classification system. Symmetry, 12(12), 2018. https://doi.org/10.3390/sym12122018:

Tropical Forages. (s.f.). *Tripsacum dactyloides*. Recuperado de https://tropicalforages. info/pdf/tripsacum_dactyloides.pdf

Pérez, H. A., *et al.* (2018). Pruebas mecánicas y físicas para rompimiento de latencia, en semilla de *Tripsacum dactyloides*. VIII congreso Internacional de Manejo de Pastizales. Zacatecas, Zacatecas. Pág. 239-243

Villanueva, A. J. F., *et al.* (2013). Comportamiento agronómico y tasas de crecimiento en cinco especies de *Tripsacum*. IV Congreso Internacional de Manejo de Pastizales y XXXIV Aniversario del Centro de Ganadería del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 5 p.

Agradecimientos. A la Línea de Generación del Conocimiento: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería, del Colegio de Postgraduados.

SECUESTRO DE CARBONO CON RELACIÓN AL MANEJO DE PASTIZALES: EXPERIENCIAS EN EL OESTE DE EUA

CARBON SEQUESTRATION IN RELATION TO RANGELEAND MANAGEMENT: EXPERIENCES IN WEST USA

Ricardo Mata-González[1,2,*], Serkan Ates[2], David E. Prado-Tarango[2]

[1]Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo, Apartado Postal 8, Bermejillo, Durango 35230 México; [2]Department of Animal and Rangeland Sciences, Oregon State University, 120 Withycombe Hall, Corvallis, Oregon 97330, USA.

*Autor para correspondencia: ricardo.matagonzalez@oregonstate.edu

RESUMEN

Se probó el efecto ambiental benéfico de la ganadería de ovinos de lana bajo manejo regenerativo. Las prácticas de manejo incluyeron: control de la presión de pastoreo, reducción del tamaño de las pasturas, pastoreo rotacional, cero labranza en tierras de cultivo, y restauración de áreas degradadas. Después de dos décadas se efectuaron muestreos de suelo y pruebas de modelaje para determinar los efectos en la acumulación de carbono en el suelo y en las emisiones de gases de efecto invernadero. La acumulación de carbono en el suelo fue desigual en los diferentes ranchos de prueba, pero en dos de ellos y en el promedio de todos los ranchos hubo una tendencia clara hacia el incremento en la captura de carbono. Todos los ranchos mostraron ser sumideros de carbono gracias a las extensas tierras de pastoreo correctamente manejadas.

Palabras Clave: agostaderos; pastoreo; efecto ambiental.

ABSTRACT

We tested the beneficial environmental effect of wool production under regenerative management. The management practices included: grazing pressure control, size pasture reduction, rotational grazing, no tilling on croplands, and restauration of degraded areas. After two decades, soil sampling and modeling tests were conducted to determine the effects of management on soil carbon accumulation and greenhouse gas emissions. Soil carbon accumulation was uneven in the different ranches that we tested, but in two of them as well as in the average of all the ranches, we observed a clear trend towards carbon increase. All the tested ranches were carbon sinks because of the extensive grazing lands under adequate management.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales naturales cubren aproximadamente un 40% de la superficie terrestre, proveen forraje y hábitat para ganado y fauna silvestre y han sido, a través de la historia, asentamiento para muchas culturas en el mundo. Otra función importante de los pastizales, que ha sido explorada más recientemente, es la acumulación o secuestro de carbono en el suelo (Bai y Cotrufo, 2022), que es considerada una estrategia promisoria para mitigar los altos niveles de carbono atmosféricos y el consecuente disturbio climático (Lal, 2004). El secuestro de carbono, que implica acumulación de materia orgánica en el suelo, no solo incrementa el carbono a largo plazo sino también mejora la estructura del suelo, reduce la erosión y crea mejores condiciones para el reciclaje de nutrientes (Janzen, 2006). El potencial para secuestrar carbono en pastizales depende de múltiples factores ambientales como el clima, tipo de suelo y vegetación, pero las prácticas de manejo del ecosistema y el control de la intensidad de pastoreo pueden también ejercer en efecto importante (Derner and Schuman, 2007).

Las explotaciones ganaderas han sido blanco de criticas por sus implicaciones ecológicas negativas como la emisión de metano, pero también hay investigación que indica que un correcto manejo puede hacer que la producción animal en agostaderos sea sustentable. En este estudio se experimenta con manejo regenerativo y su efecto ambiental a largo plazo. El objetivo de este trabajo fue determinar la acumulación de carbono en el suelo y modelar las emisiones de gases de efecto invernadero en ranchos del oeste de Estados Unidos que resultan de hasta 20 años de manejo sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un programa de monitoreo de carbono del suelo fue establecido a partir del 2020. En la actualidad, 10 ranchos en los estados de Oregon, Idaho, Nevada, Utah, Colorado, Wyoming y California, forman parte de este programa. El grupo de ranchos incluye colectivamente 1.05 millones de hectáreas de terreno privado y público donde pastorean cerca de 50,000 ovejas y se produce poco mas de 225,000 kg de lana. El objetivo principal de estos ranchos es la producción de lana de alta calidad, bajo estrictos lineamientos de manejo regenerativo para darle valor agregado al producto. Los ecosistemas incluidos en estos ranchos varían desde matorral desértico a bajas elevaciones hasta bosque de coníferas a mas de 2,700 metros de altitud. Sin embargo, todos los ranchos has seguido por años, algunos hasta 20 años, las mismas practicas de manejo regenerativo: control de la presión de pastoreo (40% de utilización), reducción del tamaño de las pasturas, pastoreo rotacional, cero labranza en tierras de cultivo, restauración de áreas degradadas, protección a áreas riparias, entre otras

Se establecieron sitios múltiples de muestreo en cada rancho tomando en cuenta la topografía, las características del suelo, elevación, tipos de vegetación, y tipo de utilización del suelo. El esquema de muestreo tuvo como objetivo reflejar las condiciones ambientales de cada rancho, para lo cual se establecieron en total 236 puntos de muestreo. El muestreo se realizó con una barrena de aproximadamente 5 cm de diámetro, tomando suelo de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm de profundidad. Se

realizaron múltiples repeticiones del muestreo en cada área seleccionada y se mezcló la muestra para el análisis de laboratorio. Se determino carbono orgánico y nitrógeno total en el suelo usando un dispositivo LECO CN828 de combustión seca. También se determinó la densidad aparente del suelo para las áreas de muestreo por medio de muestreo directo o usando información local de suelos proporcionada por el USDA. Para modelar las emisiones de gases de efecto invernadero, se utilizó el modelo COMET-Farm de la USDA (https://comet-farm.com/home). Con este modelo se obtuvieron estimaciones de emisiones bajo las condiciones de manejo actual y bajo condiciones de manejo potencial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los diez ranchos que forman parte del estudio, siete cuentan con tres años o más de determinaciones de carbono y esos se muestran en la Fig. 1. Dos de los ranchos (D y E) mostraron una clara tendencia hacia el incremento en los niveles de carbono orgánico en el suelo a través de los años. El rancho D, que fue el primero con el que se inició este estudio, tuvo el más claro incremento.

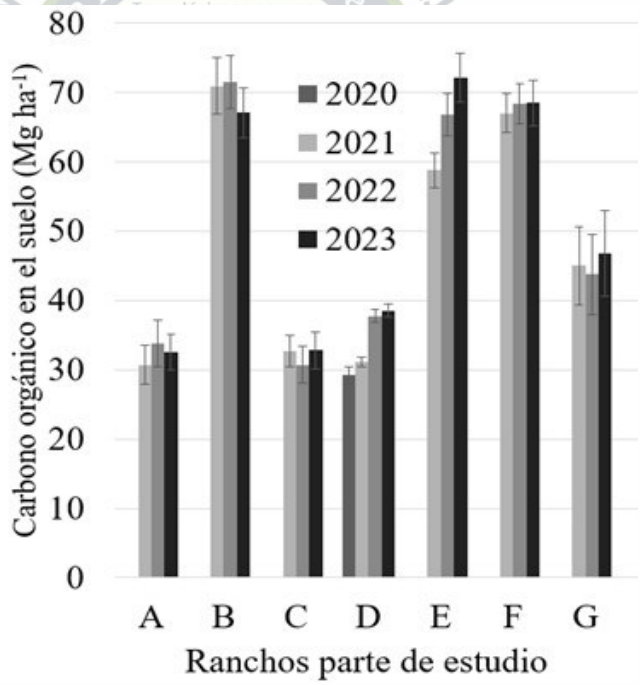


Figura 1. Carbono orgánico del suelo en siete ranchos que forman parte del proyecto durante diferentes años del estudio.

Los ranchos que forman parte de este proyecto no son homogéneos en sus características físicas y ambientales. Sin embargo, el tipo de manejo que se les ha dado por años es similar. Por los tanto, en el promedio de todos los ranchos esperaríamos que los niveles de carbono aumenten con los años de manejo, y esto se observa en la Fig. 2.

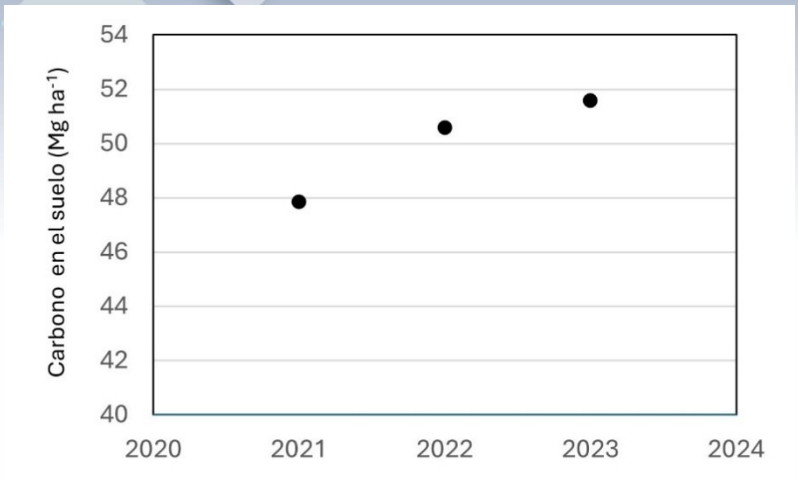


Figura 2. Incremento en el promedio de carbono orgánico en el suelo para siete ranchos del estudio durante tres años de observaciones. El año 2020 no se incluyó porque solo un rancho tuvo mediciones de carbono ese año.

El modelaje de las emisiones de gases de efecto invernadero muestra que las áreas de cultivo, así como las explotaciones animales son productores de emisiones, sin embargo, las áreas de pastoreo son sumideros de emisiones en proporción mucho mayor (Fig. 3). Por lo tanto, las áreas de pastoreo funcionan como compensadores y hacen que cada uno de los ranchos sea un sumidero neto de emisiones. Esto se debe a que los pastizales que son manejados adecuadamente y por su gran extensión, tienen una gran capacidad de adquirir carbono de la atmósfera y eventualmente depositarlo en el suelo (Lal, 2004).

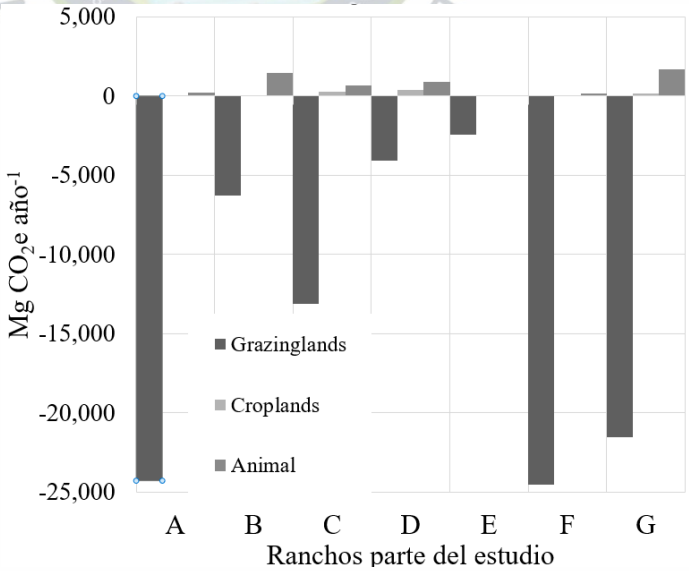


Figura 3. Emisiones de gases de efecto invernadero calculadas usando el modelo COMET-Farm para siete ranchos del estudio. Las emisiones se presentan para los diferentes tipos de tierras de los ranchos (de pastoreo o Grazinglands y de cultivo o Croplands) y para aquellas provenientes del ganado de las explotaciones (Animal). Las barras con resultado positivo indican que la explotación emite gases de efecto invernadero mientras que las barras con resultado negativo indica que la explotación es un sumidero de estos gases.

CONCLUSIONES

Las explotaciones ganaderas puedan servir, además de la producción primaria de carne o fibra, como áreas de secuestro o captura de carbono. No todas las explotaciones tienen la misma capacidad de captura; en general, mientras más áridas sean las áreas, menos potencial de captura existe porque este depende de la capacidad de fijación de carbono via fotosíntesis. Sin embargo, todos los agostaderos con un manejo adecuado tienen el potencial de servir como sumideros de gases de efecto invernadero.

LITERATURA CITADA

Lal, R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma, 123, 1-22.

Bai, Y., Cotrufo, M.F. (2022). Grassland soil carbon sequestration: Current understanding, challenges and solutions. Science. 377, 603-608.

Derner, J.D., Schuman, G.E. (2007). Carbon Sequestration and Rangelands: A Synthesis of Land Management and Precipitation Effects Journal of Soil and Water Conservation. 62, 77-85.

Janzen, H.H. (2006). The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it? Soil Biology and Biochemistry. 38, 419-424.

VULNERABILIDAD ECOLÓGICA Y REORGANIZACIÓN DE LA COMUNIDAD VEGETAL EN PASTIZALES GIPSOFILOS

ECOLOGICAL VULNERABILITY AND VEGETATION COMMUNITY REORGANIZATION IN GYPSOPHILOUS GRASSLANDS

Lilith Contreras-Olivar[1], Juan Antonio Encina-Domínguez[2], J. Javier Ochoa-Espinoza[2*].

[1]Maestría en Ciencias de Producción Agropecuaria UAAAN-UL, Periférico Raúl López Sánchez, Valle Verde, 27054 Torreón, Coahuila, México. [2]Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo 25315, México.
*Autor por correspondencia: jjochoae@yahoo.com

RESUMEN

Los pastizales gipsófilos son comunidades vegetales frágiles y de baja resiliencia, representan menos del uno por ciento del territorio nacional. Se evaluó el efecto de la exclusión sobre la composición y estructura vegetal, comparada con un área de pastoreo continuo al sureste de Coahuila. Se establecieron 18 parcelas en una exclusión de 250 ha, aledaña a un sitio de pastoreo continuo con el mismo número de parcelas. Se registraron 40 especies, equivalente al 1.24% de la flora de Coahuila. La diversidad alfa no mostró diferencias significativas, la exclusión favoreció especies perennes y evidenció un 62% de similitud entre tratamientos, lo que siguiere una reorganización temprana. La exclusión propició especies importantes en el funcionamiento del pastizal, mostrando que es una estrategia viable para el uso y conservación de este pastizal.

Palabras clave: pastizal gipsófilo, exclusión, pastoreo, conservación.

ABSTRACT

Gypsophilous grasslands are fragile plant communities with low resilience, representing less than 1% of the national territory. This study evaluated the effect of grazing exclusion on plant composition and structure, compared to an area under continuous grazing in southeastern Coahuila. Eighteen plots were established within a 250-ha exclusion area, adjacent to a continuously grazed site with an equal number of plots. A total of 40 species were recorded, representing 1.24% of the flora of Coahuila. Alpha diversity showed no significant differences between treatments; however, exclusion favored the presence of perennial species, and a 62% similarity in species composition was observed, suggesting early community reorganization. Exclusion also promoted the presence of key species for grassland functioning, indicating that it is a viable strategy for the management and conservation of gypsophilous grasslands.

Keywords: Grasslands, exclusion, conservation.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales gipsófilos del noreste de México se localizan en cuencas endorreicas donde el clima es extremoso, escasa precipitación pluvial y baja productividad de biomasa, albergan varias especies endémicas de estas condiciones edáficas como *Frankenia gypsophila, Bouteloua chasei y Muhlenbergia villiflora*, además de especies arbustivas tolerantes como *Larrea tridentata, Muhlenbergia arenicola* y *Sartwellia mexicana* (Estrada-Castillón *et al.*, 2010). Estas condiciones ambientales dan paso a la proliferación de ecosistemas frágiles de baja resiliencia ante cambios en el régimen de uso del suelo, como los promovidos por el pastoreo continuo (Escudero *et al.,* 2014). Por lo que el sobrepastoreo termina afectando la productividad de los zacates y el hábitat de los microorganismos, causando degradación del suelo y cambios catastróficos en la vegetación sobre especies forrajeras deseables, sustituidas por arbustos y hierbas perennes de baja gustosidad, algunas de tipo ruderal (Van de Koppel *et al.,* 1997).

La exclusión ganadera ha sido utilizada como una estrategia para promover la recuperación de dichos pastizales, aunque en pastizales áridos y semiáridos la respuesta de la vegetación puede ser lenta y variable (Milchunas *et al.,*1988) en los pastizales gipsófilos debido a su alta especialización florística y sensibilidad del suelo yesoso, es una estrategia relevante para conservar su productividad y funcionalidad ecológica (Escudero *et al.,* 2014). Por lo que, aplicar estrategias diferenciadas en el uso de pastizales áridos y semiáridos como la implementación de áreas de descanso permitirá detectar los primeros cambios en la comunidad vegetal, como variaciones en la composición de especies o en su dominancia antes de que ocurran cambios significativos en la riqueza o diversidad total (Chillo *et al.,* 2011). Por lo anterior, el objetivo del trabajo es evaluar cambios en la composición, diversidad y riqueza en un pastizal gipsófilo con dos años de exclusión, comparado con un área de pastoreo continuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el sureste de Saltillo, Coahuila, México dentro de los terrenos ejidales del “Fraile”. El área fue seleccionada en base a un análisis exhaustivo de las áreas más influenciadas por la actividad humana, estableciendo una exclusión de 250 ha dentro de un valle con pastizal gipsófilo. El estrato herbáceo está dominado por zacates cortos como *Muhlenbergia villiflora* Hitchc., *M. torreyi* (Kunth) Hitchc. ex Bush y *Achnatherum editorum* (E. Fourn.) Valdés-Reyna & Barkworth.

El área se encuentra en altitud media de 1980 m, con suelos profundos, alto contenido de yeso, pH alcalino, escasa materia orgánica y precipitación errática menor a 300 mm anuales. Con una elevada carga animal y sin ningún programa de manejo, lo que ha generado cambios negativos en algunos sitios con presencia de escasa cobertura vegetal y en otras áreas se ha propiciado la invasión de especies como *Zinnia acerosa* (DC.) A. Gray y *Tiquilia canescens* (DC.) A. Gray, especies no apetecibles por el ganado.

Se seleccionaron dos tratamientos: un área con un descanso previo de dos años (exclusión) y una condición de pastoreo continuo de manera aledaña (control); en cada tratamiento se establecieron 18 parcelas de forma sistemática. Mediante la utilización de un método de cuadrante de 1m^2, se tomaron datos sobre la cobertura vegetal por especies en verano del 2024. De los datos brutos obtenidos en campo fueron procesados para los siguientes indicadores ecológicos: riqueza de especies, diversidad alfa (Índice de Shannon y Margalef), diversidad beta (Índice de Jaccard) y el VIR por especie. Posteriormente fueron analizados en el paquete estadístico PAST 5.2.1 con una prueba estadística de t estándar para la determinación del efecto significativo de la exclusión sobre el control.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los valores analizados de riqueza, se registraron 40 especies, lo que representa el 1.24% de la diversidad florística de Coahuila, siendo un valor inferior al 9.1% de la riqueza registrada de plantas vasculares en suelos yesosos dentro de la región (Ochoterena, 2020). Si bien, la riqueza específica proporciona una base para comprender la diversidad, es fundamental analizar cómo se distribuyen estas especies dentro de la comunidad; en este sentido, los índices de diversidad son herramientas útiles para comprender la estructura ecológica y orientar el manejo racional.

De acuerdo con los valores analizados para diversidad alfa, los índices de Shannon y Margalef no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($H' = 1.707$ *vs*. $H' = 2.383$; Margalef = 2.281 *vs*. 3.159; $P > 0.005$). No obstante, para la exclusión, se identificaron cambios estructurales en la comunidad vegetal, con una riqueza de 17 especies y un VIR acumulado del 60.7%. Con dominancia de especies perennes de alta biomasa, como *Muhlenbergia villiflora* y *Achnatherum editorum* (Figura 1), así como la presencia de especies endémicas de suelo yesoso, como *Machaeranthera crutchfieldii*. En contraste, en el área de pastoreo continuo se contabilizaron 22 especies con un VIR total del 50%, con presencia de seis malezas ruderales, entre las cuales sobresale *Solanum elaeagnifolium* y *Salvia reflexa*, sin embargo, estas crecen de forma aislada. Ambas provienen de las áreas agrícolas ubicadas a 100 m de distancia.

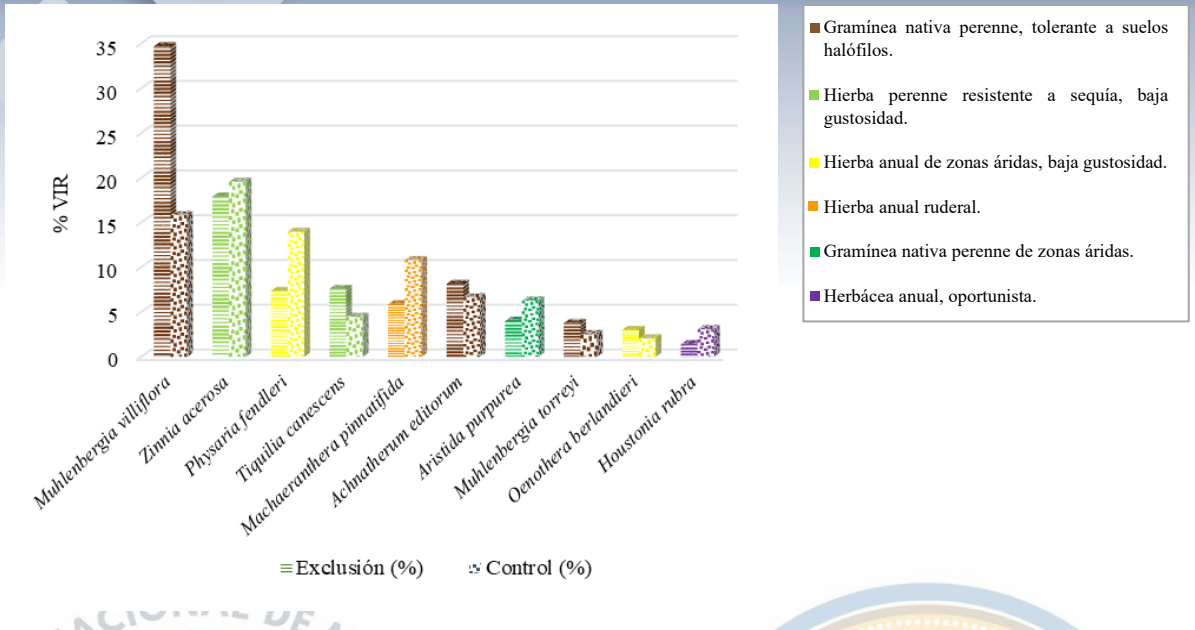


Figura 1. 10 especies con valores más altos de VIR.

Los resultados obtenidos de exclusión *vs* control pueden interpretarse como indicios de una reorganización temprana de la comunidad vegetal, donde la estructura vegetal comienza a cambiar antes de que se observen efectos marcados en la diversidad total, sin afectar significativamente la diversidad a corto plazo (Soca, 2025). Además, el índice de Jaccard mostró un 62% de similitud entre tratamientos, lo cual se sugiere que los pastizales gipsófilos responden positivamente a la exclusión de pastoreo en un periodo relativamente corto, reorganizando su composición florística sin requerir cambios drásticos en la riqueza o diversidad alfa. (Chillo *et al.,* 2011). Esta respuesta estructural, sin cambios drásticos en los índices de diversidad, ha sido documentado en ecosistemas halófilos como una fase inicial de recuperación vegetal, dada la sensibilidad ecológica en suelos yesosos, estos resultados refuerzan el valor de la exclusión de ganado como estrategia de conservación y uso en este tipo de pastizal (Chillo *et al.,* 2011; Escudero *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Los pastizales gipsófilos requieren estrategias de conservación diferenciadas, que no se limiten al aumento de riqueza, sino que incluyan indicadores estructurales y funcionales de reorganización vegetal que pueden mostrar cambios en un periodo corto. La exclusión de ganado no afecta la diversidad y riqueza, sino, genera una reorganización en las especies, que a largo plazo podría tener efectos en su estructura y funcionalidad del pastizal. Se recomienda implementar un manejo ganadero adaptativo del uso controlado del pastoreo como herramienta de la heterogeneidad y funcionalidad del pastoreo.

LITERATURA CITADA

Chillo, V., Anand, M., & Ojeda, R. A. (2011). Assessing the use of functional diversity as a measure of ecological resilience in arid rangelands. *Ecosystems*, 14(7), 1168–1177. DOI: 10.1007/s10021-011-9475-1

Escudero, A., Palacio, S., Maestre, F. T., & Luzuriaga, A. L. (2014). Plant life on gypsum: a review of the diversity, ecology and evolution of gypsophile flora. *Phytogéographie, phytosociologie, écologie végétale*, 33, 133–147.

Estrada-Castillón, E., Scott-Morales, L., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cotera-Correa, M., Cantú

Ayala, C., y García-Pérez, J. (2010). Clasificación de los pastizales halófilos del noreste de México asociados con perrito de las praderas (*Cynomys mexicanus*): diversidad y endemismo de especies. *Revista mexicana de biodiversidad*, vol. 81(2), 401-416. doi:10.22201/ib.20078706e.2010.002.650.

Milchunas, D. G., Sala, O. E., & Lauenroth, W. K. (1988). A generalized model of the effects of grazing by large herbivores on grassland community structure. *American Naturalist*, 132(1), 87–106. DOI: 10.1086/284839

Ochoterena, H., Flores-Olvera, H., Gómez-Hinostrosa, C., y Moore, M. J. (2020). Gypsum and plant species: a marvel of Cuatro Ciénegas and the Chihuahuan Desert. Plant Diversity and Ecology in the Chihuahuan Desert: Emphasis on the Cuatro Ciénegas Basin, 129-165. Doi:10.1007/978-3-030-44963-6_9

Soca Jorge, J. (2025). Respuesta de pastizales degradados a la exclusión de pastoreo de ganado vacuno dentro del parque Huascarán, Ancash, Perú. Tesis Maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina, 133 p.

Van de Koppel, J., Rietkerk, M., y Weissing, F. J. (1997). Catastrophic vegetation shifts and soil degradation in terrestrial grazing systems. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 12(9), 352-356. DOI: 10.1016/S0169-5347(97)01275-X

ADAPTACIÓN DEL MÉTODO "EVALUACIÓN VISUAL DE LA ESTRUCURA DEL SUELO": DESARROLLO DE RANGELANDVESS"

ADAPTATION OF THE METHOD "VISUAL EVALUATION OF SOIL STRUCTURE": DEVELOPMENT OF RANGELANDVESS

Pamela Fernanda Mejía-Leyva[1], Alfredo Pinedo-Álvarez[1*], Jesús Alejandro Prieto-Amparan[1], Federico Villarreal-Guerrero[1], Carlos Morales-Nieto[1].

[1]UACH-Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada Km. 1 Chihuahua, Chih, México. CP 31453. apinedo@uach.mx*

RESUMEN

La estructura del suelo influye en funciones como la captura de carbono, la regulación climática y la infiltración. En pastizales semiáridos, factores como el pastoreo, la densidad animal y la humedad influyen en degradación estructural. El objetivo fue adaptar el método de evaluación visual de la estructura del suelo (VESS) a condiciones semiáridas bajo pastoreo, desarrollando el "RangelandVESS". El estudio se realizó en el rancho Teseachi en seis potreros con distintas razas bovinas. El método adaptado redujo las categorías de evaluación y consideró diferencias entre suelos arcillosos y arenosos. RangelandVESS detectó gradientes de degradación estructural, diferencias texturales y mayor presencia de estructura laminar. Se concluye que los métodos visuales requieren adaptación a las condiciones locales para lograr evaluaciones precisas y útiles en el manejo sostenible de pastizales.

Palabras clave: Estructura del suelo, zonas semiáridas, pastoreo

ABSTRACT

Soil structure influences key functions such as carbon sequestration, climate regulation, and water movement. In semi-arid rangelands, grazing has a lower impact on soil structure than agricultural machinery, but factors like stocking density and soil moisture affect degradation. This study aimed to adapt the Visual Evaluation of Soil Structure (VESS) method to semi-arid grazing conditions, resulting in the "RangelandVESS." Research was conducted at the Teseachi experimental ranch (Chihuahua, Mexico) across six paddocks with different cattle breeds. The adapted method reduced evaluation categories and accounted for differences between clay and sandy soils. RangelandVESS identified structural degradation gradients, textural differences, and a higher occurrence of laminar structure. Findings highlight that visual methods require adaptation to local climate and land use conditions to provide accurate evaluations, supporting sustainable rangeland management.

Key words: Soil structure, semiarid zones, grazing

INTRODUCCIÓN.

La estructura del suelo hace referencia a la organización y agrupación de las partículas minerales en agregados. Asimismo, comprende la red de poros, donde el espacio existente entre las partículas minerales y en el interior de los agregados se denomina intraporosidad o poros texturales. En contraste, la interporosidad se refiere al espacio entre los agregados (Yudina y Kuzyakov, 2023). Esta propiedad es un aspecto importante de la salud del suelo debido a su relevancia en diversas funciones edáficas. Por ejemplo, favorece el secuestro de carbono mediante la protección física contra la degradación microbiana. Además, la geometría de los poros (es decir, la distribución del tamaño de poros, la conectividad y la tortuosidad) media el intercambio de gases con la atmósfera. Este proceso es importante para la regulación climática. Asimismo, la geometría de la porosidad y la estabilidad estructural influyen en la erosión hídrica y en el movimiento del agua dentro de la matriz del suelo (Rabot *et al.*, 2018).

Los pastizales son ecosistemas compuestos por vegetación natural o seminatural que sustenta el pastoreo de ganado y/o animales silvestres. Cubren aproximadamente el 50 % de la superficie terrestre y comúnmente son tierras manejadas de forma extensiva (Briske y Coppock, 2022). La degradación estructural del suelo en los pastizales puede ocurrir cuando el ganado ejerce presión sobre el suelo con sus pezuñas. Otros factores que influyen son la densidad animal y la duración del pastoreo (Donovan & Monaghan, 2021). Con base en lo anterior, la evaluación de la estructura del suelo es crucial para mantener la funcionalidad de los suelos saludables en los pastizales.

Existen métodos directos para evaluar la estructura del suelo, y las técnicas de evaluación visual del suelo son un ejemplo de ello. Estos métodos se basan en fotografías que sirven como guía. Algunas de sus ventajas son la obtención de resultados inmediatos, su bajo costo y la poca mano de obra requerida. Las evaluaciones visuales también han demostrado una buena correlación con las mediciones de laboratorio. Entre las distintas técnicas, destaca la Evaluación Visual de la Estructura del Suelo (VESS, por sus siglas en inglés), desarrollada por Guimarães *et al.* (2011). No obstante, este método se ha aplicado principalmente en suelos agrícolas, mayormente en climas tropicales y templados. Estas razones fundamentan el presente estudio. Además, se reconoce la necesidad de contar con un método económico y práctico para evaluar la estructura del suelo en zonas semiáridas bajo pastoreo. Por lo tanto, el objetivo principal es adaptar el método VESS a las condiciones de pastoreo en un agostadero bajo un clima semiárido.

MATERIALES Y MÉTODOS.

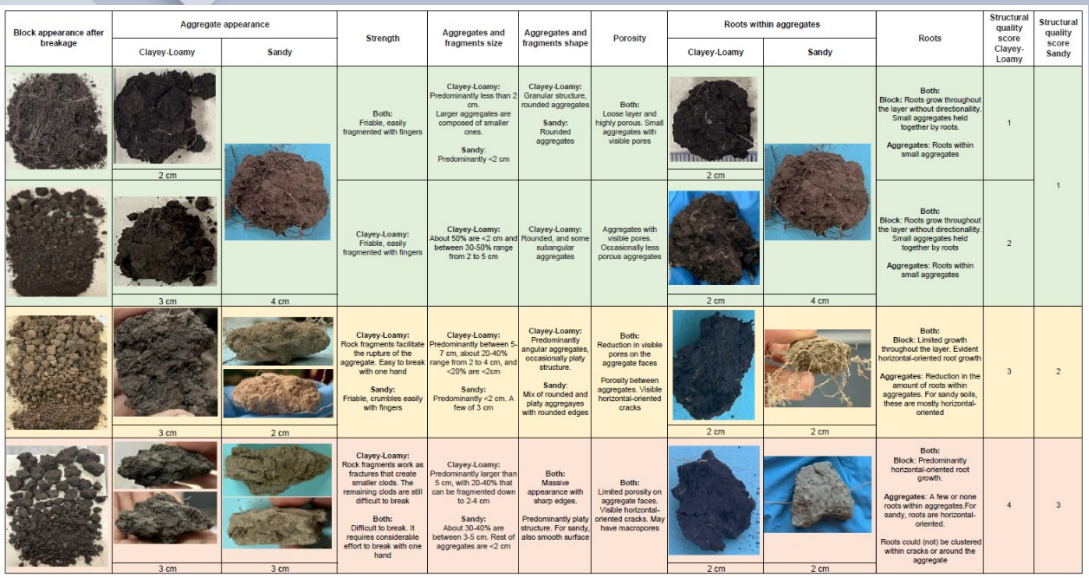
El área de estudio “Lajas” se ubica en el rancho experimental Teseachi que se localiza en el municipio de Namiquipa y cuenta con una superficie aproximada de 12,000 ha. La temperatura media anual es de 13 °C, con una precipitación media anual de 580

mm mientras. La altitud varía de 1,900 a 2,800 m.s.n.m. Por otro lado, el suelo en Teseachi se clasifica como Leptosol. Estos suelos se caracterizan por tener menos de 25 cm de profundidad y un volumen de rocas y piedras de aproximadamente el 80%. Lajas se subdivide en seis potreros, y en cada uno se tiene una zona de exclusión de aproximadamente 60 m^2. Además, cada potrero está destinado al pastoreo exclusivo de una raza de ganado, que puede ser Angus-Hereford, Criollo o la cruza de ambas.

Para minimizar las influencias topográficas, las muestras se recolectaron exclusivamente en las zonas de menor altitud, que oscilaron entre 2,120 y 2,184 m.s.n.m, en laderas con orientación norte. Además, el muestreo se realizó únicamente en las áreas más bajas debido a la prevalencia de terreno rocoso en las zonas más elevadas. Esto hace que el método no sea adecuado para este tipo de suelos. La orientación norte se escogió debido a que recibe menos radiación solar y, por ende, preserva más humedad en el suelo. Esto es importante a la hora de realizar las evaluaciones ya que el contenido de humedad afecta la resistencia del suelo repercutiendo en la fuerza necesaria para romper los bloques y agregados. Se tomaron cinco muestras por potrero en áreas de visible castigo, es decir, con evidente sobrepastoreo. En las exclusiones se muestrearon tres puntos debido a que estas zonas no han sido pastoreadas y se espera menos variabilidad. Las muestras se colocaron en bolsas etiquetadas que fueron cerradas para evitar la pérdida de humedad y se llevaron al laboratorio. Durante el traslado se aseguró el menor grado de disturbio a las mismas para no afectar la estructura. En el laboratorio se colocaron sobre platos de aluminio y se hizo la adaptación del método. Esto consistió en la evaluación visual, toma de fotografías, e iterativamente, la clasificación de muestras y fotos. La adaptación y evaluación se realizó con las mismas características visuales del método original: apariencia después del bloque, apariencia de los agregados, fuerza para el rompimiento, tamaño y forma de los agregados y fragmentos, porosidad y presencia de raíces.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

El método original VESS tiene cinco categorías de puntaje de calidad (Sq) en un sistema de semáforo, que van desde Sq1 (mayor calidad, color verde) hasta Sq5 (menor calidad, color rojo). Sin embargo, el ganado por su peso y estrés ejercido tiene un menor impacto en la estructura del suelo en contraste con la maquinaria pesada utilizada en la agricultura. Además, la humedad presente en el suelo es menor en un clima semiárido comparada con la de climas tropicales y templados. Estos factores repercuten en la cohesión (c) y ángulo de fricción interna (ϕ) que conforman la resistencia del suelo. A menor humedad mayor es la c y el ϕ, y, por ende, aumenta la resistencia. Esto disminuye el riesgo de falla y la degradación esperada. Debido a ello, el método adaptado y titulado “RangelandVESS” (Figura 1) presenta cuatro categorías de calidad estructural para suelo arcilloso y tres para el arenoso. El formato conservó el código de color verde a rojo.



Block appearance after breakage	Aggregate appearance		Strength	Aggregates and fragments size	Aggregates and fragments shape	Porosity	Roots within aggregates		Roots	Structural quality score Clayey-Loamy	Structural quality score Sandy
	Clayey-Loamy	Sandy					Clayey-Loamy	Sandy			
	2 cm		**Both:** Friable, easily fragmented with fingers	**Clayey-Loamy:** Predominantly less than 2 cm. Larger aggregates are composed of smaller ones. **Sandy:** Predominantly <2 cm	**Clayey-Loamy:** Granular structure, rounded aggregates **Sandy:** Rounded aggregates	**Both:** Loose layer and highly porous. Small aggregates with visible pores	2 cm		**Both:** **Block:** Roots grow throughout the layer without directionality. Small aggregates held together by roots. **Aggregates:** Roots within small aggregates	1	1
	3 cm	4 cm	**Clayey-Loamy:** Friable, easily fragmented with fingers	**Clayey-Loamy:** About 50% are <2 cm and between 30-50% range from 2 to 5 cm	**Clayey-Loamy:** Rounded, and some subangular aggregates	Aggregates with visible pores. Occasionally less porous aggregates	2 cm	4 cm	**Both:** **Block:** Roots grow throughout the layer without directionality. Small aggregates held together by roots **Aggregates:** Roots within small aggregates	2	
	3 cm	2 cm	**Clayey-Loamy:** Rock fragments facilitate the rupture of the aggregate. Easy to break with one hand **Sandy:** Friable, crumbles easily with fingers	**Clayey-Loamy:** Predominantly between 5-7 cm, about 20-40% range from 2 to 4 cm, and <20% are <2cm **Sandy:** Predominantly <2 cm. A few of 3 cm	**Clayey-Loamy:** Predominantly angular aggregates, occasionally platy structure. **Sandy:** Mix of rounded and platy aggregates with rounded edges	**Both:** Reduction in visible pores on the aggregate faces Porosity between aggregates. Visible horizontal-oriented cracks	2 cm	2 cm	**Both:** **Block:** Limited growth throughout the layer. Evident horizontal-oriented root growth **Aggregates:** Reduction in the amount of roots within aggregates. For sandy soils, these are mostly horizontal-oriented	3	2
	3 cm	3 cm	**Clayey-Loamy:** Rock fragments work as fractures that create smaller clods. The remaining clods are still difficult to break **Both:** Difficult to break. It requires considerable effort to break with one hand	**Clayey-Loamy:** Predominantly larger than 5 cm, with 20-40% that can be fragmented down to 2-4 cm **Sandy:** About 30-40% are between 3-5 cm. Rest of aggregates are <2 cm	**Both:** Massive appearance with sharp edges. Predominantly platy structure. For sandy, also smooth surface	**Both:** Limited porosity on aggregate faces. Visible horizontal-oriented cracks. May have macropores	2 cm	2 cm	**Both:** **Block:** Predominantly horizontal-oriented root growth. **Aggregates:** A few or none roots within aggregates.For sandy, roots are horizontal-oriented. Roots could (not) be clustered within cracks or around the aggregate	4	3

Figura 1. Método adaptado “RangelandVESS”.

Las características principales por categoría son que los agregados de sq1 y sq2 están conformados por agregados más pequeños que conservan su forma. Su tamaño varía de 2 a 3 cm para suelos arcillosos y de 2 a 4 cm para los arenosos. En el sq3 los agregados son subangulares con bordes redondeados y caras moderadamente lisas. Esto es indicativo de un mayor grado de compactación que ocasiona una disminución de las características individuales de cada agregado. Por último, la sq4 presenta agregados angulares con bordes “filosos” y caras lisas con apariencia masiva. Durante la evaluación, si el usuario no está seguro de que categoría asignar, se da la opción de otorgar una calificación media, por ejemplo, un sq 3.5.

Del RangelandVESS se destaca que es a nuestro conocimiento, el primer método visual para climas semiáridos. Por otro lado, es el segundo para suelos ganaderos, después de GrassVESS. Dada la relevancia y extensión de las tierras de pastoreo en zonas áridas y semiáridas se considera necesario el tener un método que represente la naturaleza de la degradación estructural definida por el uso de suelo y clima. RangelandVESS ofrece, a diferencia de otros métodos visuales, una categorización de suelos arenosos. Además, debido a lo ya comentado referente a la resistencia del suelo, el tamaño de los agregados evaluados (<7 cm) fue menor al que se encuentra en suelos agrícolas en climas tropicales y templados (>10 cm). Por último, se encontró una mayor evidencia de estructura laminar, lo cual, quedó plasmado desde la sq3 (arcillas) y sq2 (arenas). Esto ocasiono un visible crecimiento horizontal de raíces lo cual limita la explotación de recursos a mayor profundidad del suelo. La estructura laminar puede atribuirse a las fuerzas i.e., normal, aplicada, de fricción y de resistencia, ejercidas por la pezuña del ganado en el suelo.

CONCLUSIONES

RangelandVESS visibilizó que las diferencias climáticas y de uso de suelo hacen necesaria la adaptación del método VESS para realizar evaluaciones más fieles a las condiciones locales. Por ende, los métodos visuales no son universales. La influencia de la humedad en la resistencia del suelo y consecuentemente en el tamaño de los agregados, podría ocasionar una subestimación de la degradación empleando el método VESS. Finalmente, RangelandVESS es capaz de distinguir entre gradientes de degradación estructural además de ofrecer una distinción entre texturas. Los métodos visuales ofrecen la posibilidad de un monitoreo continuo de bajo costo. Sin embargo, los resultados obtenidos reflejan la necesidad de adaptación de acuerdo con el clima y uso de suelo.

LITERATURA CITADA

Briske, D. D., & Coppock, D. L. (2022). Rangeland stewardship envisioned through a planetary lens. *Trends in Ecology & Evolution*. https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.09.012

Donovan, M., & Monaghan, R. (2021). Impacts of grazing on ground cover, soil physical properties and soil loss via surface erosion: A novel geospatial modelling approach. *Journal of Environmental Management*, *287*, 112206.

Guimarães, R. M. L., Ball, B. C., & Tormena, C. A. (2011). Improvements in the visual evaluation of soil structure. *Soil Use and Management*, *27*(3), 395-403.

Rabot, E., Wiesmeier, M., Schlüter, S., & Vogel, H. J. (2018). Soil structure as an indicator of soil functions: A review. In *Geoderma* (Vol. 314, pp. 122–137). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009

Yudina, A., & Kuzyakov, Y. (2023). Dual nature of soil structure: The unity of aggregates and pores. *Geoderma*, *434*, 116478. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116478

SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BOVINA DEL DISTRITO DE DESARROLLO RURAL DE JEREZ, ZACATECAS

SUSTAINABILITY OF CATTLE PRODUCTION SYSTEMS IN THE RURAL DEVELOPMENT DISTRICT OF JEREZ, ZACATECAS

Ana Karen Villaneda-Hurtado[1], Ma. Enriqueta Luna-Coronel[1], Ricardo A. Sánchez-Gutiérrez[2], Daniel García-Cervantes[1], Luis C. Muñóz-Salas[1], Alejandro Espinoza-Canales[1], Juan C. López-García[1], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]*.

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. [2]Instituto Nacional de Investigaciones Agricolas y Pecuarias-Zacatecas. *Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

El Distrito de Desarrollo Rural de Jerez, Zacatecas, es una región con alta concentración de unidades de producción bovina bajo esquemas extensivos y mixtos. Este estudio caracterizó las condiciones socioculturales, prácticas de manejo, situación económica y percepción ambiental de los productores ganaderos de la zona, a través de una encuesta aplicada en seis municipios del distrito. Los resultados muestran una población productora envejecida, con baja escolaridad y acceso limitado a tecnologías y financiamiento. El 80 % de los sistemas son mixtos, pero con bajo nivel de tecnificación y escasa rotación de potreros. La mayoría de los productores reportó afectaciones severas por sequía en 2023, con pérdidas forrajeras y deterioro de pastizales. Se concluye que es necesario fortalecer las capacidades locales, el acceso a apoyos diferenciados y la implementación de prácticas sostenibles para mejorar la resiliencia y viabilidad de los sistemas ganaderos en contextos semiáridos.

Palabras clave: Sistemas mixtos, ganadería bovina, sequía, sustentabilidad, manejo de pastizales

ABSTRACT

The Rural Development District of Jerez, Zacatecas, hosts a high concentration of cattle production units operating under extensive and mixed systems. This study characterized the sociocultural conditions, management practices, economic situation, and environmental perception of local cattle producers through a structured survey applied in six municipalities. Results reveal an aging producer population with low educational attainment and limited access to technology and credit. About 80% of the systems are mixed, yet with minimal pasture rotation and low infrastructure. Most producers reported severe drought impacts in 2023, including forage losses and pasture degradation. Findings highlight the need to strengthen local capacities, expand

access to differentiated support, and promote sustainable practices to enhance the resilience and viability of cattle systems in semi-arid regions.

Keywords: Mixed systems, beef cattle, drought, sustainability, pasture management

INTRODUCCIÓN

Zacatecas, cuyo nombre proviene del náhuatl "zacatl", es una región semiárida donde la ganadería de carne representa una de las actividades más extendidas, incluso en zonas con limitadas alternativas productivas. Su clima seco y su ubicación en la Sierra Madre Occidental y los Valles Zacatecanos han favorecido el desarrollo de sistemas extensivos basados en pastizales naturales. En este contexto, el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Jerez —integrado por seis municipios— concentra más de 309 mil cabezas de ganado, equivalentes al 20 % del hato estatal. Sin embargo, estos sistemas enfrentan crecientes desafíos: deterioro de recursos naturales, baja tecnificación, escasa rentabilidad y los efectos agravantes del cambio climático y la sequía, que han reducido la disponibilidad forrajera y comprometido la viabilidad de muchas unidades productivas (Lobato y Mejía, 2021). Ante ello, se vuelve necesario caracterizar los sistemas de producción de manera integral, incorporando dimensiones técnicas, socioculturales, económicas y ambientales. Estudios previos han subrayado la utilidad de establecer tipologías que permitan diseñar políticas públicas diferenciadas y fomentar la adopción de tecnologías apropiadas (Solano *et al.*, 2000; Granados-Rivera *et al.*, 2018). El presente estudio tiene como objetivo analizar la situación actual de los sistemas de producción bovina en el DDR de Jerez mediante una encuesta a productores de carne, con el fin de aportar elementos para una planeación más precisa y sustentable en regiones áridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Jerez, Zacatecas, el cual comprende los municipios de El Plateado de Joaquín Amaro, Jerez, Monte Escobedo, Susticacán, Tepetongo y Villanueva. Esta región se caracteriza por su clima predominantemente seco y semiseco, con altitudes que oscilan entre los 1,800 y 2,400 metros sobre el nivel del mar, y una vegetación dominante compuesta por pastizales naturales, matorrales y zonas de bosque templado en algunas áreas altas.

Diseño del estudio

Se aplicó una encuesta estructurada a productores de los seis municipios que conforman el Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Jerez, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional. Para su elección se consideraron

criterios como la representatividad territorial, la disponibilidad de información por parte del productor y su participación activa en la actividad ganadera durante los últimos cinco años. El cuestionario fue diseñado para abordar cuatro dimensiones clave: la dimensión sociocultural (edad, género, escolaridad y experiencia del productor); la dimensión de manejo (tipos de alimentación, acceso al agua, sanidad e infraestructura); la dimensión económica (tamaño del hato, ingresos, estrategias de comercialización y acceso a apoyos); y la dimensión ambiental y de sequía (percepción sobre el clima, afectaciones recientes y estrategias de adaptación implementadas).

Técnicas de recopilación y análisis

La encuesta se aplicó presencialmente durante diciembre 2023 y el primer bimestre de 2024. Se complementó con observación directa para validar respuestas y documentar condiciones sanitarias e infraestructurales. Los datos fueron analizados en R mediante estadística descriptiva, análisis bivariado y conglomerados jerárquicos para identificar tipologías productivas y relaciones entre variables como percepción de sequía y tipo de manejo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil sociocultural de los productores

El análisis sociocultural de los productores bovinos del Distrito de Desarrollo Rural de Jerez muestra una población predominantemente envejecida y con baja escolaridad. Más del 68 % de los productores tienen más de 45 años, lo que limita el relevo generacional y la adopción de tecnologías. Solo el 17.6 % corresponde a productores jóvenes (18 a 45 años). En cuanto a escolaridad, predomina el nivel básico (primaria completa o incompleta), condición que reduce el acceso a capacitación técnica y limita la gestión eficiente de las unidades de producción. Además, aunque la ganadería es mayoritariamente masculina, se observa una participación femenina cercana al 30 %, principalmente en actividades de alimentación y comercialización familiar. Este perfil evidencia una base productiva con limitaciones estructurales que requieren políticas diferenciadas, capacitación contextualizada y estrategias para fortalecer el rol de mujeres y jóvenes en el ámbito ganadero.

Prácticas de manejo

En el DDR de Jerez, cerca del 80 % de los sistemas ganaderos son mixtos, combinando ganadería con agricultura. Se combina el pastoreo extensivo en agostadero con suplementación estratégica, especialmente en temporadas secas. Este esquema brinda cierta resiliencia, aunque enfrenta retos en eficiencia y conservación. La mayoría de los productores utiliza pastizales naturales gran parte del año y recurre a forrajes como avena, maíz, o nopal en épocas críticas. Sin embargo, muchas unidades carecen de infraestructura adecuada para el manejo de agua, lo que limita su

capacidad durante periodos de sequía. El manejo de potreros suele ser rudimentario y sin rotación, lo que favorece el sobrepastoreo y la degradación del suelo. Aunque existen programas de apoyo, la adopción de tecnologías y prácticas sustentables (como bancos forrajeros o rotación de potreros) aún es limitada y depende de la iniciativa individual del productor. El 60 % de los encuestados ha recibido algún tipo de capacitación, pero su impacto es marginal debido a la falta de seguimiento técnico y acompañamiento constante.

Situación económica

Los sistemas mixtos prevalentes indican que los productores combinan ventas de becerros, novillos y ganado doble propósito, generando ingresos variables según el ciclo, producto y la edad del ganado vendido. Los sistemas mixtos suelen incurrir en costos asociados a suplementación en periodos críticos, infraestructura básica y alimentación adquirida. Solo el 10 % de las unidades productivas acceden a crédito formal, y alrededor del 6% cuenta con algún tipo de financiamiento del gobierno. La baja tasa de acceso limita la renovación de infraestructura y la inversión en tecnologías de conservación y manejo de pastos. Programas como Fomento Ganadero y PROGAN han tenido alcance limitado en capacidades de apoyo y participación, lo que restringe el crecimiento y adaptación de los sistemas. El 90% de los productores venden ganando en pie a intermediarios, con precios volátiles y poca capacidad de negociación. La venta directa o la formación de grupos de productores es aún incipiente, lo que limita el acceso a mejores precios, mercados segmentados y valor agregado.

Impacto ambiental y percepción de sequía

La actividad ganadera utiliza intensivamente los recursos de suelo y agua, lo que incrementa la vulnerabilidad ante eventos extremos como sequías. El 80 % de los productores comentó que la sequía del 2023 fue severa y muy severa. Entre 2005 y 2011, prolongadas sequías provocaron pérdidas significativas en la superficie ganadera y agrícola, afectando la estabilidad productiva del sector. El mismo periodo registró la muerte de hasta 100 mil cabezas y pérdidas económicas estimadas en cerca de 500 mdp. El sobrepastoreo y la extracción prolongada han deteriorado significativamente los pastizales y matorrales del centro-norte mexicano. Este deterioro, sumado a la conversión de suelo hacia agricultura, ha disminuido la cobertura vegetal entre un 14 % y 26 % en medio siglo. La presión ganadera sin manejo rotacional promueve erosión, compactación del suelo y menor capacidad de retención hídrica.

CONCLUSIONES

El perfil de los productores muestra un predominio de personas mayores de 45 años, con baja escolaridad y limitada participación de jóvenes. Esta situación reduce la capacidad de innovación, la adopción de tecnologías y limita las oportunidades de relevo generacional. La participación femenina, aunque presente, sigue siendo poco visibilizada y subutilizada como fuerza productiva. El 80 % de las unidades productivas opera bajo esquemas mixtos que combinan pastoreo extensivo con suplementación forrajera. Sin embargo, el manejo de potreros carece de planeación rotacional, lo que ha generado sobrepastoreo y degradación del recurso.Los productores enfrentan márgenes económicos estrechos, altos costos de alimentación en épocas críticas y escaso acceso a financiamiento o apoyos gubernamentales. Las estrategias de comercialización dependen en gran medida de intermediarios, lo que reduce el ingreso neto por animal y perpetúa una dinámica de baja rentabilidad.

LITERATURA CITADA

Lobato Sánchez, R., & Mejía Estrada, P. I. (2021). Perspectiva sobre la sequía actual en México. Boletín Científico, 15(2), 45–62.

Granados-Rivera, L. D., Quiroz-Valiente, J., Maldonado-Jáquez, J. A., Granados-Zurita, L., Díaz-Rivera, P., & Oliva-Hernández, J. (2018). Caracterización y tipificación del sistema doble propósito en la ganadería bovina del Distrito de Desarrollo Rural 151, Tabasco, México. Acta universitaria, 28(6), 47-57.

Solano, C., Bernués, A., Rojas, F., Joaquín, N., Fernandez, W., & Herrero, M. (2000). Relationships between management intensity and structural and social variables in dairy and dual-purpose systems in Santa Cruz, Bolivia. Agricultural systems, 65(3), 159-177.

MICROBIOLOGÍA DEL SUELO EN CULTIVOS DE MAÍZ FORRAJERO: CLAVE PARA LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS GANADEROS MIXTOS

SOIL MICROBIOLOGY IN FORAGE MAIZE CROPS: KEY TO SUSTAINABILITY OF MIXED LIVESTOCK SYSTEMS

Gloria E. Dorado-González[1], Alberto Muro-Reyes[1], Daniel García-Cervantes[1], Jesús Gerardo García-Olivares[2], Héctor M. Robles-Berlanga[3], Héctor Gutiérrez-Bañuelos[1]*

[1]Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, México. [2]Instituto Politécnico Nacional- Centro de Biotecnología Genómica. [3]Subsecretaria de Educación Superior- SEP. *Autor de correspondencia: hgutierrez@uaz.edu.mx

RESUMEN

El presente estudio evaluó la diversidad microbiana del suelo en parcelas con cultivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.) ubicadas en sistemas ganaderos mixtos del estado de Zacatecas, México. Se recolectaron 50 muestras de suelo y se analizó su perfil microbiológico mediante un método semicuantitativo que permitió identificar más de 50 grupos microbianos, incluyendo bacterias benéficas, hongos micorrízicos, actinomicetos y fitopatógenos. Los resultados mostraron una riqueza microbiana promedio de 43.9 ± 3.5 grupos por muestra y un índice de Shannon de 3.54 ± 0.12, lo cual refleja una comunidad edáfica diversa y funcional. Sin embargo, se detectó la presencia de patógenos en más del 80% de las muestras, y nematodos en el 99%, lo que representa un riesgo para la productividad forrajera. Se identificó una relación positiva entre la diversidad microbiana y variables edáficas como el pH y la capacidad de intercambio catiónico. Estos hallazgos confirman que la salud microbiológica del suelo es un factor clave para la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios mixtos en zonas de temporal.

Palabras claves: maíz forrajero, microbiología del suelo, sostenibilidad, diversidad microbiana, sistemas ganaderos mixtos.

ABSTRACT

This study evaluated the soil microbial diversity in forage maize (*Zea mays* L.) fields located in mixed livestock systems in the state of Zacatecas, Mexico. A total of 50 soil samples were collected and analyzed through a semi-quantitative method, allowing the identification of more than 50 microbial groups, including beneficial bacteria, mycorrhizal fungi, actinomycetes, and soil pathogens. Results showed an average microbial richness of 43.9 ± 3.5 groups per sample and a Shannon diversity index of 3.54 ± 0.12, indicating a diverse and functionally active soil community. However, pathogens were detected in over 80% of the samples, and nematodes in 99%, posing a

threat to forage productivity. A positive correlation was found between microbial diversity and edaphic variables such as pH and cation exchange capacity. These findings support the relevance of soil microbial health as a key factor for the sustainability of rainfed mixed farming systems.

Key words: forage maize, soil microbiology, sustainability, microbial diversity, mixed livestock systems.

INTRODUCCIÓN.

El maíz forrajero (*Zea mays* L.) representa un componente estratégico en la alimentación del ganado dentro de los sistemas agropecuarios mixtos, especialmente en regiones de temporal como el estado de Zacatecas. Su alta productividad en biomasa, adaptabilidad a condiciones agroclimáticas variables y valor nutricional lo convierten en un recurso fundamental para la sostenibilidad de la producción pecuaria. Para el año 2024, la producción mundial de maíz superó los 1,219 millones de toneladas, y en México representó el 88.2% del total de granos cosechados, con más de 3.2 millones de productores involucrados en su cultivo.

México, como centro de origen del maíz, conserva una vasta diversidad genética con al menos 64 razas nativas, que se adaptan a distintos tipos de suelo, altitud y clima. Esta plasticidad permite su establecimiento en suelos con pH entre 6.0 y 7.2, conductividades eléctricas de hasta 2.2 mS/cm en etapas reproductivas, y niveles óptimos de materia orgánica y nutrientes (Ávila *et al.*, 2019). Sin embargo, en muchas zonas del altiplano mexicano, estos requerimientos no se cumplen debido al deterioro físico, químico y biológico del suelo, asociado a malas prácticas de manejo, sobrepastoreo y degradación ambiental.

Una de las propiedades más determinantes del suelo es su componente biológico, compuesto por bacterias, hongos, actinomicetos, micorrizas, nematodos y otros organismos edáficos que regulan procesos como el ciclado de nutrientes, la formación de agregados, la supresión natural de enfermedades y la disponibilidad de agua (Ferrara-Cerrato & Alarcón, 2001). Estudios recientes han demostrado que la diversidad microbiana está influenciada por factores como el tipo de cultivo, el manejo del suelo, el contenido de materia orgánica, el pH y el clima (Pedraza *et al.*, 2010), siendo estos especialmente críticos en sistemas forrajeros bajo temporal.

En este contexto, conocer el perfil microbiológico del suelo en parcelas de maíz forrajero no solo permite diagnosticar su estado funcional, sino también identificar la presencia de microorganismos con potencial biofertilizante como *Azospirillum spp., Rhizobium spp., Pseudomonas fluorescens, Trichoderma spp*. y micorrizas arbusculares. Asimismo, permite detectar patógenos clave como *Fusarium spp*.,

Ustilago maydis, *Phisoderma maydis* y nematodos, cuya presencia puede comprometer severamente la productividad forrajera (Ramírez-Arredondo *et al.*, 2021).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la diversidad microbiana del suelo en cultivos de maíz forrajero en distintas localidades de Zacatecas, así como su relación con propiedades edáficas y la presencia de agentes fitopatógenos, con la finalidad de generar información útil para mejorar la sostenibilidad de los sistemas ganaderos mixtos a través de un manejo más informado y ecológicamente responsable del recurso suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 50 parcelas de maíz forrajero localizadas en los municipios de Jerez, Monte Escobedo, Valparaíso, Tepetongo, Villanueva, Genaro Codina y Fresnillo del estado de Zacatecas, México. Estas regiones forman parte de sistemas ganaderos mixtos de temporal, caracterizados por suelos con textura franco arenosa o arenoso arcillosa y manejos convencionales o mixtos. Se recolectaron 50 muestras de suelo, una por parcela, previas a la siembra del cultivo, empleando un muestreo compuesto en zigzag a una profundidad de 0 a 30 cm. Las submuestras fueron homogenizadas, tamizadas y almacenadas en refrigeración a 4 °C hasta su análisis.

Se realizaron análisis físico-químicos de las muestras conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Las variables evaluadas fueron: pH en solución 1:2.5 suelo:agua, conductividad eléctrica (CE) en µS/cm, potencial de óxido-reducción (ORP) en milivoltios, contenido de sales totales y capacidad de intercambio catiónico (CIC). Estos parámetros fueron considerados para evaluar las condiciones edáficas que influyen en la actividad microbiana.

La caracterización microbiológica se llevó a cabo mediante un análisis semicuantitativo utilizando pruebas colorimétricas en placas con reactivos específicos, que permiten detectar e interpretar la presencia relativa de más de 50 grupos microbianos. Se identificaron bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum spp.*, *Rhizobium spp.*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *B. megaterium*; hongos benéficos y micorrizas como *Trichoderma harzianum*, *T. viride* y micorrizas arbusculares; así como hongos fitopatógenos como *Fusarium spp.*, *Ustilago maydis*, *Phisoderma maydis*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina* y nematodos. Los resultados se expresaron como valores numéricos que representan la densidad relativa de cada grupo.

Para evaluar la diversidad microbiana del suelo, se calcularon dos métricas ecológicas por muestra: la riqueza microbiana, definida como el número total de grupos microbianos detectados, y el índice de Shannon (H'), que considera tanto la abundancia como la equidad en la distribución de los grupos microbianos. Este índice se calculó mediante la fórmula:

H'= −∑ pi ln(pi), donde pi representa la proporción relativa del grupo *i* respecto al total en cada muestra. Los análisis estadísticos y ecológicos se realizaron utilizando el lenguaje de programación Python 3.11, con apoyo de las librerías pandas, numpy y matplotlib para el procesamiento y visualización de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de 50 muestras de suelo provenientes de parcelas de maíz forrajero en Zacatecas reveló una notable diversidad microbiológica, tanto en términos de composición funcional como de equidad en la distribución de los grupos detectados. Se identificaron entre 37 y 50 grupos microbianos por muestra, con una riqueza microbiana promedio de 43.9 ± 3.5. Esta diversidad incluye bacterias promotoras del crecimiento vegetal como *Azospirillum spp*., *Rhizobium spp*., *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* y *B. megaterium*, así como hongos benéficos (*Trichoderma spp*., micorrizas arbusculares) y organismos con funciones relevantes en el ciclado de nutrientes como actinomicetos y cianobacterias. Estos grupos benéficos estuvieron presentes con mayor densidad en el 52% de las muestras, lo cual indica un potencial biofertilizante importante en al menos la mitad de los suelos evaluados.

El índice de Shannon, utilizado como medida de equidad microbiana, presentó valores entre 3.15 y 3.72, con una media de 3.54 ± 0.12. Estos valores reflejan una comunidad microbiana estructurada y diversa, lo cual es indicativo de suelos con actividad biológica funcional. Los suelos con mayor diversidad corresponden a aquellos con pH ligeramente ácido (6.5–6.8) y conductividad eléctrica inferior a 300 µS/cm, condiciones que se han reportado como óptimas para la actividad microbiana (Lauber *et al.*, 2009; Rousk *et al.*, 2010). En contraste, los suelos con CIC por debajo de 12 cmol/kg presentaron una menor riqueza microbiana, lo cual puede estar relacionado con una menor capacidad para retener nutrientes y agua, así como con mayores niveles de degradación estructural.

De manera preocupante, se detectó la presencia de agentes patógenos en más del 80% de las muestras, incluyendo *Phisoderma maydis*, *Puccinia sorghi*, *Fusarium spp*., *Sternocarpella maydis*, *Ustilago maydis*, *Macrophomina*, *Diplodia maydis*, *Helminthosporium maydis*, *Aspergillus flavus* y *Cladosporium*, además de la presencia de nematodos en el 99% de las muestras. Estos patógenos están asociados a enfermedades del sistema radicular, tallo y mazorca, que reducen la eficiencia del cultivo y pueden provocar pérdidas de rendimiento superiores al 40% en condiciones adversas (Jackson, 2008; Ramírez-Arredondo *et al.*, 2021).

El análisis integrado sugiere que los suelos con mayor diversidad microbiana también tienden a presentar menor incidencia relativa de fitopatógenos, lo que respalda la hipótesis de que una comunidad edáfica diversa puede actuar como barrera biológica y contribuir al control natural de enfermedades (Pedraza *et al.*, 2010). Esta relación es

de particular relevancia en sistemas ganaderos mixtos, donde el uso de insumos externos como fungicidas y fertilizantes químicos es limitado, y la salud del suelo juega un papel central en la productividad forrajera.

Desde un enfoque agroecológico, estos resultados refuerzan la necesidad de monitorear y gestionar activamente la microbiota del suelo como componente esencial de la sostenibilidad. La diversidad microbiana no sólo contribuye a la resiliencia del agroecosistema frente a factores bióticos y abióticos, sino que puede reducir los costos de producción, mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes y favorecer un mayor aprovechamiento del forraje por parte del ganado. En este sentido, el estudio plantea una oportunidad para integrar indicadores biológicos en los programas de manejo de suelos agrícolas y ganaderos de la región.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos evidencian que el suelo bajo cultivo de maíz forrajero en sistemas ganaderos mixtos de Zacatecas alberga una comunidad microbiana diversa, funcional y con potencial biofertilizante. Esta diversidad incluye bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos, hongos benéficos y micorrizas, que en conjunto pueden contribuir a mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y reducir la dependencia de insumos externos. No obstante, también se detectó una alta incidencia de fitopatógenos edáficos y nematodos, lo que representa una amenaza directa a la productividad forrajera y a la sostenibilidad del sistema.

Se confirma que variables como el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico influyen significativamente en la composición microbiana del suelo. La presencia de una microbiota diversa se asocia con mejores condiciones edáficas y menor incidencia de patógenos, lo cual refuerza el papel de la microbiología del suelo como un componente clave en la salud del agroecosistema.

Por tanto, se recomienda fomentar prácticas de manejo que favorezcan la biodiversidad microbiana del suelo, como la incorporación de materia orgánica, la rotación de cultivos y el uso de biofertilizantes, como parte de una estrategia integral de manejo sostenible. Integrar la caracterización microbiológica en los diagnósticos de suelo puede ser una herramienta útil para orientar decisiones técnicas y políticas en la producción forrajera y ganadera de regiones semiáridas.

LITERATURA CITADA

Avila, M. J., Avila S. J., Martínez H. M. Y Rivas S. J. 2019. El cultivo del maíz generalidades y sistemas de producción en el noroeste. Universidad de Sonora. https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20MAIZ.pdf

Ferrara-Cerrato, R., & Alarcón, A. (2001). La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*, 8(1), 55–60. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10402108

Jackson T.A. 2008. Rust of Corn in Nebraska. University of Nebraska Lincoln, Institute of Agricultural and Natural Resource.

Lauber, C. L., Hamady, M., Knight, R., & Fierer, N. (2009). Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale. Applied and Environmental Microbiology, 75(15), 5111–5120. https://doi.org/10.1128/AEM.00335-09

Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Fernández-Scavino, A., García de Salamone, I., Baca, B. E., Azcón, R., Baldani, V. L. Y., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos: Revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 11(1), 105–115. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=449945029007

Ramírez-Arredondo, A., Valenzuela-Borbón, J. R., Cabrera-Carbajal, F., & Borbón-García, A. (2021). Enfermedades foliares del maíz en el sur de Sonora. SADER–INIFAP–CIRNO–CENEB, Publicación No. 28.

Rousk, J., Bååth, E., Brookes, P. C., Lauber, C. L., Lozupone, C., Caporaso, J. G., Knight, R., & Fierer, N. (2010). Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. The ISME Journal, 4(10), 1340–1351. https://doi.org/10.1038/ismej.2010.58

PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE PASTO PANGOLA BAJO DENSIDAD DE SIEMBRA Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

DRY MATTER YIELD OF PANGOLA GRASS UNDER PLANTING DENSITY AND NITROGEN FERTILIZATION

Anadelia Antonio-Medina[1], Aurelio Morales-Rivera*[2], Abigail Castro-González[1], Sergio Iban Mendoza-Pedroza[3], Eusebio Ortega-Jiménez[4], Javier Francisco Enríquez-Quiroz[5]

[1]Universidad Intercultural del estado de Puebla, División de Ciencias Naturales. Calle Principal a Lipuntahuaca s/n. Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla. C.P. 73475. [2]Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara. Carretera Estatal a Nopalapan km 1, Col. Las Bodegas, Juan Rodríguez Clara, Veracruz, México, C.P. 95670. [3]Programa de Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadera, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Montecillo, Estado de México. C.P. 56230. [4]Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Posgraduados, Campus Veracruz C.P. 91700. [5]Campo Experimental, La posta-INIFAP. Km. 22.5, Carretera Federal Veracruz-Córdoba Paso del Toro, Mpio. De Medellín de Bravo, Veracruz México. CP. 94277. *Autor por correspondencia: aumori236@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó el rendimiento de materia seca del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud.) bajo tres densidades de siembra (1500, 2000 y 2500 plantas ha^{-1}) y cinco dosis de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}) durante tres épocas del año. El análisis mostró efecto significativo de la fertilización y su interacción con la densidad ($p< 0.001$). En 1500 plantas ha^{-1}, el rendimiento aumentó progresivamente hasta 4509.2 kg MS ha^{-1} con 300 kg N ha^{-1}. En 2000 plantas ha^{-1}, el máximo fue con 100 kg N ha^{-1} (4016.7 kg MS ha^{-1}), disminuyendo con dosis mayores. En 2500 plantas ha^{-1}, la producción fue estable a partir de 100 kg N ha^{-1}. Estos resultados indican que densidades altas con fertilización moderada maximizan la producción y favorecen un manejo forrajero más eficiente.

Palabras clave: Pasto Pangola, densidad de siembra, materia seca

ABSTRACT

The dry matter yield of Pangola grass (*Digitaria eriantha* Steud.) was evaluated under three planting densities (1500, 2000, and 2500 plants ha^{-1}) and five nitrogen fertilization levels (0, 50, 100, 208, and 300 kg N ha^{-1}) across three seasons of the year. The analysis showed significant effects of fertilization and its interaction with planting density ($p< 0.001$). At 1500 plants ha^{-1}, yield increased progressively up to 4509.2 kg DM ha^{-1} with 300 kg N ha^{-1}. At 2000 plants ha^{-1}, the maximum yield was obtained with 100 kg N ha^{-1} (4016.7 kg DM ha^{-1}), decreasing at higher doses. At 2500 plants ha^{-1}, production remained stable from 100 kg N ha^{-1} onwards. These results suggest that high planting densities combined with moderate fertilization optimize forage yield and promote a more efficient production system.

Keywords: Pangola grass, planting density, dry matter yield

INTRODUCCIÓN

Los pastizales representan el 26 % de la superficie terrestre y son fundamentales para la ganadería tropical, al proporcionar alimento, conservar suelos, captar agua y mitigar la emisión de gases de efecto invernadero (Méndez-Cortés *et al.*, 2023). En los sistemas ganaderos tropicales, la disponibilidad de forraje y el manejo agronómico de las praderas son determinantes para mejorar la productividad (Antonio-Medina *et al.*, 2025). Entre las gramíneas de interés destaca el pasto pangola (*Digitaria eriantha* Steud.), una especie de amplia adaptación en suelos ácidos, propagación rápida por estolones y aptitud tanto para pastoreo como para la elaboración de pacas. Esta gramínea es reconocida por su capacidad de rebrote y tolerancia al corte frecuente, alcanzando rendimientos entre 12 y 29 t MS ha^{-1} en condiciones óptimas de manejo (Tikam *et al.*, 2013). Una alternativa para incrementar la producción forrajera es el ajuste de la densidad de siembra (DS), ya que esta práctica influye en el cierre del dosel, la cobertura del suelo y la competencia entre plantas por recursos como luz, agua y nutrientes (Boschma *et al.*, 2018). Por su parte, la fertilización nitrogenada es esencial para estimular procesos bioquímicos relacionados con el crecimiento y la fotosíntesis, promoviendo la acumulación de biomasa (Marques *et al.*, 2020). En gramíneas tropicales, las recomendaciones de fertilización varían entre 50 y 500 kg N ha^{-1} $año^{-1}$, dependiendo del sistema productivo y las características del suelo. Considerando las limitantes de los suelos ácidos y las variaciones climáticas, es necesario definir combinaciones óptimas de densidad de siembra y fertilización nitrogenada ajustadas a las épocas del año. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento de materia seca del pasto Pangola bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrogenada en condiciones tropicales de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El experimento se realizó en otoño de 2021 en el Instituto Tecnológico Superior de Juan Rodríguez Clara, Veracruz (18°00'6.1" N; 95°24'1.7" O), a una altitud de 133 m. El clima es cálido subhúmedo (AW0), con temperatura media anual de 24.5 °C, precipitación de 1100 mm y suelo Cambisol dístrico, de textura arena migajosa y pH fuertemente ácido.

Metodología

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar con arreglo de parcelas subdivididas. La parcela grande correspondió a la densidad de siembra (Den; 1500, 2000 y 2500 plantas ha^{-1}) de pasto pangola y la parcela chica fue la dosis de fertilización nitrogenada (Fer; 0, 50, 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}) y como subparcela se consideró a la época del año (Ep; norte, sequía y lluvias). La variable evaluada fue el rendimiento de materia seca (RMS), determinada mediante secado en estufa a 60 °C hasta obtener peso constante. El análisis estadístico se realizó con el procedimiento de modelos lineales generalizados (PROC GLM) de SAS versión 9.1 (SAS, 2003). Las medias se compararon mediante la opción LSMEANS y la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Para este trabajo se consideró solo el efecto de la fertilización sobre la densidad de plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 presenta el análisis de varianza del RMS, donde se observa efecto altamente significativo de la época ($p < 0.001$), indicando que la estacionalidad influye fuertemente en la producción de forraje. También se encontró efecto significativo de la fertilización ($p < 0.001$) y de las interacciones densidad × época y densidad × fertilización ($p < 0.001$). La densidad de siembra por sí sola no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual sugiere que su efecto depende de las combinaciones con otros factores.

Cuadro 1: Medias y significancias estadísticas del efecto de densidad de siembra (Den), y sus interacciones con dosis de fertilización (Fer) y época (Ep) sobre el rendimiento de materia seca (RMS, kg MS ha^{-1}) de pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud).

VARIABLE	MEDIA	Den	Ep	Den*Ep	Fer	Den*Fer	Fer*Ep	Den*Ep*Fer
RMS	3842.7	ns	***	***	***	***	ns	ns

RMS= rendimiento de materia seca; ns= no significativo; *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

El Cuadro 2, muestra las medias de RMS (kg MS ha^{-1}), por densidad y dosis de fertilización. En 1500 plantas ha^{-1}, el rendimiento aumentó conforme se incrementó la fertilización, alcanzando el máximo con 208 y 300 kg N ha^{-1}. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre los niveles de 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}, lo cual sugiere un posible umbral de respuesta fisiológica o limitación en la eficiencia del uso del N a esa densidad. En 2000 plantas ha^{-1}, el RMS más alto se registró con 100 kg N ha^{-1}, pero hubo una ligera disminución con 208 kg N ha^{-1}, posiblemente atribuible a un desbalance en la relación nitrógeno: plantas disponibles o a una competencia intraespecífica no compensada por la fertilización, fenómeno reportado en gramíneas tropicales por Boschma *et al.* (2018). En contraste en una densidad de 2500 plantas ha^{-1}, los RMS fueron estables a partir de 100 kg N ha^{-1}, existió una menor sensibilidad a los incrementos de fertilización.

Cuadro 2. Efecto de la densidad de simbra y Fertilización sobre el rendimiento de seca (RMS, kg MS ha^{-1}) de pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud).

Densidad (plantas, ha^{-1})	Fertilización					EE
	0	50	100	208	300	
1500	2863.4c	3324.8b	3820.8a	4494.7a	4509.2a	169.1
2000	3495.7b	3295.8b	4016.7a	3673.5b	3955.7a	169.1
2500	3765.8a	3635.5b	3918.7a	3958.3a	3939.9a	169.1

(*Letras distintas indican diferencias significativas, EE=Error estandar*)

Los valores de producción fueron altos y estadísticamente similares en todos los niveles de fertilización desde 0 hasta 300 kg N ha^{-1} (3635.5 a 3958.3 kg MS ha^{-1}), sin diferencia estadística con el máximo rendimiento alcanzado (4509.2 kg MS ha^{-1}) en baja densidad (1500 plantas ha^{-1}) con el máximo de fertilización (300 kg N ha^{-1}), lo que indica una mayor eficiencia del sistema en condiciones de alta densidad, posiblemente por una mejor cobertura del suelo, mayor interceptación lumínica y

optimización del uso de recursos edáficos (Boschma *et al.*, 2018). Estos resultados sugieren que, para maximizar el RMS del pasto Pangola (*Digitaria eriantha* Steud) en condiciones agroclimáticas similares a este estudio, es posible optar por una estrategia basada en alta densidad de siembra con o sin fertilización, lo que podría representar una alternativa más sostenible al reducir el uso de insumos nitrogenados sin comprometer el rendimiento del pasto. Esta respuesta es congruente con lo reportado por autores como Antonio-Medina *et al.* (2025), quienes destacan la importancia de ajustar la densidad vegetal para mejorar la eficiencia del uso del nitrógeno en sistemas forrajeros tropicales. Además, Boschma *et al.* (2018) y Marques *et al.* (2020) señalan que el aumento de la densidad puede modificar la competencia por luz y nutrientes, afectando la respuesta productiva al nitrógeno en gramíneas C4. Esto reafirma la importancia de considerar estrategias de manejo que combinen densidad óptima y fertilización ajustada a las condiciones locales. Asimismo, los resultados indican que, en sistemas de baja densidad (1500 plantas ha^{-1}), la respuesta a la fertilización con N es más marcada, aunque con un límite de eficiencia a partir de dosis superiores a 208 kg N ha^{-1}.

En el presente estudio, al incrementar las dosis de nitrógeno en la densidad de 1500 plantas ha^{-1}, el RMS aumentó de forma progresiva, alcanza los valores máximos con 208 y 300 kg N ha^{-1} (4494.7 y 4509.2 kg MS ha^{-1}, respectivamente). Este comportamiento es similar a Tikam *et al.* (2013), quienes describen una respuesta positiva a la fertilización, porque hay mayor acumulación de biomasa en época de lluvias, por mayor disponibilidad de humedad y nutrientes, con rendimientos entre 12 y 29 t MS ha^{-1}. No obstante, en la densidad más alta (2500 plantas ha^{-1}) se tiene un efecto de saturación a partir de 100 kg N ha^{-1}, el rendimiento se estabiliza sin diferencias significativas entre las dosis de 100, 208 y 300 kg N ha^{-1}. Este resultado es consistente con lo señalado por Boschma *et al.* (2018), quienes indican que, a mayor densidad, aumenta la competencia intraespecífica y se reduce la eficiencia del uso del nitrógeno. Asimismo, la interacción significativa entre densidad y época climática refleja la dependencia de la productividad forrajera a las condiciones ambientales, esto concuerda con Méndez-Cortés *et al.* (2023), donde destacan que el clima es un factor determinante en los sistemas forrajeros tropicales. Esta interacción densidad × fertilización debe considerarse al momento de diseñar estrategias de manejo para el manejo sostenible de los sistemas de producción forrajera en zonas tropicales, donde la productividad debe equilibrarse con la eficiencia del uso de recursos y el impacto ambiental. Estos hallazgos reafirman la necesidad de un manejo agronómico integral que considere tanto la fertilización como la densidad de siembra en función de la estacionalidad.

CONCLUSIONES

En densidades bajas (1500 plantas ha^{-1}), el incremento en la fertilización nitrogenada mejoró significativamente el rendimiento, alcanzando el máximo con 300 kg N ha^{-1}. No obstante, a partir de 208 kg N ha^{-1} se observó un rendimiento marginal, indicando un posible límite en la eficiencia del uso del nitrógeno. En 2000 plantas ha^{-1}, el rendimiento más alto se registró con 100 kg N ha^{-1}, disminuyendo con dosis

superiores. A densidades altas (2500 plantas ha^{-1}), la producción fue estable desde 100 kg N ha^{-1}, sin respuesta adicional a mayores dosis, lo que sugiere un manejo más eficiente y sostenible del sistema forrajero tropical. Estos resultados permiten recomendar el uso de densidades altas con fertilización moderada como estrategia para reducir costos e impactos ambientales sin comprometer la producción de biomasa.

AGRADECIMIENTOS

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

LITERATURA CITADA

Antonio-Medina, A., Mendoza-Pedroza, S. I., Ortega-Jiménez, E., Enríquez-Quiroz, J. F., Herrera-Haro, J. G., Torres-Hernández, G., & Morales-Rivera, A. (2025). Fertilización nitrogenada en pasto pangola (Digitaria eriantha S.) bajo densidades diferentes de siembra. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 12(1), e4120, 1–13. https://doi.org/10.19136/era.a12n1.4120

Boschma, S. P., Lodge, G. M., & Harden, S. (2018). Effect of sowing rate and defoliation management on the persistence and productivity of Digitaria eriantha cv. Premier in northern New South Wales. The Rangeland Journal, 40(1), 13–22. https://doi.org/10.1071/RJ17062

Marques, R. D. A., Figueiredo, U. J. D. A., & Rocha, W. S. D. (2020). Effect of nitrogen doses and cutting ages on forage yield and quality of tropical grasses. Revista Brasileira de Zootecnia, 49, e20190198. https://doi.org/10.37496/rbz4920190198

Méndez-Cortés, J. L., Sánchez-Santillán, P., & Ramírez-Ortiz, J. J. (2023). Producción de carne y sistemas forrajeros en el trópico mexicano. Agroproductividad, 16(2), 45–54.

Tikam, R., Patidar, B. R., & Kumawat, R. N. (2013). Pangola grass (Digitaria eriantha Steud): A review. Forage Research, 39(1), 1–7.

LATENCIA Y SHOCK TÉRMICO EN SEMILLA DE *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

DORMANCY AND THERMAL SHOCK IN SEED OF *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.

Raúl Plascencia-Jiménez[1*], Adrián Raymundo Quero-Carrillo[1], Salvador Carranza-González[1], Leonor Miranda Jiménez[1].

[1]Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Km 36.5 carretera México-Texcoco. CP 56230.
*Autor por correspondencia: raulplascencia83@hotmail.com

RESUMEN

Se evaluó germinación de *Leucaena leucocephala* en respuesta a 21 tratamientos de escarificación. Las variables incluyeron, para germinación (Ge): diaria (GeD), velocidad (VeGe), total (GeT), tasa diaria máxima (TGeDM), índice de velocidad (IVGe), tiempo medio (TMGe), coeficiente de velocidad (CVGe), velocidad total (VGeT); similarmente, periodo de energía (PE) y energía germinativa (EG1). Después de 21 días, los datos fueron transformados al arcoseno y analizados bajo diseño Completamente al Azar utilizando GLM y Tukey. El uso de pinzas (escarificación manual) mejoró VeG y TGeDM. Los tratamientos a 70°C: T_{10} y T_{11} (3' y 5' a 70°C, con contraste térmico), incrementaron GeD, GeT, EG1, IVGe, TMGe y VGeT. La escarificación con pinzas establece niveles alcanzables de germinación. T_{10} y T_{11} fueron mejor opción, pero requieren mejoras en periodo de energía (PE).

Palabras clave: germinación total, periodo de energía germinativa, energía germinativa.

ABSTRACT

Leucaena leucocephala's germination response to 21 seed scarification treatments was evaluated. Response variables included for germination (Ge): daily (DGe), speed (VeGe), total (GeT); maximum daily rate (MDGeR), speed index (IVGe); mean time (TMGe), speed coefficient (CVGe), total speed (VGeT); similarly, energy period (EP), and germinative energy (GE1). Data for 21 germination days were arcsen transformed and analyzed under a Completly Randomized design through GLM and Tukey. Manual scarification improved VeG and TGDM. Treatments to 70°C: T_{10} and T_{11} (3' and 5' with thermic shock), increased GeD, GeT, EG1, IVGe, TMGe, and VGeT. Manual scarification establishes reachable germination levels. T_{10} and T_{11} constitute the best options however theser require improvements for Energy Period (PE) values.

Keywords: total germination, germination energy period, germination energy.

INTRODUCCIÓN

El Guaje, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Leucaena), tiene testa dura, lo que impide el intercambio de humedad y gases hacia/desde el embrión y evita la activación del proceso de germinación, dificultando el establecimiento en campo. Existe mucha literatura sobre el manejo de la germinación en *L. leucocephala*; sin embargo, avances más finos, en el comportamiento de la germinación de esta especie, pueden lograrse y son importantes en condiciones de campo. Con la escarificación se incrementa la rapidez y capacidad de generar plántulas vigorosas pocos días después de la siembra bajo condiciones adveras. El objetivo fue evaluar diferentes temperaturas y tiempos de inmersión en agua caliente, con contraste "shock" térmico, sobre variables que determinan la germinación y potencial de establecimiento de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semilla del Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo, Texcoco, Estado de México: 19° 27' N y 98° 54' O, a 2220 msnm. Se colectó semilla de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., manualmente, en febrero del 2023 en el Sitio Experimental "El Verdineño-INIFAP", en Santiago Ixcuintla, Nayarit, a 40 msnm, el clima es tropical subhúmedo (Aw_2) con precipitación promedio de 1201 mm y temperatura media anual de 24º C. La época de estiaje fluctúa de siete a ocho meses al año (SEMAN, 2007). Se recolectaron al azar vainas maduras (coloración café oscuro); las cuales, se depositaron en recipiente plástico para desgranar las semillas de forma natural. La semilla se almacenó en San Pedro Lagunillas, Nayarit (entre 21°13'54''-21°11'06´´N y 104°50'24''-104°39'59''O) a 1283 msnm, durante 14 meses. Antes de realizar las pruebas, la semilla se desinfectó en Cloro al 10% (v:v), durante un minuto y fue enjuagada en agua destilada durante tres minutos. Se determinó la calidad fisiológica de semilla, mediante la prueba de germinación (Ge). Para determinar la viabilidad (VT), se evaluaron cuatro repeticiones de 100 semillas, siguiendo la metodología de (Delouche *et al.* 1971; 1% p/v). Las determinaciones se realizaron en estructuras del embrión y cotiledón, con apoyo de microscopio estereoscópico. Para Ge, se contaron cuatro repeticiones de 100 semillas seleccionadas al azar, las pruebas se establecieron utilizando el método "sobre papel" (ISTA, 2005), las semillas se colocaron en cajas petri usando como sustrato papel toalla tipo "sanitas". El sustrato de germinación se humedeció, inicialmente, con agua destilada y durante el ensayo, se mantuvieron constantes los niveles de humedad. Las pruebas se realizaron en cámara germinadora de ambiente controlado con temperatura constante de 25±1°C. Se efectuaron tres conteos de plántula germinada a siete (G7), 14 (G14) y germinación acumulada, a 21 días después de la siembra (dds; G21). Las variables evaluadas incluyeron: germinación diaria (GeD; %), plántulas germinadas por fecha de muestreo; velocidad de germinación (VeGe; semillas d^{-1}), como la división de GeD entre los DDS en cada fecha de muestreo; germinación total (GeT; %), como la suma total de germinación durante el periodo de evaluación de 21 DDS; tasa de germinación diaria máxima (TGeDM; semillas d^{-1}), momento en donde los tratamientos alcanzaron su tasa de germinación diaria máxima; periodo de energía (PE; días), como la cantidad de días requeridos para alcanzar la TGeDM; energía

germinativa (EGe1; semillas d^{-1}), cociente donde se obtiene la mayor GeD entre los DDS donde se observó el mayor porcentaje de germinación; el cual, en este estudio, se registró a 14 DDS; índice de velocidad de germinación (IVGe; semillas d^{-1}); tiempo medio de germinación (TMGe), coeficiente de velocidad de germinación (CVGe), velocidad de germinación total (VGeT), como la integración de los tiempos de germinación de la semilla en cada uno de los tratamiento; el cual, se calculó con las fórmulas:

$\mathrm{IVGe} = \sum_{i=1}^{n} \frac{Gi}{Ni}$; donde: Gi= número de semillas germinadas el í-ésimo día; Ni= número de días de muestreo (Maguire, 1962).

$\mathrm{TMGe} = \frac{\sum(\mathrm{ni}*\mathrm{di})}{\sum \mathrm{N}}$; donde: ni=número de semillas germinadas; di=número de días en germinación; N=número total de semillas en la prueba.

$\mathrm{CVGe} = \frac{\sum(\mathrm{n_i}*\mathrm{d_i})}{\sum \mathrm{Nt}}$; donde: ni=número de semillas germinadas; di=número de días en germinación; NT=número total de semillas germinadas en la prueba.

$\mathrm{VGeT} = \frac{\sum(\mathrm{n_i}*\mathrm{d_i})}{\mathrm{NTD}}$; donde: ni=número de semillas germinadas; di=número de días en germinación; NTD=número total de días que duró la prueba (21 dds). La escarificación evaluada (21 Tratamientos; Cuadro 1) incluyó métodos manuales y tiempos en agua caliente (AC), con o sin contraste térmico (shock térmico; inmersión única e inmediata, en agua fría a 5°C, por 5”; Cuadro 1). Se utilizó un diseño completamente al azar, con 21 tratamientos y cuatro repeticiones de 100 semillas. Se utilizó el procedimiento GLM y prueba de Tukey (P<0.05) para la comparación de medias. Previamente al análisis, los datos se transformaron en arco seno mediante el paquete estadístico SAS (2010).

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

Método de escarificación	Tiempo de Inmersión	Shock térmico*	Tratamiento
Sin escarificación	Testigo natural	No	TNSE (T_1)
Agua 80°C	Un minuto	No	T80°C (T_2)
Agua fría 5°C	Sin agua caliente	No	T5°C (T_3)
Manual con pinzas	Sin agua caliente	No	Pinzas (T_4)
Agua 60°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	60°C, (1’,3’,5’,7’) +5”,5°C (T_5-T_8)
Agua a 70°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	70°C, (1’,3’,5’,7’) + 5”,5°C (T_9-T_{12})
Agua a 80°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	80°C, (1’,3’,5’,7’) +5”,5°C (T_{13}-T_{16})
Agua a 90°C	1, 3, 5, 7 minutos	Si	90°C, (1’,3’,5’,7’) +5”,5°C (T_{17}-T_{20})
Agua a 100°C	1 minuto	Si	100°C, 1’ + 5”, 5°C (T_{21})

*Inmersión por 5 segundos en agua a 5°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para VT, se obtuvo 77% de semilla viables. Los porcentajes de germinación reportados, para las variables evaluadas, se ajustaron para VT. Para GeD, T_{10} fue 14.8 veces mayor (P<0.01; Cuadro 2), comparado con los diferentes tratamientos. Para VeGe, T_4 fue 13.5 veces mayor (P<0.01; Cuadro 2), a los demás tratamientos. En GeT, T_{11} mostró el máximo potencial de germinación (P<0.01; Cuadro 2), por el contrario, el menor se obtuvo en T_1. Esto demuestra que Leucaena necesita escarificación y el uso de agua

caliente con shock térmico es una opción para obtener mayor número de semillas viables germinadas. Para TGeDM, T_4 fue 15.8 veces mayor a los otros tratamientos (*P*<0.01; Cuadro 2) este tratamiento, aunque impráctico, muestra la germinación máxima a alcanzar con otros métodos prácticos. Para PE, varió en los diferentes tratamientos; sin embargo, la TGeDM que se obtiene a los 7 dds, es una opción para evaluar vigor y el potencial de establecimiento en campo, a pocos dds. Para EG1, T_{11} fue superior en 13.7 y 10.7 veces (*P*<0.01; Cuadro 2) a T_1 y T_3, respectivamente. Para IVGe, T_{11} superó en 14.9 y 10.6 veces (*P*<0.01; Cuadro 2) a T_1 y T_3, respectivamente. Para TMGe, T_{15} superior a T_1 en 21 veces (*P*<0.01; Cuadro 2). Para CVGe, T_2 fue 2.7 veces mayor (*P*<0.01; Cuadro 2) a T_5. De T_6 a T_{21}, incrementan los promedios en esta variable. Para VGeT, T_{11} fue 21 veces superior (*P*<0.01; Cuadro 2) a T_1.

Cuadro 2. Variables evaluadas en semilla de Leucaena con shock térmico.

T*	GD	VeGe	GeT	TGeDM	PE	EGe1	IVGe	TMGe	CVGe	VGeT
1	2^{d}	0.3^{f}	7^{f}	0.8^{g}	7	0.2^{e}	1.0^{f}	0.4^{f}	5.4^{cd}	0.03^{i}
2	30^{ab}	2.4^{bcd}	89^{abc}	5^{bcdef}	21	2.5^{abc}	12.7^{ab}	6.2^{ab}	11.4^{a**}	0.61^{abc}
3	3^{cd}	0.4^{f}	10^{f}	1.1^{fg}	7	0.2^{e}	1.4^{f}	0.7^{ef}	6.9^{bcd}	0.06^{i}
4	29^{ab}	4.1^{a**}	87^{abc}	11.9^{a**}	7	2.1^{abc}	12.4^{abc}	5.3^{abc}	6.2^{bcd}	0.5^{abcde}
5	7^{cd}	0.8^{ef}	20^{ef}	1.8^{efg}	7	0.5^{de}	2.85^{ef}	1.0^{ef}	4.2^{d}	0.10^{hi}
6	19^{abcd}	2.0^{bcde}	58^{bcde}	4^{bcdefg}	7	1.4^{abcde}	8.15^{bcde}	4.4^{abcd}	9.5^{abc}	0.43^{def}
7	12^{bcd}	1.4^{cdef}	35^{def}	3^{cdefg}	7	0.8^{bcde}	4.9^{def}	2.7^{cdef}	8.7^{abc}	0.26^{fgh}
8	17^{abcd}	1.8^{bcdef}	49^{cdef}	4^{bcdef}	7	1.2^{abcde}	6.95^{cde}	3.7^{bcde}	8.8^{abc}	0.36^{efg}
9	23^{abc}	2.2^{bcde}	69^{abcd}	4.7^{bcde}	14	1.7^{abcd}	9.8^{abcd}	4.8^{abcd}	9.0^{abc}	0.47^{bcde}
10	33^{a}	3.3^{ab}	100^{a}	6.6^{b}	14	2.4^{a}	14.35^{a}	6.6^{ab}	8.7^{abc}	0.65^{ab}
11	35^{a**}	3.0^{ab}	100^{a**}	6.2^{bc}	14	2.5^{a**}	14.85^{a**}	6.9^{a}	9.6^{ab}	0.68^{a**}
12	30^{ab}	2.8^{abcd}	88^{abc}	5.6^{bcd}	14	2.1^{abc}	12.65^{ab}	6.3^{ab}	9.6^{ab}	0.61^{abcd}
13	27^{ab}	2.4^{bcde}	80^{abc}	5.2^{bcd}	14	1.9^{abc}	11.45^{abc}	6.3^{ab}	11.1^{a}	0.62^{abc}
14	33^{a}	2.9^{abc}	99^{ab}	6.1^{bc}	14	2.4^{a}	14.1^{a}	5.8^{abc}	9.6^{ab}	0.66^{a}
15	31^{ab}	3.1^{ab}	94^{ab}	5.9^{bc}	14	2.2^{ab}	13.35^{ab}	7.4^{a**}	8.7^{abc}	0.61^{abcd}
16	30^{ab}	2.8^{abc}	91^{ab}	5.9^{bc}	14	2.1^{abc}	12.9^{ab}	6.0^{ab}	8.8^{abc}	0.58^{abcd}
17	32^{a}	2.7^{abcd}	96^{ab}	6.0^{bc}	14	2.3^{a}	13.6^{ab}	6.5^{ab}	9.7^{ab}	0.63^{abc}
18	31^{ab}	2.9^{abc}	93^{ab}	6.3^{bc}	14	2.2^{abc}	13.15^{ab}	6.3^{ab}	9.0^{abc}	0.61^{abcd}
19	29^{ab}	2.7^{abcd}	86^{abc}	5.6^{bcd}	14	2.0^{abc}	12.2^{abc}	4.8^{abcd}	7.3^{abcd}	0.46^{cde}
20	12^{bcd}	1.2^{def}	34^{cdef}	2.6^{defg}	7	0.8^{cde}	4.9^{def}	2.1^{def}	7.5^{abcd}	0.21^{ghi}
21	30^{ab}	3.0^{ab}	91^{abc}	6.4^{bc}	14	2.2^{abc}	12.95^{ab}	6.5^{ab}	9.3^{abc}	0.64^{ab}

Tratamientos (T); AC, Agua Caliente. Para germinación (Ge): diaria (GeD; %), velocidad (VeGe; plántulas d^{-1}), total (GeT; %), tasa diaria máxima (TGeDM; Plántulas d^{-1}), índice de velocidad (IVGe; plántulas d^{-1}), tiempo medio (TMGe), coeficiente de velocidad (CVGe), velocidad (VGeT); Periodo de energía (PE); Energía germinativa (EG1; plántulas d^{-1}). ** Literales diferentes, dentro de columna, indican diferencia significativa (*P*<0.01). Los tres mejores valores (columna) por variable de respuesta, se muestran en cuadro obscuro. *Ver Cuadro 1 para asignación de tratamientos.

CONCLUSIONES

El uso de pinzas es el método, aunque impráctico, con el mayor potencial de Tasa de Germinación Diaria Máxima (TgeDM), muestra el vigor de la semilla y establece los niveles posibles de germinación a alcanzar, mostrando un Periodo de energía (PE) a 7 días. El uso de agua caliente a 70 °C (tres o cinco minutos), con shock térmico (5°C por 5 segundos), mostró la mejor germinación total y fueron las mejores opciones de germinación práctica. El uso de shock térmico marca la diferencia y promueve que

mayor cantidad de semilla germine. Se requiere mejorar la Energía Germinativa (PE) en estos tratamientos.

AGRADECIMIENTOS. A la Línea de Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Colegio de Postgraduados. A CONACyT

LITERATURA CITADA

Delouche, J. C.; T. Wayne; M. Raspet; M. Lienhard. 1971. Prueba de viabilidad de semillas con tetrazol. CRAT, AID. Buenos Aires, Argentina. p.256.

ISTA (International Seed Testing Association). (2005). International Rules for Seed Testing. Zurich, Switz. 243p.

Maguire JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for Seedling Emergences and Vigor. Crop Science 2: 176-177.

SAS (Statistical Analysis System). 2010. User's Guide: statistics. Version 9.4. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline. USA.

SEMAN (Sistema Estatal de Monitoreo Agroclimático Nayarit). 2007. Estación Meteorológica: El Verdineño-INIFAP. Santiago Ixcuintla, Nayarit.

CONTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL BOVINO CRIOLLO DE CHIHUAHUA AL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VACA-BECERRO EN ZONAS DE MONTAÑA

POTENTIAL CONTRIBUTION OF CHIHUAHUA CRIOLLO CATTLE TO THE COW-CALF PRODUCTION SYSTEM IN MOUNTAIN AREAS

Adriana Floriano López*, Felipe Alonso Rodríguez Almeida, José Alfredo Martínez Quintana, Jesús Sandoval Villalobos, José Octavio Roacho-Estrada, Javier Antillón Ruiz, Alan Álvarez Holguín, Carlos Raúl Morales Nieto, Jesús Alejandro Prieto Amparán, José Alfredo Villarreal-Balderrama

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

RESUMEN

Se comparó el desempeño de vacas Criollas (CR), Angus×Criollo (AC) y Hereford×Angus (HA) durante 2022–2024 en el Rancho Teseachi (UACH), bajo un diseño de dos bloques con tres potreros. En crías se evaluó peso al nacimiento (PN), destete (PD), destete ajustado a 190 días (PD-190) y ganancia diaria de peso (GDP); en vacas, peso vivo (PV), condición corporal (CC), producción de leche (PrL) y tasa de gestación (TG). Se usaron modelos lineales y logísticos con efectos fijos de raza, año, edad de la madre, interacciones, covariable fecha de parto, y efectos aleatorios de bloque, raza×bloque y vaca dentro de raza. La interacción raza×año afectó ($p<0.05$) PD, GDP, PV y PrL. HA y AC superaron a CR. AC superó a HA en 2022 y 2024; HA a AC en 2023. En CC y TG, CR y AC superaron ($p<0.05$) a HA. AC combinó buen desempeño en crías (superior a CR) y reproducción en vacas (superior a HA), logrando la mayor productividad.

Palabras clave: Bovinos Criollos, Adaptación, Cambio Climático.

ABSTRACT

The performance of Criollo (CR), Angus×Criollo (AC), and Hereford×Angus (HA) cows was compared during 2022–2024 at Rancho Teseachi (UACH), under a two-block design with three paddocks each. In calves, birth weight (PN), weaning weight (PD), 190-day adjusted weaning weight (PD-190), and average daily gain (GDP) were evaluated; in cows, body weight (PV), body condition (CC), milk production (PrL), and pregnancy rate (TG). Linear and logistic models were used with fixed effects of breed, year, dam age, interactions, calving date as covariate; and random effects of block, breed×block, and cow. The breed×year interaction affected ($p<0.05$) PD, GDP, PV, and PrL. HA and AC outperformed CR. AC outperformed HA in 2022 and 2024; HA outperformed AC in 2023. In CC and TG, CR and AC outperformed ($p<0.05$) HA. AC combined superior calf performance (above CR) and cow reproduction (above HA), achieving the highest productivity.

Keywords: Criollo cattle, Adaptation, Climate Change.

INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad de la producción animal enfrenta retos por el agotamiento de los recursos, altos costos de insumos y cambio climático, lo que exige modelos que integren eficiencia, cuidado ambiental y beneficio social (Tedeschi y Beauchemin, 2023). En la producción de carne bovina esto implica seleccionar animales resilientes, fértiles y tolerantes al calor, ya que las altas temperaturas reducen consumo, reproducción e inmunidad, afectando más a razas con altas demandas energéticas (Rashamol *et al.*, 2018).

La región occidental de Chihuahua abarca 19 municipios y más de 5.8 millones de hectáreas; 80–95 % área montañosa y hasta 55 % se destina a ganadería, que representa 70 % de las exportaciones estatales (SIAP, 2022). El clima es semiárido, con un incremento constante en las temperaturas máximas, superiores a 30 °C, precipitación media anual de 419.7 mm en la última década (NASA, 2025), y sequías prolongadas, condiciones que limitan la disponibilidad de agua y forraje y, por tanto, amenazan la sostenibilidad de la ganadería.

Las razas europeas predominantes, como Angus, Hereford y Charolais, muestran limitantes en esta región: su tamaño y demanda energética aumentan la vulnerabilidad al estrés térmico, reducen la movilidad y elevan el costo de la suplementación. En contraste, el bovino Criollo (CR), adaptado en la Sierra de Chihuahua por más de 500 años bajo selección natural, presenta rusticidad y adaptabilidad. Estudios confirman su capacidad para recorrer mayores distancias y pendientes, menor estrés térmico y menores requerimientos de agua y suplementación, buena calidad de carne, precocidad y longevidad (Roacho-Estrada *et al.*, 2023; Cibils *et al.*, 2023). Por ello, evaluar el desempeño productivo del Criollo y sus cruzas frente a cruzas comerciales en sistemas vaca-becerro de bajos insumos en Chihuahua es fundamental. El objetivo de este estudio fue realizar dicha evaluación bajo condiciones de variabilidad climática.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el rancho experimental Teseachi de la UACH (28º48’ N, 107º25’ O), en el municipio de Namiquipa, Chihuahua. El rancho cuenta con 12,300 ha de pastizales montañosos, divididos en 15 secciones, con altitudes de 2058–2640 m y pendientes de 1–89 %. El área de estudio incluyó 1,937.96 ha en las secciones “Las Lajas” y “La Selva”, ubicadas en la zona más montañosa al oeste del rancho. Se dividió en seis potreros agrupados en dos bloques con características fisiográficas similares, con superficies de 263.1–399.7 ha (promedio 323 ha). La carga animal se calculó anualmente considerando 50 % del forraje disponible en 2022–2023 y 60 % en 2024. La disponibilidad de materia seca se midió en octubre y la carga se ajustó en marzo del año subsecuente.

El clima es seco-árido, con inviernos fríos y veranos cálidos con noches frescas. Las lluvias se presentan principalmente en julio y agosto. Enero es el mes más frío (7.14 °C) y julio el más cálido (23.15 °C). La precipitación media anual fue 419.7 mm en los

últimos 10 años y 322 mm en el periodo 2022–2024 (NASA, 2025). La vegetación varía con la altitud: en las partes altas predominan los pinos (*Pinus cembroides*, *P. arizonica*); en las medias los encinos (*Quercus oblongifolia, Q. arizonica*), y en las bajas gramíneas como grama azul (*Bouteloua gracilis*) y banderita (*B. curtipendula*) (Roacho-Estrada *et al.*, 2023). En cuanto a los animales utilizados, éstos fueron de grupos fenotípicamente divergentes: Criollo (CR), Criollo×Angus (AC) y Hereford×Angus (HA). Se seleccionaron hembras gestantes de 3–16 años y sementales de 2–6 años.

Se utilizó un diseño de bloques al azar. Cada grupo racial se asignó aleatoriamente a uno de los tres potreros dentro de dos bloques con exposición de ladera dominante norte o sur. En cuanto al manejo de los animales, en cada ciclo anual se inició con vacas gestantes. En 2022 se ofreció suplemento alimenticio solo en mayo. A partir de 2023 se ofreció a partir de marzo hasta el inicio de las lluvias, en presentación de bloques fabricados con una mezcla de maíz, minerales, sal y urea. El empadre fue por monta natural, de mediados de septiembre a mediados de noviembre: vacas CR con toros CR, y vacas AC y HA con toros Angus. El diagnóstico de gestación se realizó mediante palpación y ultrasonografía en enero de 2023, 2024 y 2025, al igual que el destete.

El pesaje y determinación de CC en vacas se efectuó mensualmente de abril a septiembre. Los becerros se pesaron al nacimiento, y durante la lactancia en agosto y octubre de 2022, y en julio, agosto y septiembre de 2023 y 2024, al igual que la producción de leche. Para ello, los becerros se separaron de sus madres a las 17:00 h el día previo; y se pesaron antes y después del amamantamiento dos veces al día, con 8 h de separación. La producción diaria se calculó sumando ambos resultados obtenidos por diferencia de los pesos de antes y después

En resumen, se evaluaron y analizaron las variables de crecimiento predestete de las crías: peso al nacimiento, peso al destete, ganancia diaria de peso y peso ajustado a 190 días; y en las vacas: condición corporal al parto y al inicio del empadre, producción de leche y tasa de gestación. Las variables continuas con distribución normal se analizaron mediante ANOVA con PROC MIXED de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), ajustando un modelo con efectos fijos de raza, año de parto (cuando aplica), sexo de las crías, categoría de edad de la madre (Mediana <6 años; Adulta ≥6 años), covariable fecha juliana de parto e interacciones dobles significativas. Los efectos aleatorios incluyeron bloque, raza×bloque (potrero) y vaca dentro de raza para animales presentes en más de un año (AC 94 %, CR 71 %, HA 33 %). Se probaron los contrastes de medias de (AC + HA) / 2 *vs* CR, y HA *vs* AC a través de años cuando no hubo interacción y como diferencias de estos entre años cuando si la hubo. Para TG se ajustó un modelo logístico con PROC LOGISTIC, incluyendo los efectos de año, raza, categoría de edad y la interacción raza×año, así como las covariables PV y PrL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento pre destete de las crías

La interacción raza×año fue significativa ($p<0.05$) para PD y GDP. La diferencia entre HA y AC fue menor en 2022 (-8.64±5.51 y -0.05±0.02 kg) y 2024 (-1.90±5.32 para PD) que en 2023, indicando que, aunque en promedio ambas cruzas tuvieron un desempeño similar, su rendimiento anual varió según las condiciones ambientales o de manejo, favoreciendo a AC en condiciones más retóricas y a HA en condiciones más benignas. Para PN y PD-190, los efectos principales de raza y año fueron significativos ($p<0.05$). Los contrastes muestran que las diferencias entre AC y HA no fueron significativas ($p>0.05$), pero sí con respecto a CR ($p<0.01$; 6.84 ± 0.68 y 35.55 ± 4.17 kg, respectivamente) durante los tres años. Lo anterior concuerda con Lepe-Anasagasti *et al*. (2025), quienes reportan que vacas más pesadas generan becerros de mayor peso. Además, los efectos anuales reflejan variaciones ambientales, como estrés y humedad, que afectan significativamente la eficiencia al destete en sistemas vaca-becerro (Reis *et al.*, 2023).

Tendencias en la condición corporal y peso vivo de las vacas a través del año

El análisis mensual del peso vivo (PV) y porcentaje de vacas con condición corporal (CC ≥ 4.5) mostró que en 2022 el PV aumentó hacia fin de año, mientras que en 2023 y 2024 disminuyó después de mayo-junio, coincidiendo con el inicio de los partos. HA presentó los mayores PV, especialmente en 2023 y 2024, superando 400 kg en varios meses, mientras que AC mostró pesos similares, pero más estables, al igual que CR, que presentó PV más bajos, coherentes con su menor tamaño. El tamaño corporal materno determina demandas nutricionales diferenciadas: vacas pesadas (HA en nuestro estudio) consumen 17-20% más nutrientes que vacas livianas (CR), lo que explica su mayor sensibilidad a fluctuaciones ambientales y, por lo tanto, la variabilidad extrema en ciertos meses del año. Respecto a CC, en 2022 los porcentajes de vacas con CC ≥ 4.5 fueron bajos, especialmente al inicio del año. En 2023, la mayoría de las vacas alcanzó CC ≥ 4.5 desde marzo, aunque AC y HA cayeron en julio, coincidiendo con lactancia y baja precipitación. En 2024, HA presentó caída en CC entre mayo y julio por retraso de lluvias, recuperándose hacia agosto-septiembre. En los tres grupos, casi el 100 % de las vacas alcanzaron la CC mínima aceptable para el inicio del empadre.

Peso vivo, producción de leche, CC al parto e inicio del empadre, y tasa de gestación

La interacción raza×año influyó ($p<0.05$) sobre el PV, CC al empadre (CCe) y PrL, pero no sobre la CC al parto (CCp) al comparar a HA y AC vs CR, salvo para AC vs HA en 2022. La CCp de HA mejoró en 2023 con la suplementación, pero fue menor a AC y CR en 2024. AC y HA mostraron mayor PV que CR. La magnitud de la diferencia varió a través de los años, siendo HA superior a AC en 2022. AC y CR presentaron CCe superior a HA en 2022, diferencia que no se mantuvo en años posteriores ($p>0.05$). La PrL fue mayor en AC y HA que en CR, con diferencias estables del 2023 al 2024, pero de menor magnitud ($p<0.05$) que en 2022. Las diferencias entre AC y HA no fueron significativas ($p>0.05$). Para TG, HA presentó consistentemente menor desempeño en los tres años que los otros dos grupos raciales. AC fue mejor ($p<0.05$) que HA en 2022 y 2024, pero

no alcanzó significancia en 2023. Con respecto a CR, no fue diferente (p>0.05) en ninguno de los tres años (74.4, 80.6 y 93.3% *vs* 63.1, 97.1 y 95%, respectivamente).

Las condiciones de menor tamaño corporal, menores requerimientos de mantenimiento y sensibilidad al estrés por calor, así como mayor capacidad de movilidad para la búsqueda de más alimento y de mejor calidad, que presenta el ganado Criollo, en comparación a razas especializadas, seleccionadas por largos periodos de tiempo bajo condiciones templadas, como el caso de Hereford y Angus, son las que seguramente le permitieron mantenerse en una mejor condición corporal y alcanzar buenas tasas reproductivas. Esto que aporta la genética del Criollo, en combinación con genética para mayor producción de leche y crecimiento de la raza Angus, así como la heterosis expresada en las vacas cruzadas AC, es lo que les permitió un mejor desempeño integral observado en el presente estudio (Cibils *et al.*, 2023; Reis *et al.*, 2023).

CONCLUSIONES

Las vacas CR demostraron mayor resiliencia frente a condiciones restrictivas, manteniendo tasas de gestación adecuadas, buena CC y desempeño reproductivo más consistente, a pesar de los cambios en las condiciones climáticas y de manejo. Esto respalda su valor como recurso zoo genético para cruzamientos que integren rusticidad y productividad por el lado materno, como fue el caso de la vaca cruzada AC, para la que los resultados obtenidos avalan su potencial para su incorporación en el sistema de producción vaca-becerro bajo las condiciones en las que se trabajó en el presente estudio.

LITERATURA CITADA

Cibils, A. F., Estell, R. E., Spiegal, S., Nyamuryekung'e, S., McIntosh, M. M., Duni, D. M., Herrera Conegliano, O. A., Rodríguez Almeida, F. A., Roacho, O., Blanco, L. J., Duniway, M. C., Utsumi, S. A., & González, A. L. (2023). Adapting to climate change on desert rangelands: A multi-site comparison of grazing behavior plasticity of heritage and improved beef cattle. Journal of Arid Environments, 209, Article 104886.

Lepe-Anasagasti, I. E., Castillo-Torres, A., Mansur-Domínguez, J. A., *et al.* (2025). Efecto del peso de la vaca sobre la eficiencia productiva al destete en vacas Brahman. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, *16*, 1-10.

Rashamol, V. P., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Archana, P. R., & Bhatta, R. (2018). Physiological adaptability of livestock to heat stress: An updated review. Journal of Animal Behaviour and Biometeorology, 6(3), 62–71.

Reis, N. P., Lobato, J. F. P., Restle, J., Pacheco, R. F., Nuñez, A. J. C., Sartori, D. B. S., & Vaz, R. Z. (2023). Effect of the performance, calving date and lactation period on the probability of pregnancy in beef cows. Scientia Agricola, 80, Article e20220088.

Roacho-Estrada, O., Rodríguez-Almeida, F. A., Utsumi, S. A., Fredrickson, E. L., Bezanilla-Enríquez, G. A., Cibils, A. F., Estell, R. E., & González, A. L. (2023). Foraging behavior of Rarámuri Criollo vs. commercial crossbred cows on

rangelands of the southwestern United States and northern Mexico. Journal of Arid Environments, 212, Article 104943.

Tedeschi, L. O., & Beauchemin, K. A. (2023). Galyean appreciation club review: A holistic perspective of the societal relevance of beef production and its impacts on climate change. Journal of Animal Science, 101, 1–19.

SIMPOSIO

CAPRINOCULTURA Y SOSTENIBILIDAD TERRITORIAL:

APORTES SOCIOCULTURALES, SOCIOECOLÓGICOS Y SOCIOECONÓMICOS DESDE LOS AGOSTADEROS DE MÉXICO

Elisabeth Huber-Sannwald y Andrea Valeria Guzmán Miranda

Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

EL PASTORALISMO CAPRINO EN LA MIXTECA DE OAXACA

GOAT PASTORALISM IN THE MIXTECA OF OAXACA

José Carlos López-Ojeda[1*], J. Efrén Ramírez Bribiesca[1], Ramon Soriano Robles[2], Ladislao Arias Margarito[2]

[1] Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56264. [2] Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. Avenida San Rafael Atlixco 186, Colonia Vicentina, CP. 09340. Iztapalapa, Ciudad de México, México.

*jclo_86@hotmail.com

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo describir el pastoralismo caprino que se desarrolla en la Mixteca de Oaxaca desde un contexto social-cultural, acervo genético y ecológico. El abordaje teórico se realizó con perspectiva etnográfica, para estudiar la complejidad de los fenómenos que viven y les son significativos a las personas involucradas en la producción caprina. Se realizaron 15 entrevistas de manera individual (productor) o grupal (productor y familia). Como resultado, el pastoralismo caprino se mantiene por personas que rondan 50 años con escolaridad básica. Existen dos estrategias de producción: trashumante y no trashumante. Se describen dos tipos de cabras: Pastoreña y Chinchorrera/Corralera, su objetivo es la producción de carne. Existen diferentes tipos de pastoreo, el trashumante permite aprovechar la disponibilidad de forraje de acuerdo con la estación del año. Se caracterizan por la mano de obra y tipo de cabra utilizadas, así como el número de animales por hato, el tipo de manejo durante el pastoreo y el objetivo de producción.

Palabras clave: pastoralismo, cabra, trashumancia, pastoreo

ABSTRACT

This study aims to describe goat pastoralism in the Mixteca region of Oaxaca from a social-cultural, genetic, and ecological perspective. The theoretical approach was based on an ethnographic perspective to study the complexity of the phenomena experienced and found significant by those involved in goat production. Fifteen interviews were conducted, either individually (producer) or in groups (producer and family). As a result, goat pastoralism is maintained by people in their 50s with basic education. There are two production strategies: transhumant and non-transhumant. Two types of goats are described: Pastoreña and Chinchorrera/Corralera, whose objective is meat production. There are different types of grazing, with transhumant allowing for seasonal availability of forage. These are characterized by the labor and type of goat used, as well as the number of animals per herd, the type of management during grazing, and the production objective.

Keywords: pastoralism, goat, transhumance, grazing

INTRODUCCIÓN

En la Mixteca, el pastoralismo caprino puede ser descrito como trashumante o no trashumante dependiendo de la movilidad del rebaño donde la crianza de cabras ha sido una actividad de subsistencia de diversos grupos indígenas (Mendoza, 2002). Particularmente, la producción de caprinos ha generado un amplio conocimiento relacionado con el aprovechamiento y gestión de cabras y recursos naturales (Franco-Guerra et al., 2008; Arias *et al*. 2011). En la Mixteca, hay estudios descriptivos de la producción caprina que han realizado diversos grupos de investigadores (Rodríguez et al., 2011; Ramírez et al., 2014; Soriano et al., 2017). Pero uno de los puntos importantes que falta fortalecer, es la descripción del conocimiento arraigado que tienen los pastores. El presente estudio tiene como objetivo describir el pastoralismo caprino que se desarrolla en la Mixteca de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en 5 localidades de la región Mixteca (MX, 17 48’ 00” LN 97 46’ 00” LO) del estado de Oaxaca. La región se ubica en la provincia fisiográfica de la Sierra Madre del Sur, la vegetación corresponde a selva baja caducifolia y bosque de pino-encino. La altitud, temperatura y precipitación promedio es de 1,862 msnm, 19 °C y 940 mm, respectivamente (INEGI, 2004). El abordaje teórico se realizó con perspectiva etnográfica (Álvarez, 2011), para estudiar la complejidad de los fenómenos que viven y les son significativos a las personas involucradas en la producción caprina. Se utilizó un muestreo no probabilístico, aplicando la metodología bola de nieve (Otzen y Manterola, 2017). Se realizaron 15 entrevistas de manera individual (productor) o grupal (productor y familia).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productores caprinos tienen una edad promedio de 52 ± 12 años y un nivel de estudios básico. Existen dos estrategias de producción: trashumante y no trashumante. La cría de caprinos trashumantes es una actividad primaria debido a que es su fuente principal de ingresos. La cría de caprinos no trashumantes, denominada chinchorrera o corralera, es una actividad complementaria pues es una fuente de ahorro económico familiar, autoconsumo y complementa actividades agrícolas. La cabra criolla compone los rebaños de productores caprinos en la Mixteca, sin embargo, existen diferencias morfo-estructurales y productivas entre cabras Pastoreñas y Chinchorreras / Corraleras. La población de cabras en rebaños Chinchorreros/Corraleros puede ser de 10 hasta 150 animales mientras que en rebaños Pastoreños varía entre 300 hasta 1000 animales. En cuanto a la mano de obra utilizada en los rebaños puede ser familiar (Chinchorreros/Corraleros) o asalariada (Pastoreños). El pastoreo de los rebaños caprinos se realiza en tierras comunales y

tiene una duración de 8 h. Las áreas de pastoreo son comunes para productores caprinos no trashumantes mientras que para productores caprinos trashumantes las áreas de pastoreo son exclusivas debido a que pagan una renta. Las áreas rentadas se fraccionan para el pastoreo por una semana y no se vuelve a pastorear hasta un año después. Los productores caprinos mencionan que durante la época de lluvia las principales especies consumidas por cabras son: *Acacia farnesiana, Prosopis laevigata, Salvia lasiantha, Montanoa leucantha, Montanoa tomentosa, Leucaena macrophylla, Bidens anthemoides, Eysenhardtia polystachya, Acacia schaffneri,* y *Gliricidia sepium* y durante la época de sequía: *Acacia cochliacantha, Mimosa benthamii, Mimosa calcicola, Senecio salignus, Mimosa fasciculata, Acacia bilimekii, Acacia pennatula, Tecoma stans* y *Quercus sp.*

CONCLUSIONES

El pastoralismo caprino en la Mixteca de Oaxaca se caracteriza por la estrategia de producción, mano de obra utilizada y tipo de pastoreo, además presenta particularidades únicas que se pueden abordar para generar información y justificar su sostenibilidad.

LITERATURA CITADA

Álvarez RM (2011) La investigación etnográfica: una propuesta metodológica para trabajo social. Trabajo Social 20: 73-97.

Arias L, Soriano R, Sánchez E, González E, Rivera L (2011) Características técnicas y socioeconómicas de los sistemas de producción caprina en un municipio de la Mixteca Baja oaxaqueña. En: Cavallotti VB, Ramírez VB, Martínez CFE, Marcof ÁCF, Cesín VA (ed). La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes. Vol 2. Chapingo, México. pp: 335-345.

Franco-Guerra FJ, Sánchez-Rodríguez M, Hernández HJ, Espino-Barros O, Camacho RJ, Hernández RM (2008). Evolución del comportamiento alimentario de cabras criollas en especies arbóreas y arbustivas durante el pastoreo trashumante, México. Zootecnia Tropical 26: 383-386

Mendoza García E (2002). El ganado comunal en la Mixteca alta: de la época colonial al siglo XX. El caso de Tepelmeme. Historia Mexicana 51: 749-785.

Otzen T, Manterola C (2017) Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. International Journal of Morphology 35: 227-232.

Ramírez JMP, Sánchez OM, Ortiz BR, Zaragoza RJL, Ricardi DLC, Fuentes-Mascorro G (2014) Sistema se producción y zoometría de la cabra pastoreña. Acta Iberoamericana de Conservación Animal 4: 231-233.

Rodríguez LG, Gamboa AJG, García SJA, Rivera MJG (2011) Tradición sociocultural de la caprinocultura en el estado de Oaxaca: análisis sobre el potencial económico en beneficio de la región de Huajuapan de León. En: Cavallotti VB, Ramírez VB, Martínez CFE, Marcof ÁCF, Cesín VA (ed). La ganadería ante el agotamiento de los paradigmas dominantes. Vol 2. Chapingo, México. pp: 335-345.

Soriano RR, Arias MA, Armella VM, Yañez LL, Almaraz BI (2017) Identificación de atributos de sustentabilidad en una producción caprina en la Mixteca baja usando análisis multivariado. En: Huerta PA, Díaz RR (ed). Agricultura sostenible una transición desde lo tradicional. México. pp: 285-295.

AGROFORESTERÍA DE ZONAS ÁRIDAS: BANCO DE PROTEÍNA EN LA MIXTECA BAJA OAXAQUEÑA

ARID ZONES AGROFORSTRY: PROTEIN BANK IN THE LOW MIXTECA OF OAXACA

Ramón Soriano Robles[1]*, Ladislao Arias Margarito[1] y Carlos López López[1]

[1]Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Departamento de Biología de la Reproducción. Laboratorio de Recursos Socioambientales y Sustentabilidad.
Autor de correspondencia: ramon@xanum.uam.mx

RESUMEN

La Mixteca Baja de Oaxaca enfrenta desafíos severos de deforestación debido a prácticas agropecuarias intensivas como el sobrepastoreo y la sobreexplotación vegetal. Este estudio propone la reforestación con especies leguminosas nativas —*Acacia cochliacantha, Acacia farnesiana y Prosopis laevigata*— como una estrategia para restaurar el ecosistema, mejorar los recursos forrajeros, diversificar la economía rural y mitigar los efectos del cambio climático, destacando su adaptación, valor ecológico y relevancia social.

Palabras clave: agroforestería, áridas, banco, proteína

ABSTRACT

The Baja Mixteca of Oaxaca faces severe deforestation challenges due to intensive agricultural practices such as overgrazing and overexploitation of plant resources. This study proposes reforestation with native leguminous species — *Acacia cochliacantha, Acacia farnesiana,* and *Prosopis laevigata* — as a strategy to restore the ecosystem, improve forage resources, diversify the rural economy, and mitigate the effects of climate change, highlighting their adaptation, ecological value, and social relevance.

Keywords: agroforestry, arid, banco, protein.

INTRODUCCION

La Mixteca Baja Oaxaqueña enfrenta graves problemas de deforestación derivados de actividades agropecuarias intensivas, como el sobrepastoreo y la sobreexplotación de recursos florísticos. En este contexto, la reforestación con especies leguminosas nativas se presenta como una alternativa viable para restaurar el ecosistema, mejorar la oferta forrajera, diversificar los recursos económicos para las comunidades rurales, así como para aminorar los efectos del calentamiento global y su consecuencia, el cambio climático. Las especies seleccionadas para este estudio—*Acacia*

cochliacantha (cubata), *Acacia farnesiana* (huizache) y *Prosopis laevigata* (mezquite)—son multipropósito, bien adaptadas al clima local y reconocidas por su valor ecológico, nutritivo y social (Arias *et al*., 1974). El objetivo del presente trabajo fue establecer un banco de proteína en la comunidad de Cosoltepec, de la mixteca baja de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo utilizando semillas recolectadas en el municipio de Cosoltepec, Oaxaca, seleccionando ejemplares sanos y maduros. Una vez extraídas de las vainas, las semillas fueron sometidas a cuatro tratamientos pregerminativos. De los cuales, la escarificación mecánica resulto la más eficiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron claramente que la escarificación mecánica fue el método más efectivo para promover la germinación en *Acacia cochliacantha* y *Acacia farnesiana*, alcanzando porcentajes de germinación de 96% y 87%, respectivamente. La velocidad de germinación para estas especies fue de 7.20 y 6.33 semillas por día, mientras que el índice de germinación alcanzó valores de 0.63 y 0.46, superando significativamente a los otros tratamientos y al testigo.

En el caso de *Prosopis laevigata* (mezquite), aunque la escarificación mecánica arrojó el mayor porcentaje de germinación (99%), no se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0.05$) entre los diferentes tratamientos y el testigo. Esto sugiere que esta especie podría ser menos dependiente del tratamiento pregerminativo para lograr altos niveles de germinación, o que la latencia física de sus semillas es menos marcada comparada con las otras dos especies.

La velocidad y el índice de germinación elevados observados en los tratamientos mecánicos reflejan una emergencia pronta y homogénea de las plántulas, condición deseable para la producción en vivero y el establecimiento de plantaciones reforestadoras.

Al día 138 de germinación en etapa de invernadero las tres especies presentaron crecimiento diferenciado, siendo el mezquite la de mayor crecimiento de la raíz (35.11 cm), mezquite y huizache de mayor crecimiento del tallo (18.23 y 17.59), mientras que el número de ramificaciones fue estadísticamente igual. y el número de ramificaciones igual

Al día 236, en etapa de vivero las tres especies tuvieron un crecimiento estadísticamente igual (43 cm cubata, 46.11 huizache y 48.48 mezquite, el tallo tuvo mejor crecimiento en el huizache (56.11 cm), así como las ramificaciones (125.94). el ancho del tallo fue igual para huizache y mezquite (6.69 y 6.81 cm, respectivamente) mientras que para la cubata 5.19 cm. Las tres especies ya presentaron crecimiento nodular en esta etapa.

Después e esta etapa las plantas fueron transplantadas al terreno respectivo para formar un banco de proteína con densidades de siembra y su crecimiento se presenta en el cuadro 1.-

Cuadro 1. Resultados dasométricos por especie y por densidad al día 372.

Densidad	Especie	Long. tallo (cm)	Ancho tallo (mm)	Ramificaciones (número)	Long. Raíz (cm)	Nódulos (número)
A 1.5 mt	Cubata	56.39±12.05 ab	5.67±1.00b	174.67±67.28ab	44.50±0.71a	1.00±0.00a
	Huizache	60.22±9.63 a	7.22±0.83ab	232.22±109.13a	63.25±10.25a	20.50±7.78 b
	Mezquite	40.78±14.95 bc	8.22±1.09a	153.44±65.72ab	59.30±16.55a	12.5±7.78 c
B 2 mt	Cubata	59.93±9.38 a	6.78±1.78ab	188.89±38.06ab	42.90±1.28a	2.00 a
	Huizache	61.71±11.71 a	6.89±1.45ab	211.56±55.19ab	58.00±15.56a	3.00a
	Mezquite	33.44±13.60 c	6.78±1.07ab	117.78±70.31b	44.20±14.14a	6.00±4.24a

En el Cuadro 2 se presentan los porcentajes de supervivencia de las especies sembradas a tres meses del trasplante al terreno.

Cuadro 2. Supervivencia por especie a 2 densidades de siembra 3 meses después del trasplante (agosto 28 a noviembre 19).

Densidad	Especie	Plantas sembradas	Plantas supervivientes	Porcentaje supervivencia
AI	Cubata	129	129	100.00
AII	Huizache	134	127	94.78
AIII	Mezquite	126	121	96.03
BI	Cubata	172	168	97.67
BII	Huizache	199	188	94.47
BIII	Mezquite	199	193	96.98

Por otra parte, el costo de producción de banco de proteína se especifica abajo.

Tres viajes para recolectar semilla $3,000.00

Pruebas de germinación	$250.00.
Gastos de invernadero	$10,100.00.
Transporte de plantas	$7,500.00.
Viajes de preparación del terreno y trasplante	$18,000
Costo total de plantas	$44,850.00
Banco de proteína	$9966.0

El total de plantas obtenidas fue de 4,500. La diferencia (3,500) fueron donadas al municipio. El costo por planta obtenida fue de $9.96 pesos M/N. Este bajaría significativamente (hasta $2.24 M/N) si se contara con un invernadero y un terreno para vivero. Esto dejaría el costo del banco de proteína en $2,240.0 M/N. Hasta este momento, el porcentaje de sobrevivencia de las plantas del banco de proteína es de 94%.

CONCLUSION

Se obtuvo un banco de proteína con un alto porcentaje de supervivencia de las plantas y a un costo relativamente bajo.

LITERATURA CITADA

Arias L., R. Soriano-Robles, C. González-Esquivel and E. Sánchez. 2014. Chemical Composition and In vitro Digestibility of Fodder Trees and Shrub Consumed by Goats in the Low Mixteca Region of Oaxaca, Mexico. Res. J. of Biol. Sci., 9(2):92-97.

AVANCES PARTICIPATIVOS DE TECNOLOGÍAS DE LA PRODUCCIÓN CAPRINA EN LA MIXTECA OAXAQUEÑA, MÉXICO.

PARTICIPATORY ADVANCES IN GOAT PRODUCTION TECHNOLOGY IN THE MIXTEXA REGION OF OAXACA, MEXICO

Ladislao Arias Margarito[1]*, Carlos López Ojeda[2], Leidy Rivera Sánchez[1], Ramón Soriano Robles[1], William Burgos Paz[3]

lao@xanum.uam.mx

[1]Departamento de Biología de la Reproducción. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa. [2]Colegio de Posgraduados. Texcoco, Estado de México. [3] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia, Centro de Investigación Turipaná. Km 13 vía Monteria-Cereté, Córdoba. Colombia.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar la transferencia de tecnologías participativas en dos municipios de la Mixteca Oaxaqueña, Cosoltepec, y San Marcos Arteaga, analizando la producción caprina, así como los recursos forrajeros locales con potencial silvopastoril para el desarrollo de tecnologías participativas que mejoren la alimentación del ganado en la época de sequía, utilizando herramientas de investigación participativas. Se recorrieron rutas caprinas en dos temporadas, verano e invierno, que sirvieron como modelo utilizando el conocimiento que poseen los comuneros de su entorno para identificar los recursos forrajeros silvopastoriles, consumo y nombres comunes de las plantas, en ambos municipios se aplicaron programas de transferencia de tecnologías de bloques multinutricionales y ensilajes.

Palabras Clave: rutas caprinas, investigación participativa, época seca

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the transfer of participatory technologies in two municipalities of the Oaxacan Mixteca region, Cosoltepec and San Marcos Arteaga. The analysis focused on goat production and local forage resources with silvopastoral potential for the development of participatory technologies aimed at improving livestock feeding during the dry season, using participatory research tools. Field surveys were conducted along goat herding routes during both summer and winter seasons. These routes served as models for integrating local knowledge, allowing community members to identify silvopastoral forage species, document their consumption by goats, and record their common names. In both municipalities, technology transfer programs were implemented, including the introduction of multi-nutritional blocks and silage preparation.

Keywords: goat herding routs, participatory research, dry season

INTRODUCCIÓN

La investigación participativa es un tema de discusión e interés creciente, utilizada en las ciencias agropecuarias, educación, antropología, sociología y medio ambiente entre otras disciplinas, integrada a programas de desarrollo rural, políticas de planificación, educación no formal, capacitación campesina y desarrollo rural sustentable.

La investigación participativa busca como eje principal la participación activa del sujeto en los diferentes programas y proyectos (Paré, 2000). La participación en el desarrollo agropecuario es una preocupación de programas de gobiernos, partidos políticos, instituciones académicas, agencias nacionales, internacionales y organizaciones no gubernamentales, se busca que la participación urbana, rural y comunitaria, sea el camino para aceptar, adaptar y transferir las tecnologías para el desarrollo colectivo, dando poder a la población y construyendo instituciones locales (Guivant, 2004, De Witt y Gianotten, 1983). La participación según comenta Andersen (1999), implica relaciones equitativas entre los agentes involucrados, un reconocimiento de su potencial a través de la práctica. Lo anterior permite sugerir que la participación debe de darse por los involucrados en los proyectos de investigación de acuerdo a los objetivos que se quieran alcanzar.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos localidades geográficas ubicadas al noroeste de Oaxaca en la Mixteca Baja, la primera localidad es Cosoltepec con coordenadas 18°08´ N y 97°47´ W, con altura máxima al nivel del mar de 1829 msnm, con precipitación anual de 300-400 mm, y temperatura que oscila entre 25°C y 30 °C (CONANP, 2013; INEGI,2021). La segunda localidad es San Marcos Arteaga localizada a 17° 43´ N y 97° 51´ W, con altitud 1458 msnm, precipitación anual de 700-900 mm, con temperatura entre 18-28 °C (CONANP, 2013; INEGI, 2021). Se siguieron rutas habituales de pastoreo de caprinos, para conocer las especies vegetales e identificar y clasificar los alimentos de acuerdo al consumo. El muestreo de árboles y arbustos fue hecho observando cuáles plantas eran consumidas. La evaluación de bloques multinutricionales contó con la participación directa de productores, se elaboraron de acuerdo a los procedimientos descritos por Sansoucy (1986) y García y Restrepo (1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el estudio de los trabajos en la comunidad la aceptación del grupo de investigación se debió entre otros factores al trabajo participativo. Las autoridades comunales y municipales se situaron como entes convocantes junto con el equipo universitario, mientras que la primera se situó como moderadora, la Universidad participó en la discusión junto con los productores para llegar a un consenso de qué y cómo hacer las cosas (Figura 1). Surgió la necesidad de un diagnóstico basado en las necesidades de los productores, lo que permitió abrir los espacios para conocer nuevas cuestiones como el caso de alimentación, manejo y transferencia participativa de tecnologías.

La comunidad consideró las propuestas de estudio como parte de su desarrollo, cobra sentido lo que han expresado infinidad de autores sobre la participación de abajo para arriba o en un orden en que se puedan retroalimentar las diferentes actividades de los grupos participantes (Biggs, 2008; Paré, 2000).

Para el desarrollo de la transferencia tecnológica de BMN se inició un taller participativo reconociendo los conocimientos que tienen los productores sobre su medio ambiente. Participaron en todo el proceso de la transferencia tecnológica (López, 2012).

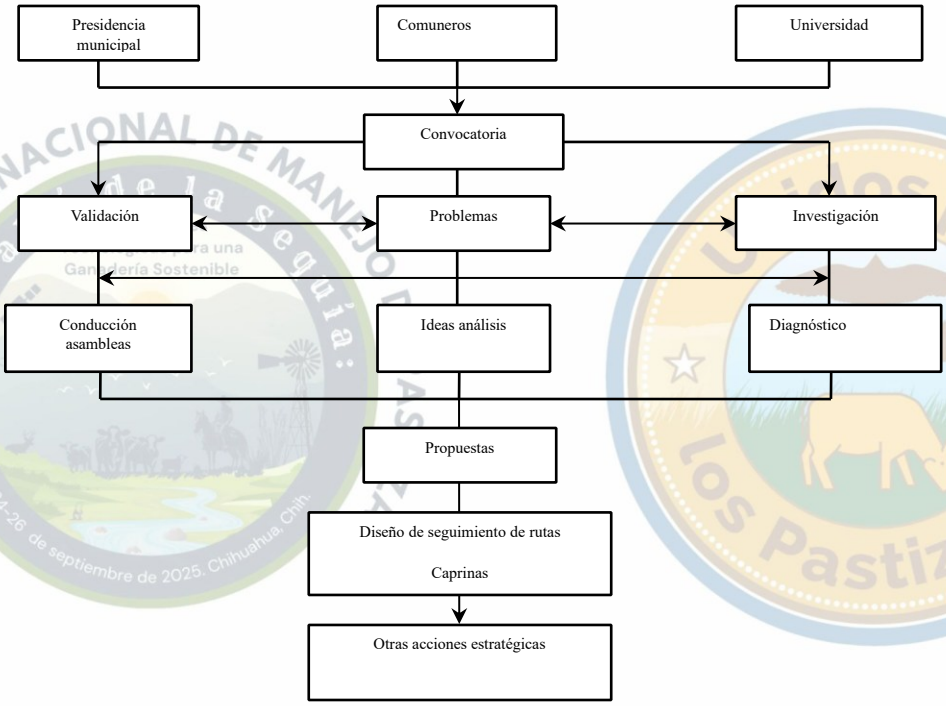


Figura 1. Interacción comuneros-autoridad-académicos para diseño de estrategias en la comunidad.

Mostraron capacidad de adaptación y experimentación, su interés fue basado en la validez de la transferencia en condiciones naturales de su entorno, algunas propuestas viables serían, reducir el tiempo del pastoreo y proponer una semiestabulación de unidades caprinas utilizando BMN, otra sería, ofrecer como concentrado BMN en todas las unidades caprinas durante la época de intensa sequía, esto incidirá en el desarrollo integral de la producción caprina, disminuyendo la degradación del medio ambiente y mejorando la calidad de vida de la comunidad (Sachs, 2002). Manejo fácil de la tecnología de BMN y de bajo costo (Arias *et al*. 2005). Bajo esa perspectiva la capacidad de adaptación y apropiación de la tecnología por parte de los caprinocultores nos encamina a buscar la solución de manera simbiótica para aumentar el conocimiento local y la base científica que haga posible. un beneficio

mutuo, mejorando el medio ambiente y hacer más sustentable el sistema sobre todo en las zonas áridas y de montaña

Cuadro 1. Hojas de árboles y arbustos que más consumen los caprinos.

Nombre común	Nombre científico	Consumo.
Barba de Chivo	*Pithecollobium acatlense Benth*	Muy alto
Cubata	*Acacia cymbispina Sprague*	Muy alto
Mezquite.	*Prosopis laevigata*	Muy alto
Huizache	*Acacia farnesiana*	Muy alto
Clahuitol	*Lysiloma divaricata*	Alto
Uña de gato	*Mimosa sp.*	Alto
Vergonzosa	*Mimosa pudica*	Alto
Encino	*Quercus sp.*	Alto
Huamúchil	*Pithecellobium dulce*	Alto
Rompebotas	*Cassia pringlei Rose*	Alto

CONCLUSIONES

Las plantas forrajeras encontradas que fueron de mayor consumo se pueden establecer como base para un desarrollo del sistema de producción caprino basado en sistemas agrosilvopastoriles sustentables. Se puede sugerir que la tecnología evaluada tiene altas posibilidades de aplicación para las unidades caprinas de la región Mixteca Baja, pueden contribuir a la generación de ingresos y crear impacto sobre la economía regional, además puede ser transferida en base al conocimiento de los recursos locales

LITERATURA CITADA

Arias L, Soriano R, Losada H, Rivera J and Cortés J. 2005: Multi-nutrient blocks with fresh fruit of Pitaya (Stenocereus griseus) replacing sugar cane molasses. Livestock Research for Rural Development 17(4). From http://www.lrrd.org/lrrd17/4/aria17037.htm

Biggs, Stephen., 2008. The lost 1990s? Personal reflections on a history of participatory technology development. Development in Prectice. Vol.18, No 4-5, pp. 489-505.

Paré, Luisa. 2000. La investigación aplicada para el desarrollo sustentable: un reto para la antropología. En Investigación Social Rural. Buscando huellas en la arena. Coordinador. Roberto Diego Quintana. Universidad Autónoma Metropolitana. Plaza y Valdez Editores. México.

Sachs, Wolfgang. 2002. Desarrollo Sostenible. En Redclift, Michael. Woodgate, Graham. Sociología del Medio Ambiente: Una perspectiva internacional. Mc Graw Hill. México. 63-75 pp.

RECURSOS HERBÁCEOS PARA CAPRINOS DURANTE PASTOREO SEMIEXTENSIVO EN LA ALTIPLANICIE PULQUERA DE HIDALGO, MÉXICO

HERBAGES RESOURCES FOR GOATS IN SEMI-EXTENSIVE GRAZING IN THE ALTIPLANICIE PULQUERA OF HIDALGO, MEXICO

Isaac Almaraz Buendía*, Juan José Hernández Ruíz, Martin Amador Meza Nieto, María Guadalupe Torres Cardona, J. Jesús Germán Peralta Ortiz, Uriel González Lemus.

Instituto de Ciencias Agropecuarias, Avenida Universidad #133, Colonia San Miguel Huatenco, CP43775. Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Autor por correspondencia: isaac_almaraz9974@uaeh.edu.mx

RESUMEN

En Hidalgo, la producción caprina es una actividad que representa fuente de ingreso y alimento para muchas comunidades rurales, donde se aprovechan los recursos forrajeros naturales disponibles. El objetivo de esta investigación consistió en identificar la vegetación herbácea consumida por las cabras en pastoreo semiextensivo en la altiplanicie pulquera de Hidalgo. El estudio se realizó en mayo-diciembre de 2023 en colaboración con tres productores mediante observación y muestreo de plantas consumidas por caprinos en rutas de pastoreo. La vegetación se identificó mediante el conocimiento empírico de los productores y las guías ilustradas de la CONABIO. La vegetación que consumieron es diversa e incluyó más de 30 especies herbáceas. Se concluye que el consumo depende de la disponibilidad estacional, precipitación pluvial, estrato y preferencias.

Palabras clave: *Capra Ircus*, Hidalgo, Pastoreo.

ABSTRACT

In Hidalgo, goat farming represents a source of income and food for many rural communities, where available natural forage resources are utilized. The objective of this research was to identify the herbaceous vegetation consumed by goats in semi-extensive grazing lands in the pulque plateau of Hidalgo. The study was conducted in May-December 2023 in collaboration with three producers through observation and sampling of plants consumed by goats along their grazing routes. Vegetation was identified through the producers' empirical knowledge and illustrated guides from CONABIO. The intake vegetation includes more than 30 herbaceous species. It is concluded that herbaceous consumption depends on seasonal availability, rainfall, stratum, and preferences.

Keywords: Capra Hircus, Grazing, Hidalgo.

INTRODUCCIÓN

En México, la producción caprina es fundamental en las zonas áridas y semiáridas, donde las condiciones climáticas y la escasez de recursos limitan otras actividades agropecuarias. En el estado de Hidalgo, la región del altiplano conocida como Altiplanicie Pulquera, abarca los municipios de Apan, Tepeapulco, Emiliano Zapata y una parte de la Cuenca de México. Es una zona de gran altitud y terreno llano, con clima predominantemente templado seco y escasas precipitaciones. La vegetación en esta zona incluye especies como el nopal, palma, pino, pirúl y huizache, y su economía se sustenta en diversas actividades, como la industria, la ganadería, la piscicultura y la agricultura. Las cabras se alimentan de una amplia variedad de vegetación, como sucede en la altiplanicie pulquera, donde el pastoreo en tierras comunales es una práctica común a través de la cual los caprinos consumen los nutrientes necesarios para su mantenimiento y producción (Chávez Silvestre et al., 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en la región de la Altiplanicie Pulquera de Hidalgo, México, una zona caracterizada por su vegetación diversa y adaptada a condiciones climáticas semiáridas. La investigación se desarrolló en colaboración con tres productores locales de caprinos en dos comunidades de Epazoyucan entre mayo y diciembre del 2023. La ubicación corresponde a los llanos de Apan a 19° 58’ 57” latitud norte y 98° 37’ 16” longitud oeste, con llanura y lomerío, a una altura de 2300 a 2572 msnm con clima semiseco templado con lluvia de verano BS1k (INEGI, 2023). Durante las rutas de pastoreo se realizó un seguimiento directo a los caprinos con el fin de caracterizar el sistema e identificar las plantas que eligen para consumirlas durante el trayecto. Se colectaron muestras de la vegetación consumida mediante la técnica de simulación del bocado, en la que se seleccionaron las mismas partes de la planta que eran ingeridas por los caprinos (hojas, frutos, semillas, tallos o una combinación de estos) y se tomaron imágenes. Las muestras se etiquetaron y clasificaron según su nombre común con base en el conocimiento empírico de los productores locales. Después, se agruparon con base en su forma de vida y se identificaron de manera taxonómica usando la Guía ilustrada que coordinaron Mahinda Martínez et al. (2017) en colaboración con la CONABIO, y la metodología descrita por Calderón y Rzedowski (2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se identificaron 31 especies (Cuadro 1) que forman parte de la alimentación del ganado caprino, lo que amplía aún más los recursos forrajeros disponibles (Figura 1) para caprinos en pastoreo.

Figura 1. Diversidad vegetal y acumulación de biomasa susceptible de ser consumida por el ganado caprino en comunidades de Epazoyucan, Hidalgo, México.

Lee *et al*. (2019), mencionan que la alimentación de las cabras en estos sistemas consiste de aproximadamente 60% de arbustivas y pasan la mayor parte de su tiempo seleccionando su alimento, recorriendo grandes distancias y comiendo con frecuencia. Sin embargo, Ferreira et al. (2024) reportaron que el estrato herbáceo representó la mayor proporción de consumo en caprinos en pastoreo, lo cual relacionan con la palatabilidad de los recursos forrajeros.

Cuadro 1. Vegetación herbácea consumida por caprinos en pastoreo semiextensivo en el municipio de Epazoyucan, Hidalgo, México

Nombre Común	Nombre científico	Familia
Acahual cimarrón	*Bidens triplinervia*	*Asteraceae*
Alfilerillo	*Erodium. cicutarium*	*Geraniaceae*
Amargosa	*Ambrosia psilostachya*	*Asteraceae*
Chayotillo	*Sicyos deppei*	*Cucurbitaceae*
Lecheroncilla	*Euphorbia graminea*	*Euphorbiaceae*
Xocoyole	*Oxalis divergens*	*Oxalidaceae*
Duraznillo	*Solanum rostratum*	*Solanacea*
Epazote del zorrillo	*Chenopodium graveolens*	*Amaranthaceae*
Frijolillo	*Phaseolus maculatus*	*Fabacea*
Golondrina	*Euphorbia hirta*	*Euphorbiaceae*
Hierba del sapo	*Eryngium comosum*	*Apiaceae*
Hierba mora	*Solanum nigrescens*	*Solanaceae*
Jaramao	*Eruca sativa*	*Brassicaceae*
Kikuyo	*Pennisetum clandestinum*	*Poaceae*
Malva	*Malva parviflora*	*Malvaceae*
Nabo	*Rapistrum rugosum*	*Brassicaceae*
Mostacilla	*Sisymbrium irio*	*Brassicaceae*
Ojo de gallo	*Sanvitalia procumbens*	*Asteraceae*
Oreja de ratón	*Dichondra argentea*	*Convolvulaceae*
Pasto plumoso	*Penissetum villosum*	*Poaceae*
Pasto espiga	*Bromus spp.*	*Poaceae*
Pasto nativo	*Bouteloua scorpioides*	*Poaceae*
Pegarropa	*Mentzelia hispida*	*Loasaceae*

Perilla	*Lopezia racemosa*	*Onagraceae*
Popote, escobilla	*Gymnosperma glutinosum*	*Asteraceae*
Quelite Cenizo	*Chenopodium berlandieri*	*Chenopodiaceae*
Quintonil	*Amaranthus hybridus*	*Amaranthaceae*
Siempreviva	*Echeveria secunda*	*Crassulaceae*
Tumba vaqueros, tlaxcapan	*Ipomea stans*	*Convolvulaceae*
Trébol amarillo, meliloto	*Melilotus indica*	*Fabaceae*
Vara de cohete	*Ambrosia cardifolia*	*Asteraceae*

En este contexto, la relevancia del ganado caprino en sistemas semiextensivos también radica en el control y la disponibilidad de biomasa (Figura 1). Lovreglio et al. (2014) describen al ganado caprino como parte de una "silvicultura preventiva" donde a través del pastoreo disminuye la acumulación de materia orgánica. No obstante, también es necesario identificar la vegetación que prefieren consumir y el papel que desempeña dentro del ecosistema. Por lo tanto, la relación entre la producción caprina y el entorno natural es importante para garantizar la sostenibilidad en regiones de la altiplanicie pulquera del estado de Hidalgo.

CONCLUSIÓN

El presente estudio permitió identificar la diversidad de especies vegetales herbáceas consumidas por el ganado caprino en sistemas de producción semiextensivo dentro de la Altiplanicie Pulquera del estado de Hidalgo.

LITERATURA CITADA

Calderon, G., & Rzedowski, J. (2001). Flora fanerogámica del Valle de México (Segunda). Instituto de Ecología, A. C., y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad.

Chávez Silvestre, M., Aldrette Arteaga, Á. A., Jesús Peralta-Ortiz, J. G., Hernández-Zarco, M., Carlos López-Ojeda, J., & Almaraz-Buendía, I. (2022). Vegetación disponible para la producción caprina en el Estado de Hidalgo y su influencia en la calidad de la carne. Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP, 8(15), 11–14. https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icap/issue/archive

Ferreira, A. C. D., de Oliveira, F. L., do Nascimento Lima, J. U., Nascimento, G. A., da Costa Torreão, J. N., Marques, C. A. T., Dias-Silva, T. P., Gurgel, A. L. C., & de Araújo, M. J. (2024). Seasonal variations in botanical and nutritive composition, forage availability and ingestive behavior of grazing goats in the semiarid region. Tropical Animal Health and Production, 56(1). https://doi.org/10.1007/s11250-024-03886-3

INEGI. (2023). Aspectos geográficos de Hidalgo: compendio 2022 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía (México), Ed.). INEGI.

Lee, S.-H., Lee, J., Chowdhury, M. M. R., Jeon, D., Lee, S.-S., Kim, S., Kim, D. H., & Kim, K.-W. (2019). Grazing Behavior and Forage Selection of Goats (Capra hircus).

Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science, 39(3). https://doi.org/10.5333/kgfs.2019.39.3.189

Lovreglio, R., Meddour-Sahar, O., & Leone, V. (2014). Goat grazing as a wildfire prevention tool: A basic review. IForest, 7(4). https://doi.org/10.3832/ifor1112-007

Mahinda Martínez, C., De, D., Luis, S., Sandoval, H., Pantoja Hernández, Y., Gómez, M., Rolando, S., Luna, B., & Cabrera Luna, A. (2017). Guía ilustrada de la flora del valle de Querétaro (Universidad Autónoma de Querétaro & CONABIO, Eds.; Primera). Universidad Autónoma de Querétaro.

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL BIOGEOQUÍMICO DE ARBUSTOS NATIVOS PARA LA RESTAURACIÓN DE AGOSTADEROS EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO.

EVALUATION OF THE BIOGEOCHEMICAL POTENTIAL OF NATIVE SHRUBS FOR RESTORING GOAT FORAGING AREAS IN SAN LUIS POTOSÍ MEXICO.

Nguyen Esmeralda López Lozano[1]*, Marcela Leticia Corpus Hernández[1,2], Andrea Valeria Gúzman Miranda[1], Julián Osvaldo Ovis Sánchez[1].

[1] Secihti-División de Ciencias Ambientales, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. Camino a la Presa San José 2055 Lomas 4ta sección, C.P. 78216, San Luis Potosí, S.L.P., Mexico. [2] Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León. Universidad Nacional Autónoma de México. Blv. UNAM #2011, Predio El Saucillo y, Comunidad de los Tepetates, El Potrero, 37684 León de los Aldama, Guanajuato, Mexico. * nguyen.lopez@ipicyt.edu.mx

RESUMEN

El objetivo fue identificar colaborativamente especies de plantas nativas relevantes para la caprinocultura y explorar su uso potencial en la restauración. Específicamente, se analizaron las características fisicoquímicas del suelo, el contenido elemental del tejido vegetal y el microbioma asociado a las raíces de *Atriplex canescens, Rhus microphylla, Buddleja scordioides*, and *Dalea bicolor*. Se emplearon métodos participativos para seleccionar estas plantas relevantes para la caprinocultura. Los resultados muestran que los suelos asociados a cada arbusto presentaron características distintivas y proporcionan diferentes nutrientes (nitrógeno, fósforo, zinc, hierro, sodio, cobre y potasio). *Dalea bicolor* tuvo las tasas más altas de fijación de nitrógeno y actividad de fosfomonoesterasa. Cada arbusto albergó una comunidad bacteriana única, que podría ofrecer diversas funciones ecológicas. Esta información puede utilizarse en estrategias para reintroducir estas especies nativas.

Palabras clave: Restauración, arbustos nativos, caprinocultura.

ABSTRACT

The objective of this study was to collaboratively identify native plant species relevant to goat farming and explore their potential use in restoration. Specifically, the soil physicochemical characteristics, elemental content of plant tissues, and microbiome associated with the roots of *Atriplex canescens, Rhus microphylla, Buddleja scordioides*, and *Dalea bicolor* were analyzed. Participatory methods were employed to select the most relevant plants for goat farming. The results show that the soils associated with each shrub displayed distinct characteristics and provided different nutrients, particularly nitrogen, phosphorus, zinc, iron, sodium, copper, and potassium. *Dalea bicolor* had the highest rates of nitrogen fixation and phosphomonoesterase activity. Each shrub hosted a unique rhizosphere bacterial

community, which could offer various ecological functions. This information can be utilized in strategies for reintroducing these native species.

Keywords: Restoration, native shrubs, goat farming.

INTRODUCCIÓN

Las características climáticas y orográficas de San Luis Potosí han permitido el desarrollo de la caprinocultura desde la época colonial, de tal manera que actualmente el estado ocupa el tercer lugar en México en la cría de cabezas de ganado caprino (Trenti-Very *et al*. 2021). La caprinocultura representa uno de los principales ingresos económicos y una estrategia de subsistencia para familias en condiciones de marginación, no solo en el estado, si no en general en las zonas áridas y semiáridas mexicanas donde otras actividades productivas son poco exitosas. Sin embargo, diversos factores han llevado al sobrepastoreo, lo que implica la expansión de suelos desnudos, erosionados y con poca o nula vegetación deseable para la ganadería, problema que se agudiza con el cambio climático (Ortiz et al. 2022). Este proyecto propone una estrategia innovadora de caracterización de las especies vegetales nativas consumidas como forraje, que incluye no solo su potencial para nutrir al ganado caprino considerando su composición elemental, si no también las características funcionales de la comunidad microbiana en sus raíces que puedan beneficiar el funcionamiento del agostadero. Nosotros hipotetizamos que la especificidad de producción de las diferentes regiones del agostadero dependen de la disponibilidad y contenido elemental del forraje (elementoma), los cuales están ligados a la disponibilidad de los elementos en el suelo mediada por las funciones microbianas en las raíces de las plantas (microbioma). Proponemos la co-generación de conocimiento con caprinocultores y dependencias gubernamentales, que permita obtener un caracterización de especies vegetales consumidas por las cabras que son prioritarias para investigación por su potencial para la restauración de agostaderos. El objetivo general fue identificar colaborativamente especies de plantas nativas relevantes para la caprinocultura y explorar su uso potencial en la restauración. Los objetivos particulares fueron: I) Caracterizar los parámetros fisicoquímicos de la rizosfera de cuatro arbustos nativos de interés para el ganado caprino: *Atriplex canescens, Rhus microphylla, Buddleja scordioides* y *Dalea bicolor*. II) Evaluar la concentración de elementos en el tejido consumido por las cabras que puedan conferir valor nutricional a estas plantas nativas como forraje. III) Analizar las comunidades bacterianas en la rizosfera de estas especies, así como su potencial para la fijación de nitrógeno y la mineralización de fósforo. Esta información puede servir como directriz en programas de restauración de agostaderos en zonas áridas y semiáridas del desierto Chihuahuense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron metodos participativos con caprinocultores y representantes de dependencias gubernamentales para identificar aquellas plantas que son relevantes

para la caprinocultura. Durante una reunión multisectorial realizada en el municipio de Matehuala para conocer cómo se desarrolla la caprinocultura en el Altiplano, se les preguntó a quienes asistieron ¿Cuáles son las plantas que alimentan mejor a la cabras?¿Cuáles plantas te gustaría que hubiera en mayor abundancia en el agostadero? Estas mismas preguntas se hicieron durante entrevistas y mapeos participativos realizados durante el año 2024 en la región del altiplano potosino.

Además, especificamente para cuatro especies de arbustos que se encontraron dentro de los más mencionados se realizó un muestreo en la zona de milpas de la comunidad de Pocitos en el municipio de Charcas, San Luis Potosí, México. En esta zona se realiza una práctica interesante, ya que se han sembrado en las orillas de las parcelas algunas especies que sirven como forraje para las cabras: *Atriplex canescens, Rhus microphylla, Buddleja scordioides* y *Dalea bicolor*. Esta práctica ofrece una forma de fertilización, ya que llevan a alimentarse a las cabras en las parcelas cuando estas se encuentran en descanso, así que las cabras defecan nutriendo el suelo. Se seleccionaron cinco parcelas y en cada una se tomaron muestras de los primeros 10 cm de suelo asociado a las raíces de cada arbusto circundante y del tejido vegetal que es consumido por las cabras, así como también muestras de suelo sin vegetación como control. Se seleccionaron arbustos de tamaño similar. El suelo se almacenó en bolsas negras y se transportó a 4°C hasta su procesamiento en laboratorio, otra parte se almacenó a -72°C en N líquido para la extracción de ADN. De estas muestras se analizó la humedad, pH, amonio, nitrito-nitrato, fósforo orgánico disuelto, micro y macronutrientes. Estos análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio Nacional de Tecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) del IPICyT. Además, se determinó el potencial de fijación de nitrógeno por el método de reducción de acetileno y el potencial de mineralización de P mediante ensayos de la actividad de fosfomonoesterasa y fosfodiesterada usando una reacción colorimétrica (Medina-de la Rosa et al., 2023). Para la determinación de la comunidad bacteriana se realizó la extracción de ADN usando el kit DNeasy PowerLyzer Power Soil, de Qiagen y se secuenció el gen 16S rRNA (región V3-V5) mediante Illumina 2x300 en la Unidad de Genómica Avanzada en CINVESTAV, unidad Irapuato. Los reads resultantes se analizaron con DADA2 en RStudio v3.4.1 para obtener la clasificación taxonómica. Se emplearon ANOVA y Componentes principales para determinar las diferencias entre las especies de arbustos y el suelo sin vegetación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados nos mostraron las diferencias entre las especies de arbustos. Se encontró que “correosa” (*Rhus microphylla*) tiene un alto contenido de nitrógeno en su tejido, en comparación con las otras especies de arbustos. El nitrógeno es vital en la formación de proteínas y de material genético para el ganado caprino. En la rizosfera de esta planta los principales grupos microbianos encontrados fueron actinobacteriota (asociado a la adquisición de nutrientes), Verrucomicrobiota (relacionado a la promoción del crecimiento y tolerancia a sequía), Firmicutes (que dan estructura al suelo) y Gemmatimonadota (involucrados en los ciclos del N, P y C).

"Escobilla" (*Buddleja scordioides*) mostró mayor aporte de zinc, vital para la formación de proteínas y de suma importancia durante el desarrollo fetal, la lactancia y las primeras etapas de desarrollo de las crías, también presento una mayor concentración de hierro con respecto a las otras especies, que ayuda en el transporte de oxígeno a los tejidos de los animales. Estos aportes vuelven a escobilla un arbusto potencialmente nutritivo para el ganado destinado a reproducción, tanto antes como durante los embarazos, continuando con el beneficio a los cabritos lechales, lo cual podría ayudar a disminuir los abortos provocados por desnutrición reportados por los pastores. Dentro de los grupos microbianos de la rizosfera con mayor abundancia se encontraron Actinobacteriota (control de patogenos vegetales y tolerancia a la salinidad), Firmicutes (ayudan a tolerar sequía) y Bacteroidota (involucrados en los ciclos biogeoquímicos del C, N y P). En el caso de "ramoncillo" (*Dalea bicolor*) se observó un mayor aporte de zinc, nitrógeno y fósforo que en las otras especies, los cuales ayudan a la formación y mantenimiento de la estructura de huesos saludables Esto vuelve al ramoncillo un complemento ideal para el ganado destinado a producción de carne. *D. bicolor* tuvo las tasas más altas de fijación de nitrógeno y actividad de fosfomonoesterasa. Los grupos de bacterias más abundantes en su rizósfera fueron Acidobacteria (tolerantes a ambientes salinos y secos), Proteobacteria (fijadoras de N y solubilizadoras de P), Myxococcota (control de patogenos y promotores del crecimeinto vegetal) y Planctomycetota (forman agregados y acumulan C). Por último, "costilla de vaca" (*Atriplex canescens*) es el arbusto que mostró mayores concentraciones de diversos nutrientes con respecto a las otras especies. Por ejemplo, encontramos una alta cantidad de sodio, el cual ayuda a mantener la temperatura corporal, mantener el apetito, aumentar el peso, la fertilidad y la producción de leche. El sodio incluso suele brindarse como complemento debido a que la alimentación vegetal normal no cubre con los requerimientos de sales del ganado. En el caso del magnesio, este es un elemento esencial para el funcionamiento del sistema inmune, músculos y nervios debido a que funge como cofactor de diversas enzimas. El boro es, importante para la absorción de calcio, magnesio y zinc, lo que ayuda a mantener la salud de los huesos. El potasio, ayuda a la regulación de los líquidos dentro del cuerpo y es esencial para el funcionamiento de músculos y nervios. En este caso los grupos microbianos más abundantes fueron Armatimonadota (mobilizan C), Bacteroidota (promotores del crecimiento y salud vegetal), Planctomycetota (previenen la erosión del suelo) y Nitrospirota (nitrito oxidantes) (Trivedi et al. 2022). Los nutrientes brindados por costilla de vaca podrían ayudar en gran medida a la producción de carne y productos lácteos derivados del ganado caprino, beneficiando su alimentación y nutrición, lo que derivaría en un mayor beneficio para los caprinocultores por lo que es una especie de alta relevancia para su conservación y reintroducción en los agostaderos.

CONCLUSIONES

Las diferentes especies de plantas ofrecen diversos nutrientes beneficiosos para las cabras, lo que hace esencial la reintroducción y el mantenimiento de la diversidad de los matorrales donde se práctica la caprinocultura por su estrecha relación con el

mantenimiento de la productividad animal. Cada planta posee un microbioma rizosférico único que puede desempeñar un papel importante en el proceso de restauración de agostaderos. Para aplicar eficazmente este conocimiento a la conservación de los matorrales, necesitamos colaborar con los usuarios de la tierra y las agencias gubernamentales.

LITERATURA CITADA

Medina-De la Rosa, G., García-Oliva, F., Ovando-Vázquez, C., Celis-García, L. B., López-Reyes, L., & López-Lozano, N. E. (2023). Amino acids in the root exudates of *Agave lechuguilla* Torr. favor the recruitment and enzymatic activity of nutrient-improvement rhizobacteria. *Microbial Ecology*, *86*(2), 1176-1188.

Trenti-Very, L. C., González-Jácome, A., López, A. L. L., Méndez, R. M., Jiménez-Ferrer, G., & Toral, J. N. (2021). Caprinocultura, ambiente y economía campesina: Un análisis de los sistemas familiares ganaderos en el semidesierto potosino. Revista de El Colegio de San Luis, 11(22), 1-34.

Trivedi, P., Batista, B. D., Bazany, K. E., & Singh, B. K. (2022). Plant–microbiome interactions under a changing world: Responses, consequences, and perspectives. New Phytologist, 234(6), 1951-1959.

Ortíz G. S. O., Santillan, V. S., Vivier, V. B., Anglés-Hernández, M., Pérez, M. E., & Prado, B. (2022). Soil governance and sustainable agriculture in Mexico. *Soil Security*, *7*, 100059.

CARACTERIZACIÓN DE LAS RUTAS DE PASTOREO CAPRINA EN EL ALTIPLANO POTOSINO Y SU RELACIÓN CON LA SALUD DEL AGOSTADERO

CHARACTERIZATION GOAT GRAZING ROUTES IN THE ALTIPLANO POTOSINO AND THEIR RELATIONSHIP WITH RANGELAND HEALTH

Roberto I. Márquez Hernández [1]*, Andrea V. Guzmán Miranda[2], Natalia Martínez Tagüeña[2], Claudia Lorena Lauterio Martínez[2], Ziadany Mayoral Solis[2], Juan Hernández Medrano [3] y Elisabeth Huber-Sannwald [2]

[1] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. Av. Universidad 3000, Coyoacán,
CP. 04510, CDMX, México. [2] División de Ciencias Ambientales, IPICYT A.C., Camino a la Presa San José 2055, SLP, C.P. 78216, México. [3] Faculty of Veterinary Medicine, University of Calgary, 2500 University Drive, NW Calgary, Alberta T2N 1N4, Canada.
*rimarquez@fmvz.unam.mx

RESUMEN

A través de cartografía participativa y el uso de collares GPS, se caracterizaron las rutas de pastoreo de nueve hatos caprinos en el Altiplano Potosino durante la temporada seca, analizando su relación con factores socioambientales y la percepción del territorio por las y los pastores. Las rutas actuales resultaron más cortas que las ancestrales, con variaciones en su distancia. El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y los mapas construidos a partir de la percepción de las y los pastores sobre la salud del agostadero evidenciaron una preferencia por áreas con mayor cobertura vegetal y mayor valoración subjetiva. La selección de rutas refleja una interpretación compleja del territorio por parte de los pastores, aportando información clave sobre la dinámica de los sistemas caprinos en ecosistemas áridos.

Palabras clave: Gestión del territorio, cartografía participativa, pastoralismo

ABSTRACT

Through participatory mapping and the use of GPS collars, we characterized the grazing routes of nine goat herds in the Altiplano Potosino during the dry season, analyzing their relationship with socio-environmental factors and territorial perception by goat herders. Current routes were shorter than ancestral ones, with variations in their distance. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) data and maps based on the herder perceived condition of the rangeland revealed a preference for areas with greater vegetation cover and higher subjective value. Route selection reflects a complex interpretation of the territory by herders, providing key insights into the dynamics of goat production systems in arid ecosystems.

Keywords: Land management, Participatory mapping, pastoralism

INTRODUCCIÓN

Más del 90% de los pastizales del mundo son sistemas de pastoreo extensivos abiertos con una agricultura limitada. Allí vive el 3% de la población humana y allí se producen el 35% de las ovejas, el 25% de las cabras y el 16% del ganado vacuno (Reid et al., 2008). La condición integral actual de los sistemas socio-ecológicos de agostaderos de México en las regiones de tierras secas es poco conocida, en particular el sistema de producción extensiva de caprino (Pinos-Rodríguez et al., 2013). Sin embargo, los recientes cambios en la tenencia de la tierra de tierras comunales a tierras privadas han promovido la parcelación y fragmentación de los agostaderos, lo que requiere un número cada vez mayor de instalaciones de puntos de agua, incluido el establecimiento de presas de tierra, modificando drásticamente los procesos ecohidrológicos de los pastizales y, en consecuencia, la erosión de la provisión de bienes y servicios ecosistémicos (Huber-Sannwald et al., 2012). La incorporación de nuevas tecnologías relacionadas a los Sistemas de información Geográfica como la tecnología GPS y los índices de vegetación integrados a enfoques etnográficos, como la cartografía participativa, se ha utilizado para caracterizar las rutas de pastoreo a través de las percepciones de los pastores y de las pastoras y estimar sus cambios a escalas temporales y espaciales (Pinos-Rodríguez et al. 2013). Teniendo en cuenta estas transformaciones socioeconómicas más recientes de los paisajes áridos en la región norte de San Luis Potosí y las condiciones climáticas cada vez más secas e impredecibles, el presente trabajo tuvo como objetivo analizar las rutas de pastoreo ancestrales y actuales de hatos caprinos en el Altiplano Potosino durante la época seca, mediante un enfoque participativo y el uso de collares GPS, para entender su relación con la salud del agostadero evaluada mediante NDVI y la percepción de las y los pastores del territorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres ejidos Presa Verde y Pocitos y Vicente en el estado de San Luis Potosí. De acuerdo a INEGI (2022) el clima es semiárido con una precipitación media de 390 mm y temperatura media es de 18°C. La vegetación corresponde a comunidades vegetales semidesérticos dominado por matorral desértico micrófilo (*Larrea tridentata, Acacia* spp.); matorral desértico rosetófilo *(Yucca carnerosana, Agave* spp.) *y* matorral crasicaule *(Opuntia* spp.). Se realizaron talleres de cartografía participativa a fin de identificar las rutas de pastoreo actuales y antiguas (es decir, utilizadas por las y los pastores en el pasado o por sus padres). Además, durante rl taller se evaluaron la precepción de la salud de los agostaderos donde clasificaron las áreas de pastoreo con base en la disponibilidad de pastos/alimento en áreas “buenas” y “malas”. Los mapas co-generados en los talleres fueron digitalizados, georreferenciados y mapeados. Para comparar las rutas actuales y pasadas de pastoreo se realizaron pruebas de Kruskall-Wallis posterior a la comprobación de los supuestos estadísticos de la prueba. Para la caracterización de rutas de pastoreo mediante GPS se seleccionaron un total de 18 cabras sanas y preñadas de cada uno de los nueve rebaños estudiados (n=2 por rebaño). Los animales fueron equipados con collares GPS (Digitanimal Ltd, Madrid, España). La información de coordenadas GPS

(latitud y longitud) se registró cada 30 minutos durante siete días consecutivos (del 17 al 23 de enero de 2022). Con la información se caracterizaron las rutas de pastoreo para estimar la distancia horizontal y vertical promedio diaria, el tiempo y el patrón de pastoreo. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico IBM SPSS Statistics, versión 22 (Armonk, NY: IBMCorp) después de verificar los supuestos estadísticos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En promedio, las rutas de pastoreo tuvieron una distancia horizontal y vertical de 4.33 ± 0.15 km y 96.03 ± 7.02 m, respectivamente. El tiempo promedio de pastoreo fue de 7.75 ± 0.1 horas, se pudo identificar que la hora de salida y regreso del ganado depende de las actividades de las pastoras y los pastores. En algunos casos, la salida se retrasa debido al ordeño y al traslado de la leche a las naves. En cuanto al regreso de los animales a la *majada*, la mayoría de las pastoras y los pastores indicaron que tratan de resguardarlos antes del anochecer.

Como resultado de talleres de cartografía participativa en los ejidos Pocitos y Presa Verde (Fig. 1), se identificaron 32 rutas etnográficas (12 ancestrales y 20 actuales). La antigüedad de las rutas ancestrales oscila entre los 20 y los 40 años, mientras que las rutas actuales tienen menos de 15 años. En cuanto a las rutas etnográficas, la distancia media de las rutas antiguas es mayor que la de las actuales (5.2 vs 2.7 km, respectivamente; P = 1.67 E-03). También se observó una discrepancia entre la longitud de las rutas etnográficas de pastoreo actuales en comparación con las obtenidas por mediciones GPS en estos ejidos (5.8 km ± 0.22). La distancia promedio de las rutas de pastoreo obtenidas en los talleres participativos fue subestimada por las pastoras y los pastores (p = 5.56 E-05).

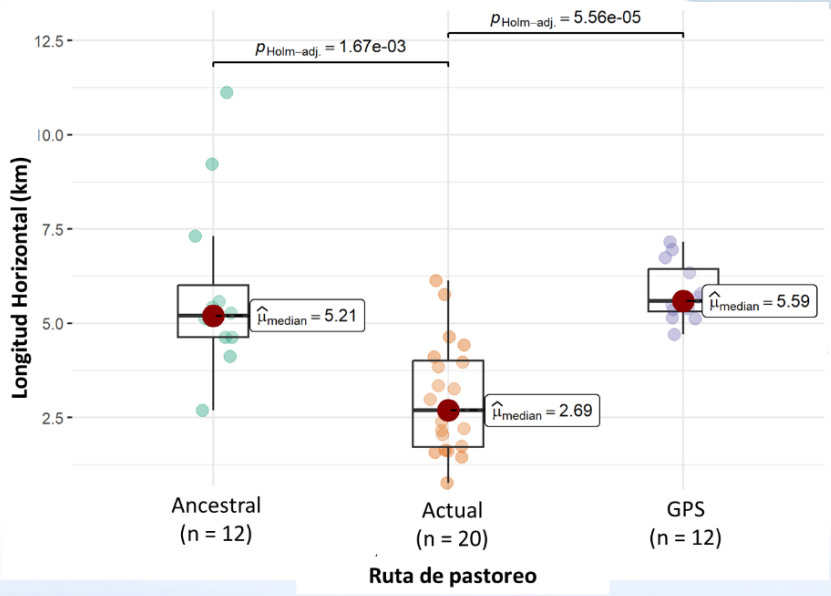


Figura 1. Comparación entre la longitud horizontal (km) de rutas de pastoreo etnográficas actuales y pasadas y estimadas en campo mediante GPS (Kruskal-Walis, 95 % IC)

Como resultado de los talleres participativos se identificó que en el sitio de estudio los animales son pastoreados en tierras comunales. Cada familia selecciona tradicionalmente el sitio de pastoreo, manteniendo en la medida de lo posible una distancia adecuada entre las majadas de diferentes pastores, para evitar mezclar los rebaños. Observamos que la selección de las rutas de pastoreo es dinámica y se realiza en base a la experiencia de las pastoras y los pastores, quienes reconocen las majadas, las milpas, el monte y las fuentes de agua como elementos clave de su territorio. Los principales criterios reportados para la selección de rutas de pastoreo son la disponibilidad de forraje, el acceso al agua y la necesidad de atender a otras actividades agrícolas que requieren tiempo y trabajo. La reducción de las áreas de pastoreo y la degradación de la tierra son reconocidas por las pastoras y los pastores y han sido identificadas como una de las principales amenazas percibidas para el pastoreo de cabras. Estos procesos han sido reportados en sociedades pastoriles en México (López-Ojeda et al., 2022). Varios autores señalan que esta reducción del territorio de pastoreo puede conducir al proceso de "sedentarización", en el que las culturas pastoriles, principalmente en zonas áridas, pierden gradualmente la movilidad, reduciendo sus rutas de pastoreo y concentrando sus actividades cada vez más cerca de las principales rutas comerciales y asentamientos humanos. En estos casos, el resultado es una ocupación prolongada del ganado dentro de una zona determinada y el consiguiente empobrecimiento y desertificación del paisaje (Groom y Western 2013). En cuanto a la percepción de los pastizales, las zonas de tierras altas se evaluaron mejor en comparación con las zonas de tierras bajas. Esto fue confirmado por los pastores que informaron que el arbusto evita la pérdida de peso e incluso mejora la calidad de la leche incluso en períodos secos. A pequeña escala, se pudo observar que en todos los casos las pastoras y los pastores seleccionaban con valores NVDI superiores al promedio del Ejido como áreas para el pastoreo de sus animales. Sin embargo, a escala de territorio la correlación entre NDVI y la percepción de los pastores y los pastores es baja (Fig. 2).

Estos hallazgos sugieren que la cartografía participativa refleja una memoria colectiva basada en la experiencia acumulada y en la observación directa del comportamiento animal, mientras que el GPS ofrece datos cuantificables y georreferenciados que permiten analizar trayectorias en distintos momentos y condiciones. Del mismo modo, en nuestro estudio, a lo largo de los siglos, las pastoras y los pastores han ido adaptando el movimiento de su ganado ante los cambios de uso del suelo que se producen tanto en los territorios de montaña (buscando el mejor forraje para el ganado) como en las tierras bajas, donde deben negociar su tránsito y acceso con diferentes propietarios y partes interesadas (Mattalia et al., 2018).

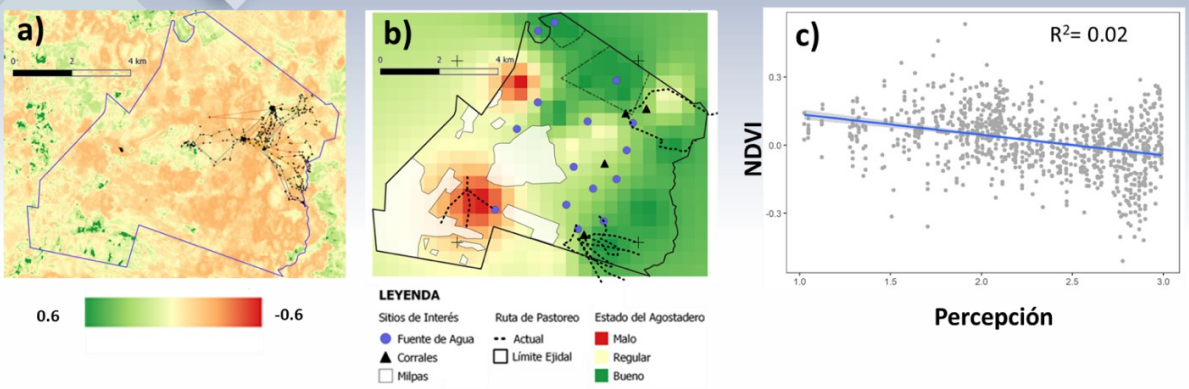


Figura 2. Salud del agostadero estimada mediante NDVI (a), percepción de los pastores (b) y su comparación (c) durante la estación seca

CONCLUSIONES

La selección de las rutas de pastoreo en los ejidos del noreste de San Luis Potosí no es aleatoria, sino que responde al conocimiento profundo del estado del paisaje, la experiencia de la pastora y del pastor y su contexto socioeconómico. Las rutas se delimitan dentro del territorio ejidal, priorizando forraje, agua y carga laboral. Los datos GPS mostraron rutas actuales de pastoreo más cortas que las ancestrales. Estos hallazgos evidencian cambios en las prácticas pastoriles vinculados a la transformación territorial y a decisiones colectivas. La combinación de tecnologías geoespaciales y mapeo participativo permitió una comprensión más profunda de la movilidad caprina y la gestión del paisaje.

LITERATURA CITADA

Groom, R. J., & Western, D. (2013). Impact of land subdivision and sedentarization on wildlife in Kenya's southern rangelands. Rangeland Ecology & Management, 66(1), 1–9.

Huber-Sannwald, E., Ribeiro Palacios, M., Arredondo Moreno, J. T., Braasch, M., *et.al*. (2012). Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social–ecological systems: a case study from Mexico. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 367(1606), 3158–3177.

INEGI. (2022). Síntesis Geográfica del Estado de San Luis Potosí.

López-Ojeda, J. C., Ramírez-Bribiesca, J. E., Arias-Margarito, L., Mendoza-Pedroza, *et. al*. (2022). Diagnosis and Customs Revealed by Peasants and Shepherds during the Transhumant Grazing of Pastoreña Goats in the Mixteca of Oaxaca, Mexico. Sustainability, 14(18), 11171.

Mattalia, G., Volpato, G., Corvo, P., & Pieroni, A. (2018). Interstitial but resilient: nomadic shepherds in Piedmont (Northwest Italy) Amidst spatial and social marginalization. Human Ecology, 46(5), 747–757.

Pinos-Rodríguez, J. M., García-López, J. C., Aguirre-Rivera, J. R., & Reyes-Hernández, H. (2013). Participatory cartography in a traditional goat production system of

a smallholder community in Northern México. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 16(2), 215–222.

Reid, R. S., Galvin, K. A., & Kruska, R. S. (2008). Global significance of extensive grazing lands and pastoral societies: an introduction. In Fragmentation in semi-arid and arid landscapes (pp. 1–24). Springer.

DIÁLOGOS MULTISECTORIALES PARA MAPEAR LA VULNERABILIDAD SOCIOECOLÓGICA DE LA CAPRINOCULTURA EN EL ALTIPLANO POTOSINO

MULTISECTORAL DIALOGUES FACILITATE THE MAPPING OF SOCIOECOLOGICAL VULNERABILITY OF GOAT HERDING IN THE ALTIPLANO POTOSINO

Andrea Valeria Guzmán Miranda[1], Elisabeth Huber-Sannwald[1]*, Natalia Martínez Tagüeña[2], Fredy Roberto Alvarado[1], Ma. Isabel Mora Ledesma[3], Mauricio Velázquez Martínez[4]

[1]Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT), Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Sección, C.P. 78216, San Luis Potosí, S.L.P. [2]Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Chamilpa, C.P. 62210 Cuernavaca, Morelos. [3]Colegio de San Luis (COLSAN), Parque Macul 155, Colinas del Parque, C.P. 78294 San Luis Potosí, S.L.P. [4]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) - Región Noreste. *ehs@ipicyt.edu.mx

RESUMEN

La Caprinocultura del Altiplano Potosino es un sistema pastoril complejo altamente afectado por sequías, fragmentación territorial y migración rural. Esta investigación adoptó un enfoque participativo y multisectorial para caracterizar y mapear su vulnerabilidad como sistema socio-ecológico. A través de entrevistas, talleres y cartografía participativa, se identificaron 13 criterios claves ponderados por actores de cuatro sectores. Estos se integraron en un análisis multicriterio espacial para generar mapas diferenciados de vulnerabilidad. Los resultados revelan percepciones contrastantes entre sectores sobre los factores críticos que afectan estos sistemas. El estudio muestra cómo integrar conocimientos locales, técnicos y científicos para producir diagnósticos contextualizados. Esta metodología contribuye a identificar prioridades territoriales y diseñar estrategias de manejo adaptativo sensibles al contexto. El fortalecimiento de la caprinocultura requiere enfoques colaborativos e inclusivos para enfrentar los desafíos socioambientales actuales.

Palabras clave: Caprinocultura, sistemas socioecológicos, vulnerabilidad, cartografía participativa.

ABSTRACT

Goat herding (*Caprinocultura*) in the Altiplano Potosino is a complex pastoral system highly vulnerable to drought, territorial fragmentation, and rural migration. This research proposes a participatory and multisectoral approach to characterize and map its vulnerability as a social-ecological system. Through interviews, workshops, and participatory mapping, 13 key criteria were identified and weighted by four different stakeholder groups. These factors were integrated into a spatial multicriteria analysis to generate differentiated vulnerability maps. The results reveal contrasting perceptions across stakeholders regarding the critical factors affecting these pastoral

systems. The study demonstrates how to integrate local, technical, and scientific knowledge to produce contextualized diagnoses. This contributes to identifying territorial priorities and designing context-sensitive adaptive management strategies. We conclude that strengthening *Caprinocultura* requires collaborative and inclusive approaches to address current socio-environmental challenges.

Keywords: Goat herding (Caprinocultura), socioecological systems, vulnerability, participatory mapping

INTRODUCCIÓN

Los sistemas pastoriles de caprinos (Caprinocultura) en el Altiplano Potosino representan una forma de vida adaptada a las condiciones de aridez de la región. La Caprinocultura son sistemas socio-ecológicos, que articulan saberes tradicionales, formas de gobernanza ejidal y una profunda identidad sociocultural sobre el ser pastor o pastora. Actualmente la Caprinocultura de la región enfrenta amenazas derivadas del cambio climático, transformaciones territoriales, migración rural, falta de reconocimiento y el establecimiento de megaproyectos o privatización de tierras. Comprender la vulnerabilidad de estos sistemas requiere de enfoques holísticos que reconozcan su complejidad y las múltiples escalas en que interactúan sus elementos (Manzano et al., 2021), que integren sistemas de conocimiento locales, técnicos y científicos (Sharifian et al., 2022) y que capturen la diversidad de contextos territoriales (Scoones, 2023). Investigaciones recientes han demostrado que las colaboraciones multisectoriales producen transformaciones favoreciendo a los sistemas pastoriles, al fomentar el aprendizaje social, fortalecer capacidades y facilitar soluciones integrales (Reid et al., 2021). No obstante, la efectividad de estas colaboraciones depende del uso de metodologías participativas que promuevan el diálogo continuo y que construyan lazos de confianza y colaboración (Lauterio et al., 2021), lo que permite generar información inclusiva y útil para la toma de decisiones y el diseño de políticas públicas. En este sentido, la co-creación de indicadores representa una estrategia clave para integrar conocimientos diversos y comprender propiedades emergentes como la vulnerabilidad, garantizando representatividad contextual, pertinencia cultural y utilidad operativa. En este contexto, la presente investigación busca caracterizar espacialmente la vulnerabilidad de los sistemas pastoriles de caprinos del Altiplano Potosino como sistemas socio-ecológicos a partir de procesos participativos y colaboraciones multisectoriales que visibilicen y jerarquicen los factores que indicen en su vulnerabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue realizada en el Altiplano Potosino, la cual es una zona árida caracterizada por su larga trayectoria en la producción de caprinos. La metodología se desarrolló en dos fases: (1) caracterización participativa de los SSE caprinos mediante entrevistas, talleres multisectoriales y cartografía participativa; y (2)

evaluación de vulnerabilidad a partir del marco del IPCC, diferenciando sus componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Se identificaron 13 criterios socio-ecológicos que influyen en la vulnerabilidad de la Caprinocultura (Cuadro 1) y posteriormente estos fueron ponderados por actores de cuatro sectores (pastores y pastoras, academia, gobierno y organizaciones civiles) a través de encuestas estructuradas. Los criterios se espacializaron mediante indicadores en SIG y se integraron en un Análisis Multicriterio (AMC) para generar mapas de vulnerabilidad diferenciados por sector.

Cuadro 1. Criterios que promueven la vulnerabilidad de la Caprinocultura en el Altiplano Potosino, la dimensión de vulnerabilidad a la que pertenecen y el indicador espacial que los representa.

Vulnerabilidad	Criterios identificados	Indicador
Exposición	"Hay cada vez menos lluvias y sequías más largas y duras" **[Ausencia de lluvias]**	Precipitación anual
	"Estar lejos de Matehuala afecta la venta y acceso a servicios" **[Lejanía de centros urbanos]**	Distancia a zonas urbanas
	"Hay tipos de vegetación y de suelo que no son adecuados para la Caprinocultura" **[Usos de suelo inadecuados]**	Usos de Suelo para la CaprinoCultura
	"Los invernaderos nos quitan territorio para pastorear... también los parques eólicos y las mineras" **[Presencia de megaproyectos]**	Cercanía a Megaproyectos
	"Los agostaderos con mala vegetación no son buenos para pastorear... el suelo está muy degradado..." **[Calidad de la vegetación y degradación del suelo]**	Índice de Vegetación (SAVI)
Sensibilidad	"Siempre hay conflictos para ver cómo manejar el área comunal...no nos ponemos de acuerdo en cuántos animales pastorear ni de qué tipo" **[Conflictos internos]**	Cambios en Gestión Territorial
	"Hay zonas muy inclinadas que limitan por donde pasar" **[Pendiente]**	Irregularidad del terreno
	"Hay mucho sobrepastoreo...las personas no regulan el número de sus animales y acaparan toda la vegetación del agostadero" **[Deterioro por sobrepastoreo]**	Índice de sobrepastoreo
	"Hay mucha migración... los jóvenes ya no quieren continuar... la actividad quedará olvidada" **[Altas tasas de migración]**	Índice de intensidad migratoria
	"Si tienes un bordo o un pozo tienes más animales...si no tienes o te queda muy lejos debes ajustar tu hato" **[Cuerpos de agua]**	Acceso a cuerpos de agua
Capacidad Adaptativa	"Estar cerca de las Áreas Naturales Protegidas nos da acceso a más capacitaciones... hay que cuidar más la vegetación, nos obliga a conservar" **[Presencia de ANP]**	Cercanía a Áreas Naturales Protegidas
	"Entre más apoyos y más tecnología mejora la producción... las capacitaciones nos han enseñado como mejorar el uso del agostadero y la producción de leche y queso" **[Tecnificación y capacitaciones]**	Acceso a tecnificación o capacitaciones

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Caprinocultura en el Altiplano Potosino se configura como una actividad productiva compleja, territorialmente situada e influida por factores ecológicos sociales, culturales y políticos. A partir del trabajo participativo, se identificaron seis factores clave que estructuran a este sistema socio-ecológico: (1) la movilidad del hato como estrategia adaptativa central, (2) el conocimiento ecológico local heredado sobre el uso de los sitios de pastoreo, (3) la participación intergeneracional y de género, (4) la relación simbólica y cultural con el territorio, (5) la tensión con proyectos externos (megaproyectos), y (6) la creciente presión de factores externos como la sequía, la privatización y la migración. Estos elementos destacan la necesidad de políticas y estrategias integrales y sensibles a los contextos locales que fortalezcan las

capacidades adaptativas y reconozcan la riqueza cultural, ecológica e histórica de la Caprinocultura. Con las reuniones multisectoriales, se identificaron diferencias en las percepciones sobre los factores que incrementan la vulnerabilidad de estos sistemas. Pastores y pastoras enfatizaron en tres aspectos centrales, la disminución de la precipitación, el sobrepastoreo y la degradación de los agostaderos. Señalaron que sequías recientes (2020, 2022, 2023) han obligado a reducir el tamaño de los rebaños y a modificar las rutas de pastoreo. Explicaron que el sobrepastoreo se relaciona con el elevado número de cabezas de ganado que manejaron generaciones anteriores y con la imposibilidad de muchos pastores de recorrer largas distancias debido al envejecimiento. A esto se suma la falta de regulación ejidal y la carencia de información sobre la capacidad de carga óptima de sus agostaderos, limitando la toma de decisiones informada. El gobierno enfatizó que la escasa infraestructura y la poca tecnificación, son factores que debilitan la sostenibilidad de estos sistemas. La academia por su parte atribuye un aumento de vulnerabilidad a aspectos relacionados con la gestión territorial, donde indican que la parcelación puede mejorar la eficiencia en el manejo de zonas para el pastoreo, pero también advierten que esta fragmentación facilita la entrada de actores externos (megaproyectos) debilitando el acceso al territorio por parte de las comunidades. Finalmente, las organizaciones civiles identificaron la migración juvenil como uno de los principales factores de vulnerabilidad, comprometiendo continuidad generacional y dejando la Caprinocultura en manos de personas mayores.

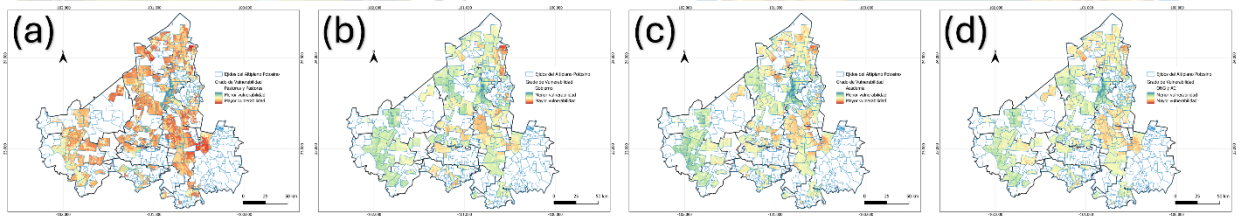


Figura 1. Mapas de vulnerabilidad en el Altiplano Potosino diferenciados por sector: (a) Pastores y pastoras, (b) Gobierno, (c) Academia y (d) Organizaciones civiles

El mapa de pastores y pastoras muestra una alta concentración de ejidos con vulnerabilidad alta o extrema en gran parte del Altiplano (Fig.1a). Este patrón se debe al peso otorgado a la sequía, la degradación del suelo y la presión ganadera. Datos oficiales indican que en muchos ejidos se excede la capacidad de carga recomendada por el INIFAP (17 ha por Unidad Animal, considerando que 1 UA equivale a seis cabras productivas). En contraste, el mapa con criterios del gobierno (Fig.1b) presenta un patrón espacial más disperso, donde las áreas con mayor vulnerabilidad coinciden con la presencia de megaproyectos (minas y agroindustrias) y con municipios no beneficiados en el Programa Regional Caprino del 2016, el cual brindó apoyos técnicos y capacitaciones. El mapa con criterios de la academia (Fig.1c) concentra la vulnerabilidad en el norte y centro del Altiplano, zonas caracterizadas por pendientes

pronunciadas, vegetación poco apta y predominancia de tenencia comunal. Finalmente, el mapa con criterios de organizaciones civiles (Fig.1d) presenta mayor vulnerabilidad en municipios con altas tasas de migración lo que visibiliza el riesgo de abandono de la Caprinocultura en esas localidades.

Los resultados muestran que la vulnerabilidad de los sistemas pastoriles no es uniforme, sino que esta mediada por la manera en que distintos actores perciben, valoran y enfrentan diferentes retos. Es por esto que se vuelve de suma importancia incorporar estas diferencias en el estudio de esta forma de vida de manera que sea posible integrar múltiples formas de conocimiento y legitimar las prioridades de quienes viven y gestionan las tierras de pastoreo.

CONCLUSIONES

La Caprinocultura en el Altiplano Potosino es un sistema complejo y vulnerable, cuya resiliencia depende tanto de factores ecológicos como sociales. Las colaboraciones multisectoriales permiten identificar criterios clave para comprender esta forma de vida y establecer prioridades diferenciadas para la acción. La metodología aquí empleada, basada en enfoques participativos y de análisis multicriterio, facilita la co-construcción de marcos analíticos más inclusivos y equitativos que contribuyen al diseño de políticas públicas sensibles al contexto local y adaptadas al territorio. En este sentido, es urgente integrar el conocimiento local en los procesos de planificación en zonas rurales y las estrategias de conservación de las zonas áridas.

LITERATURA CITADA

Lauterio Martínez, C. L., Huber-Sannwald, E., Valdez, S. D. H., Leyva, J. C., Lucatello, S., Tagüeña, N. M., Páez, R. I. M., Gómez, V. M. R., & Seingier, G. (2021). Collective methods to weave the pathway from desertification to sustainable development: Participatory Social-Ecological Observatories. Ecosistemas, 30(3). https://doi.org/10.7818/ECOS.2232

Manzano, P., Burgas, D., Cadahía, L., Eronen, J. T., Fernández-Llamazares, Á., Bencherif, S., Holand, Ø., Seitsonen, O., Byambaa, B., Fortelius, M., Fernández-Giménez, M. E., Galvin, K. A., Cabeza, M., & Stenseth, N. C. (2021). Toward a holistic understanding of pastoralism. One Earth, 4(5), 651–665. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.04.012

Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., Wilmer, H., Pickering, T., Kassam, K. A. S., Yasin, A., Porensky, L. M., Derner, J. D., Nkedianye, D., Jamsranjav, C., Jamiyansharav, K., Ulambayar, T., Oteros-Rozas, E., Ravera, F., Bulbulshoev, U., Kaziev, D. S., & Knapp, C. N. (2021). Using Research to Support Transformative Impacts on Complex, “Wicked Problems” With Pastoral Peoples in Rangelands. Frontiers in Sustainable Food Systems, 4(January), 1–24. https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.600689

Scoones, I. (2023). Pastoralism, Uncertainty and Development (I. Scoones, S. Bose, R. Gogineni, N. Maru, T. Mohamed, M. Nori, L. Pappagallo, G. Simula, M. Taye, & P.

Tsering, Eds.; Vol. 1). PRACTICAL ACTION PUBLISHING. https://doi.org/10.3362/9781788532457

Sharifian, A., Fernández-Llamazares, Á., Wario, H. T., Molnár, Z., & Cabeza, M. (2022). Dynamics of pastoral traditional ecological knowledge: a global state-of-the-art review. Ecology and Society, 27(1). https://doi.org/10.5751/ES-12918-270114

CO-CREACIÓN DE UN OBSERVATORIO-PARTICIPATIVO SOCIO-ECOLÓGICO PARA LA PROTECCIÓN DE LA CAPRINOCULTURA EN EL ALTIPLANO POTOSINO

CO-CREATING A SOCIO-ECOLOGICAL PARTICIPATORY OBSERVATORY FOR PROTECTING THE GOAT HERDING CULTURE IN THE ALTIPLANO POTOSINO

Elisabeth Huber-Sannwald[1*], Andrea Valeria Guzman Miranda[1], Roberto I. Márquez Hernández[2], Luis David González Cruz[1], Gerardo Equivel Arriaga[3], Natalia Martínez Tagüeña[4], Sergio Armando Campos Villavicencio[5]

[1]Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT), Camino a la Presa de San José 2055, Lomas 4ta Sección, C.P. 78216, San Luis Potosí, S.L.P. [2] Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, Av. Universidad 3000, Coyoacán, C.P. 04510, CDMX, México; [3]Campo Experimental Bermejillo, Carretera Gómez Palacio-Chihuahua km 40, C.P. 35230, Bermejillo, Durango, [4]Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Chamilpa, C.P. 62210, Cuernavaca, Morelos. [5]Universidad Autónoma Baja California, Carr. Transpeninsular 3917, C.P. 22860, Ensenada, B.C
*ehs@ipicyt.edu.mx

RESUMEN

Se presentan resultados de estudios multisectoriales sobre los desafíos de la CaprinoCultura en el Altiplano Potosino. A través de métodos participativos, se analizó la vulnerabilidad y capacidad adaptativa de estos sistemas pastoriles ante el cambio climático, la pérdida de diversidad biocultural y la degradación de la tierra. Se documenta la co-creación del Observatorio Participativo Socio-Ecológico (OPSE) como innovación social para la protección integral de la CaprinoCultura. Se acordó que una caprinocultura sostenible debe ser saludable, con mejores ingresos, organizada, innovadora y socialmente reconocida. Para ello, se impulsa la co-generación de conocimiento que será gestionado en el Repositorio Participativo del Desierto. El OPSE CaprinoCultura Altiplano promueve espacios de aprendizaje colectivo y transformativo para conservar la CaprinoCultura como patrimonio sociocultural y socioambiental frente a los desafíos actuales de la policrisis.

Palabras Clave: sistemas socio-ecológicos, transdisciplina, co-generación de conocimiento

ABSTRACT

We present the results of multi-stakeholder studies on the challenges of goat herding systems (*CaprinoCultura*) in the Altiplano Potosino. Using participatory methods, the research examined the vulnerability and adaptive capacity of these pastoral systems in the face of climate change, biocultural diversity loss, and land degradation. We document the co-creation of the Socio-Ecological Participatory Observatory (OPSE) as a social innovation to support the integrated protection of *CaprinoCultura*. It was agreed that sustainable *caprinocultura* must be healthy, income-generating, organized, innovative, and socially recognized. To achieve this, the co-generation of knowledge is

being promoted, to be managed through the Participatory Desert Repository. The OPSE CaprinoCultura Altiplano fosters collective and transformative learning spaces to conserve *caprinocultura* as a socio-cultural and socio-environmental heritage in the face of the current polycrisis.

Kewords: social-ecological systems, transdiscipline, co-generation of knowledge

INTRODUCCIÓN

En México, la CaprinoCultura abarca sistemas pastoriles desarrollados en agostaderos de zonas áridas y semiáridas, mayoritariamente bajo regímenes comunales en tierras ejidales. San Luis Potosí (SLP) destaca como el tercer productor nacional de ganado caprino (SIAP, 2023), concentrándose esta actividad en el Altiplano, una región caracterizada por su aridez, donde los sistemas pastoriles enfrentan escasez de agua y alta variabilidad en la calidad y disponibilidad de forraje. Esta situación ha dado lugar a una adaptación continua entre las personas (pastoras y pastores) y su entorno natural (agostaderos) (Huber-Sannwald et al., 2012). El análisis de estos sistemas desde la perspectiva de los sistemas socioecológicos (SSE) (Berkes et al., 2002) permite vincular el manejo adaptativo con la dinámica de los ecosistemas. En las últimas dos décadas, estos SSE han sido afectados por el cambio climático, la pérdida de agostaderos y su biodiversidad debido al cambio de uso de suelo y la expansión de megaproyectos agroindustriales. A esto se suman desafíos como la inestabilidad institucional, la desigualdad entre actores, la desorganización comunitaria, el deterioro de la salud animal, la degradación de los agostaderos y la migración. Enfrentar estos retos requiere enfoques multisectoriales que reconozcan la pluralidad de saberes, experiencias y percepciones, y promuevan procesos transdisciplinarios con participación activa de diversos sectores. Este estudio busca establecer colectivamente un marco transdisciplinario, participativo y operativo que permita co-generar, compartir y resguardar conocimientos científicos, técnicos, prácticos, locales y tradicionales para proteger la CaprinoCultura en sus diversos contextos socioambientales y culturales en las zonas áridas de San Luis Potosí. En este marco se propuso la creación del Observatorio Participativo Socio-Ecológico (OPSE) Caprinocultura Altiplano, como parte de la Red de OPSEs en zonas áridas de México (Martínez et al., 2024). Su eje central es el Repositorio Participativo del Desierto (RPD), una plataforma virtual de acceso seguro y controlado que facilita el intercambio de información útil y fomenta el aprendizaje colectivo, la toma de decisiones y la acción coordinada para proteger la caprinocultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

En noviembre de 2024 se celebró el tercer encuentro multisectorial sobre la CaprinoCultura del Altiplano Potosino en Matehuala, SLP. Participaron 66 personas, incluyendo 23 pastores y 12 pastoras de 11 comunidades del Altiplano, así como representantes gubernamentales (SEDARH, CONANP, INIFAP), académicos y

estudiantes (UASLP, UNAM, IPICYT) y de ONGs (OVIS). El evento se orientó a la co-creación del OPSE Caprinocultura y la formación de comunidades de aprendizaje, siguiendo el "Manual para la creación de OPSEs" (Martínez Tagüeña et al., 2024), elaborado por integrantes del equipo. El proceso metodológico se centra en la co-construcción de conocimiento a través de seis momentos clave. Cada sector definió qué información deseaba compartir o recibir respecto a la CaprinoCultura, y qué contenidos consideraba relevante guardar o difundir en el RPD.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las y los participantes concluyeron que el OPSE Caprinocultura debe fortalecer una CaprinoCultura que: 1) es mucho más que la producción de leche y carne; es un sistema altamente complejo y adaptativo, compuesto por elementos biofísicos (agostaderos, vegetación, suelo, animales, agua), socioculturales (saberes, identidad, organización, experiencias, afecto), productivos y de comercialización (mejoras genéticas, diversidad de productos, mercado), además de factores externos (apoyos gubernamentales, reforestación, capacitaciones) y múltiples actores (familias pastoriles, intermediarios, consumidores, técnicos, académicos, cooperativas). 2) Es necesario transformar la CaprinoCultura para hacerla sostenible, redefiniendo metas, estrategias y actores. Las metas propuestas incluyen una caprinocultura saludable, con mejores ingresos, organizada, innovadora y socialmente reconocida. Para avanzar en cada meta, se propuso la creación de comunidades de aprendizaje multisectoriales con estrategias co-definidas dentro del marco del OPSE Caprinocultura y información puntual de interés multisectorial (Cuadro 1: ejemplo de información necesaria identificada por las y los pastores.

Cuadro 1. Información de interés para incluir en el Repositorio Participativo del Desierto identificada por las y los pastores.

¿Qué información les gustaría Consultar?
• Convocatorias de gobierno • Enfermedades • Cómo mejorar alimentación • Manejo y captación del agua. • Reforestación y siembra pastos. • Información sobre el sobrepastoreo. • Monitorear crecimiento de pastos como costilla de vaca y zacate. • Manejo holístico del terreno • Escurrimientos de agua. • Información sobre otros sistemas de producción en otras regiones áridas • Información del Clima • Precios de cabrito, de la leche, de la carne, el queso en diferentes zonas; así como las variaciones en su calidad por temporada. • Eventos de capacitación y comercialización • Parásitos comunes en cabras y formas de contagio. • Técnicas de reproducción y mejora genética.
¿Qué información les gustaría Guardar?

- Fechas de empadres y de pariciones.
- Información sobre la venta y comercialización en diferentes regiones.
- Las fechas de mejores pastos.
- Las fechas de mejores ventas.
- Vacunación y desparasitación.
- Fechas donde ocurren ciertas enfermedades.
- Los medicamentes utilizados en otras regiones.
- Zonas donde ha habido agua.
- Información del cambio climático.
- Experiencias de otras regiones

¿Qué información les gustaría Compartir?

- Información sobre técnicas de almacenaje de agua y zonas donde escurre el agua.
- Técnicas sobre cómo se ha afrontado la sequía.
- Técnicas de conservación de forraje como ensilado de maíz.
- Especies de plantas que consume el ganado.
- Técnicas de pasteurización de leche.
- Cómo y dónde utilizar maquinaria específica.
- Intercambio de experiencias y otros saberes de caprinocultores de diferentes regiones.
- Diferencias entre los tipos de leche en función del ganado.
- Avistamiento de fauna.
- Registro de incendios.
- Música de las comunidades.
- Plantas medicinales.
- El manejo de ordeño manual.

¿Qué información les gustaría que otros sectores compartieran?

- Técnicas para el desarrollo de infraestructura como molinos y corrales.
- Información sobre convocatorias de gobierno.
- Técnicas para muestreo de brucelosis y otras enfermedades.
- Organización de eventos para comercialización.
- Ayuda de centros de investigación para saber cómo manejar la información.
- Cuidados de la vegetación y fauna en peligro de extinción.
- Información sobre cómo combatir incendios.
- Información de costos cadena de producción.
- Certificaciones de carne orgánica.
- Apoyo técnico para el desarrollo de la CaprinoCultura.
- Obtención de aceites esenciales.

CONCLUSIONES

Para lograr el desarrollo sostenible a largo plazo, es indispensable generar nuevas formas y bases para la toma de decisión. La red de OPSE conformados por comunidades de aprendizaje son iniciativas colectivas que emergen en respuesta de problemas complejos o recurrentes y que requieren la aportación de múltiples conocimientos, experiencias, visiones representados por diferentes grupos de interés y sectores (académico, gubernamental, asociaciones civiles, comunidades, grupos indígenas, privado). Alianzas multisectoriales para la sostenibilidad logran incidir en y transformar un sistema como los sistemas pastoriles siempre y cuando los actores participantes en la alianza decidan colectivamente sobre el tipo de liderazgo, funciones, responsabilidades, organización, gobernanza, metas, estrategias de auto-evaluación, entre otros. Con el acuerdo de la creación del OPSE CaprinoCultura Altiplano se estableció la generación de ámbitos que promuevan la co-producción de estrategias de relaciones conocimiento-acción con el fin de generar nuevos mecanismos de vinculación

entre investigadores de diferentes disciplinas, comunidades, y diseñadores de políticas públicas.

Agradecimiento: Se agradece a todas las personas que participaron en los eventos multisectoriales, por su conocimiento profundo, su entusiasmo y compromiso para proteger a la CaprinoCultura. EHS reconoce el financiamiento del evento mediante el proyecto CONAHCYT 319059.

LITERATURA CITADA

Berkes, F., & Folke, C. 1999. *Linking Social and Ecological Systems: Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press.

Huber-Sannwald, E., M. Ribeiro, J.T. Arredondo, M. Braasch, M. Martínez, J. García de Alba, and K. Monzalvo. 2012. Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development. PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS OF THE ROYAL SOCIETY B: BIOLOGICAL SCIENCES 367: 3158-3177

Martínez Tagüeña, N., E. Huber-Sannwald, V.M.Reyes Gómez, S. Luctallo, C.L. Lauteria Martínez. 2024. Zonas Áridas en México – construcción de Comunidades de Aprendizaje. Instituto Mora. ISBN: 978-607-8953-35-6

SIAP 2023. https://nube.agricultura.gob.mx/poblacion_ganadera/

MEMORIAS
DEL XIV CONGRESO
INTERNACIONAL DE MANEJO DE PASTIZALES Y ENCUENTRO GANADERO DEL DESIERTO CHIHUAHUENSE

CHIHUAHUA, CHIH. OCTUBRE 2025