

Riesgo de Erosión por Intensidad y Frecuencia de Pastoreo en Agostadero Bajo Cuatro Condiciones de Manejo en el Altiplano Mexicano Erosion Risk by Grazing Intensity and Frequency in Rangelands Under Four Management Conditions in the Mexican Altiplano

Ariadna Quetzal Delgado-Padierna¹, Luis Octavio Negrete-Sánchez^{1,2†} ,
Juan Antonio Rendón-Huerta³ , Juan Carlos García-López² , Héctor Aarón Lee-Rangel¹ ,
Gregorio Álvarez Fuentes²  y Rigoberto Castro-Rivera⁴ 

¹ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Agronomía y Veterinaria. Carretera San Luis - Matehuala km 14.5, Ejido Palma de la Cruz. 78321 Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, México; (A.Q.D.P.), (L.O.N.S), (H.A.L.R.).

† Autor para correspondencia: luis.negrete@uaslp.mx

² Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. Altair No. 200, Colonia del Llano. 78377 San Luis Potosí, SLP, México; (L.O.N.S.), (J.C.G.L.), (G.A.F.).

³ Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste. Carretera Salinas-Santo Domingo No. 200. 78600 Salinas, San Luis Potosí, México; (J.A.R.H.).

⁴ Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Ex-Hacienda San Juan Molino Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla km 1.5. 90700 Tlaxcala, Tlaxcala, México; (R.C.R.).

RESUMEN

Los agostaderos son los sitios de alimentación del ganado mediante vegetación espontánea. En el altiplano mexicano, 95% de los ejidos y 80% de los ranchos privados registran sobrepastoreo severo y generalizado en sus agostaderos. Con el intento de revertirlo, el objetivo del presente estudio es comparar como impactan la intensidad y frecuencia del pastoreo de diversas especies animales a la condición del agostadero. Por otro lado, es inherente el grado de riesgo a erosión derivado del sobrepastoreo en cuatro unidades de producción ganadera colindantes entre sí, en un mismo sitio de agostadero compartido, pero con distinto aprovechamiento individual. Se compararon un ejido, un rancho privado pastoreado por ovejas durante más de 60 años, y dos porciones de otro rancho privado, una excluida al pastoreo por más de 10 años y otra aprovechada mediante bovinos para producción de carne. De cada unidad de producción se evaluaron sus atributos estructurales y funcionales de la vegetación y cobertura actual del suelo mediante cuatro transectos con el método de cuadrantes centrados en un punto. Se analizaron los resultados del diámetro basal de las plantas perennes presentes según su calidad forrajera, y las porciones de suelo desnudo, cubierto con vegetación, mantillo, heces y piedras con un diseño experimental completamente aleatorio. Además, con análisis multivariable se ordenó y clasificó una matriz de 16 variables de vegetación y suelo evaluadas × 16 transectos estudiados, para determinar la condición de agostadero y el inherente grado de riesgo a erosión. La secciones excluida y destinada al pastoreo con bovinos en el rancho privado registraron la mejor condición de agostadero y el menor riesgo a erosión. La composición botánica de origen idéntica en las cuatro unidades de producción es ya distinta, y diversas plantas forrajeras ya no existen ni en el ejido, ni en el rancho borreguero por su baja tolerancia al pastoreo.

Palabras clave: análisis multivariable, desertificación, intensidad de defoliación, periodicidad de la defoliación.

SUMMARY

Rangelands are feeding sites for livestock through spontaneous vegetation. In the Mexican highlands, 95% of the ejidos (common land) and 80% of private ranches have recorded severe and widespread overgrazing of their grasslands. Thus, the objective of the present study is to try to reverse it by comparing how grazing



Cita recomendada:

Delgado-Padierna, A. Q., Negrete-Sánchez, L. O., Rendón-Huerta, J. A., García-López, J. C., Lee-Rangel, H. A., Álvarez Fuentes, G., & Castro-Rivera, R. (2024). Riesgo de Erosión por Intensidad y Frecuencia de Pastoreo en Agostadero Bajo Cuatro Condiciones de Manejo en el Altiplano Mexicano. *Terra Latinoamericana*, 42, 1-16. e1966. <https://doi.org/10.28940/terra.v42i.1966>

Recibido: 28 de mayo de 2024.

Aceptado: 20 de septiembre de 2024.

Artículo. Volumen 42.

Noviembre de 2024.

Editor de Sección:

Dr. Fernando Ayala Niño

Editor Técnico:

Dr. Benjamín Zamudio González



Copyright: © 2024 by the authors.

Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC ND) License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

intensity and frequency of various animal species impact the rangeland conditions and the inherent degree of risk of erosion in four livestock production units adjacent to each other in the same shared rangeland site but with different individual use. An ejido, a private ranch grazed by sheep for more than 60 years, and two portions of another private ranch were compared, one excluded from grazing for more than 10 years and the other one used by cattle for beef production. For each production unit, its structural and functional vegetation attributes and current soil cover were evaluated through four transects with the quadrat method centered on a point. With a completely randomized experimental design, the basal diameter results of the present perennial plants were analyzed according to their forage quality, and the bare soil portions were covered with vegetation, mulch, feces and stones. Furthermore, a multivariate analysis ordered and classified a matrix of 16 vegetation and soil variables evaluated \times 16 transects studied to determine the rangeland condition and inherent erosion risk degree. The sections were excluded and destined for grazing with cattle on the private ranch recorded the best range condition and the lowest risk of erosion. The botanical composition of origin identical in the four production units is already different, and various forage plants no longer exist either in the ejido or in the sheep ranch due to their low tolerance to grazing.

Index words: *multivariate analysis, desertification, intensity of defoliation, defoliation periodicity.*

INTRODUCCIÓN

En los agostaderos predomina la vegetación nativa, de ésta, una porción puede ser utilizada para la alimentación del ganado mediante el pastoreo, además de ser consumida por la fauna silvestre (Reid, Fernández y Galvin, 2014). Asimismo, Torres-Acosta, Alonso, Hoste, Sandoval y Aguilar (2008), indicaron que la vegetación de los agostaderos es muy heterogénea ya que presenta diversas formas biológicas, además es muy variable en la cantidad de forraje producido y en su calidad nutricional según la época del año y el manejo al que esté sometido

Están compuestos de diferentes tipos de vegetación, como pastos nativos y, especies herbáceas y arbustivas en matorrales áridos, zacatales y bosques abiertos y, cuando están degradados, también hay presencia de vegetación diversa de tipo arbustivo o malezas invasoras con menor gustosidad para el ganado o más tolerantes al pastoreo, Heady (1994) y Holechek, Pieper y Herbel (2011). También, Negrete-Sánchez, Aguirre, Pinos y Reyes (2016) señalaron que la importancia de las tierras de pastoreo en el mundo es muy significativa, pues cubren aproximadamente 50% de la superficie terrestre, situación que se replica en México y en el estado de San Luis Potosí.

En los EE. UU. a la mitad del siglo pasado, se plantearon dos enfoques fundamentales para clasificar la condición de agostadero de un sitio, uno reconocido como de base ecológica y el otro de base productiva. En el primero, la condición de agostadero se clasifica con relación al clímax observado o inferido a la vegetación prístina del sitio, esta clasificación compara la vegetación actual y en ocasiones las características del suelo, con áreas de referencia que supuestamente pueden exhibir condiciones climáticas o casi climáticas (Dyksterhuis, 1949; Humphrey, 1949; Smith, 2003). Este enfoque del "clímax" es todavía utilizado por el Servicio de Conservación del Suelo de los EE. UU. (USDA, 2013). En cuanto al "enfoque de productividad", éste clasifica la condición de agostadero según la cantidad actual de forraje producido con relación al potencial de producción de forraje conocido como "potencial de sitio", sin implicar con ello la estabilidad del sitio Humphrey (1949) y Holechek *et al.* (2011) Desde este último punto de vista, la condición puede variar de pobre a excelente en el mismo sitio, con dependencia del uso considerado, por lo que, si un sitio registra una producción de zacates cercana a su potencial máximo, puede clasificarse como excelente para el pastoreo de ganado, pero podría considerarse sólo regular para el pastoreo de ovejas, cabras o venados que prefieren otros tipos de plantas (Hacker, 1974; Smith, 2003).

Sin embargo, en los años recientes en el manejo de agostaderos ya no son tan aceptados ni el enfoque de la evaluación productiva de la condición de agostaderos, ni el de la sucesión clímax en los que se basó inicialmente, por ello el concepto de sitio ecológico ha ganado adeptos entre la comunidad científica. (Smith, 2003). Recientemente se han propuesto nuevos conceptos y términos para el manejo de agostaderos e incluso algunos se han implementado, actualmente los manejadores de agostaderos hablan de "vías múltiples", "estados y transiciones", "clasificaciones del valor de los recursos" entre otros como sinónimos de la condición y tendencia Briske, Fuhlendorf y Smeins (2005). No obstante, el concepto de ecosistemas prístinos que mantienen un complejo estado de equilibrio y evolución que puede degradarse fácilmente por causas antropogénicas, se mantiene entre una mayoría significativa de estudiosos del tema y entre los ambientalistas, y aun se refiere en las publicaciones y objetivos de manejo de los recursos naturales actuales a señalar procesos y condiciones naturales, que sugieren que el aprovechamiento de los agostaderos restaure tales condiciones o no genere su degradación (Hacker, 1974; Smith, 2003).

En México, los conceptos de sitio, condición y tendencia del agostadero no son ampliamente conocidos ni de uso generalizado para el manejo ecológico de las tierras de pastoreo, por ello es de suma importancia que se difundan y utilicen para detener y revertir el deterioro severo y generalizado de las tierras de pastoreo en el 80% de los ranchos privados y en el 95% de los ejidos y comunidades agrarias, pues es muy evidente el riesgo de su desertificación Negrete-Sánchez *et al.* (2016).

Aunque en México hay reglas establecidas para aprovechar los agostaderos conforme a su capacidad de pastoreo (COTECOCA, 1982), dichas reglas en la práctica no se respetan y la carga animal que pastorea los agostaderos en muchas ocasiones excede entre tres y cinco veces la capacidad de carga establecida, lo que ocurre principalmente en los agostaderos comunales de los ejidos y comunidades agrarias, esto conduce irremediablemente a la desertificación de esas áreas y representa el principal problema ambiental de nuestro país, Negrete-Sánchez *et al.* (2016). Durante 2010, en el rancho El Palmar en Charcas, SLP, México, se instaló parte del Parque Eólico Dominica II, propiedad de la empresa "Enel Green Power" (multinacional italiana, que opera en el mercado de las energías renovables), proyectado para permanecer por 25 años.

Así, el objetivo del presente estudio fue comparar como impacta la intensidad y la frecuencia del pastoreo de diversas especies animales de interés pecuario a la condición de agostadero y al grado de riesgo a erosión en cuatro unidades de producción ganadera colindantes entre sí, con un mismo sitio de agostadero a través de la evaluación de atributos estructurales de su vegetación como la composición florística, el número de individuos de cada especie estudiada por unidad de área, la probabilidad de que la especie aparezca o no en el muestreo y la distribución de las especies en los planos horizontal y vertical, además de los funcionales como la producción de materia viva por unidad de área o volumen y la sección transversal al pie de las plantas dejada por el ganado tras el pastoreo, además de la cobertura actual del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en las áreas excluidas (EPE) y con pastoreo (EPP) del rancho "El Palmar", del municipio de Charcas, SLP, así como en el rancho "Los Garza" (LG), Charcas, SLP, y el ejido "El Tepetate" (ET) del municipio de Santo Domingo, SLP. Al iniciar la instalación del parque eólico los propietarios del rancho El Palmar decidieron excluir temporalmente al pastoreo de ganado en sus 1300 ha, y por ello constituye una excelente oportunidad para evaluar el impacto de los diferentes sistemas de producción ganadera en la condición de un mismo sitio de agostadero con base en la composición florística, densidad y producción de biomasa y la sección transversal al pie, por forma vital y valor forrajero de las especies perennes presentes, además de la cobertura actual del suelo. El Palmar colinda al oeste con el ejido "El Tepetate" del municipio de Santo Domingo, SLP, en el que desde su creación en 1932 (PHINA, 2024) como en todos los ejidos y comunidades agrarias se practica el pastoreo irrestricto y continuo por bovinos, ovinos, caprinos y equinos, tanto del propio ejido como de otros ejidos en sus agostaderos comunales que normalmente carecen de cercos divisorios; asimismo, colinda al norte con el rancho Los Garza de propiedad privada y con antecedente de aprovechamiento mediante el pastoreo exclusivo de ovinos por más de 60 años. Por su parte, dentro del propio rancho el Palmar en 2019 sus propietarios decidieron reiniciar la explotación mediante el pastoreo de bovinos para carne en un predio de 1000 ha, y dejaron 300 ha completamente excluidas. El disponer de áreas excluidas al pastoreo en México es poco frecuente, por lo que contar con dicha área, es una excelente oportunidad para contrastar el impacto de cuatro sistemas de manejo completamente distintos en la condición actual de agostadero del zacatal de *Bouteloua gracilis*, así como en su grado de riesgo a erosión mediante la evaluación de la vegetación y la cobertura actual del suelo.

Las cuatro unidades de producción colindan entre sí y se ubican en una meseta a casi 2450 m de altitud. (Figura 1). Su clima es seco templado (BS0kw), con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, con abril como el mes más caliente y seco; junio es el mes más húmedo con una precipitación media de 88 mm; además, registra lluvias de verano (300 mm) y porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10.2%; la estación seca abarca de noviembre a mayo (INEGI, 2017). El tipo de vegetación observado en las cuatro unidades de producción correspondió a un zacatal con predominio de *Bouteloua gracilis* (willd. Ex kunth) lag. Ex griffiths, acompañado principalmente de *Aristida adsencionis* L., *B. scorpioides* Lag., *Erioneuron avenaceum* (Humb., Bonpl. & Kunth) Tateoka, *Muhlenbergia villiflora* Hitchc., *Buddleja scordioides* Kunth, *Dalea bicolor* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth, *Flourenzia sernua* DC., *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Cov., *Opuntia rastrera* F.A.C. Weber, *O. cantabrigensis* Lynch, *Parthenium incanum* Kunth, *Talinopsis frutescens* A. Gray y *Yucca filifera* hort EX Engelm.

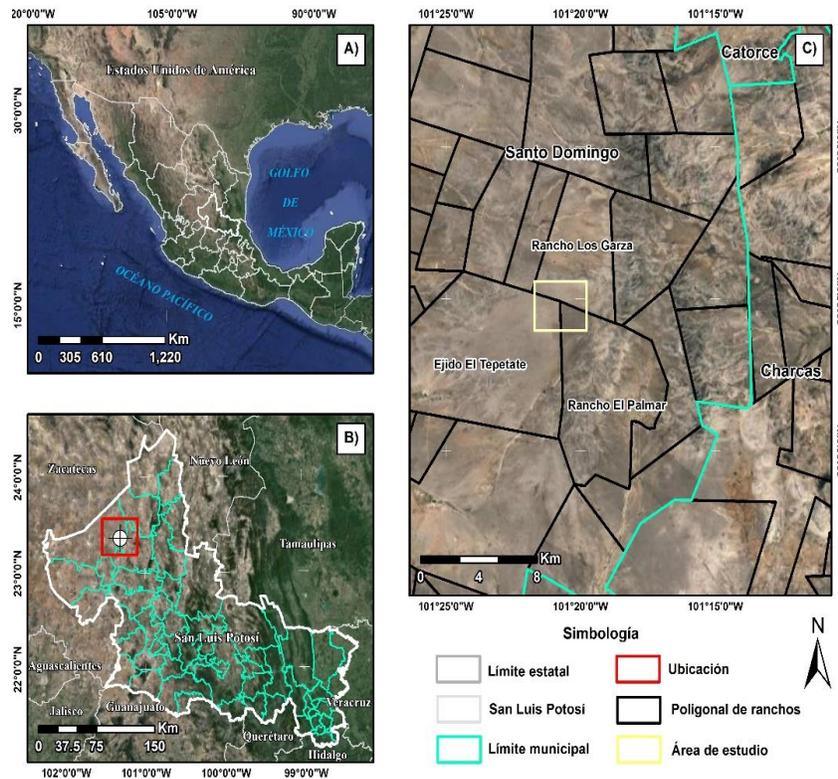


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio.
Figure 1. Geographic location of the study area.

Caracterización de la Vegetación

Para caracterizar la vegetación se utilizó primero, una imagen de satélite LANDSAT de febrero de 2021, a la cual mediante ARC-GIS v. 2010 (ESRI, 2011), se le realizó un proceso de clasificación no supervisada el cual generó un índice de vegetación con cuatro clases de vegetación presentes en el área de estudio; posteriormente, con el apoyo de un GPS Garmin Montana 680 de alta precisión, se acudió a campo para realizar la supervisión correspondiente y cotejar las cuatro variantes de vegetación identificadas previamente. En cada una de las unidades de producción, se recolectaron todas las especies perennes; las especies anuales se descartaron por carecer de efectos significativos en la condición del agostadero, pues su presencia temporal es de apenas unas pocas semanas (Aldrete y Aguirre, 1982). Los especímenes recolectados se identificaron y depositaron en el Herbario Isidro Palacios (SLPM) del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Mediciones Estructurales y Funcionales de la Vegetación

Con base en recorridos de campo, y el plano generado por la clasificación no supervisada, entre agosto y septiembre de 2021 (segunda mitad del periodo de lluvias o de crecimiento), se ubicaron cuatro áreas de muestreo, una en cada unidad de producción en estudio. Luego, en cada unidad de producción se realizó el levantamiento de cuatro transectos de 100 m con un total de 80 puntos de muestreo, 320 cuadrantes y 1280 plantas medidas (Figura 2). Se aplicó el método sin parcela de cuadrantes centrados en un punto sobre transectos desarrollado por Cottam y Curtis (1956), con las modificaciones propuestas por Aldrete y Aguirre (1982) para evaluar vegetación de diversos estratos como ocurre en los matorrales áridos. Las especies registradas con el muestreo se clasificaron según su valor forrajero y su reacción sucesional al pastoreo, como decrecientes, crecientes e invasoras, acorde con Vallentine (2000) y Bolaños y Aguirre (2000).

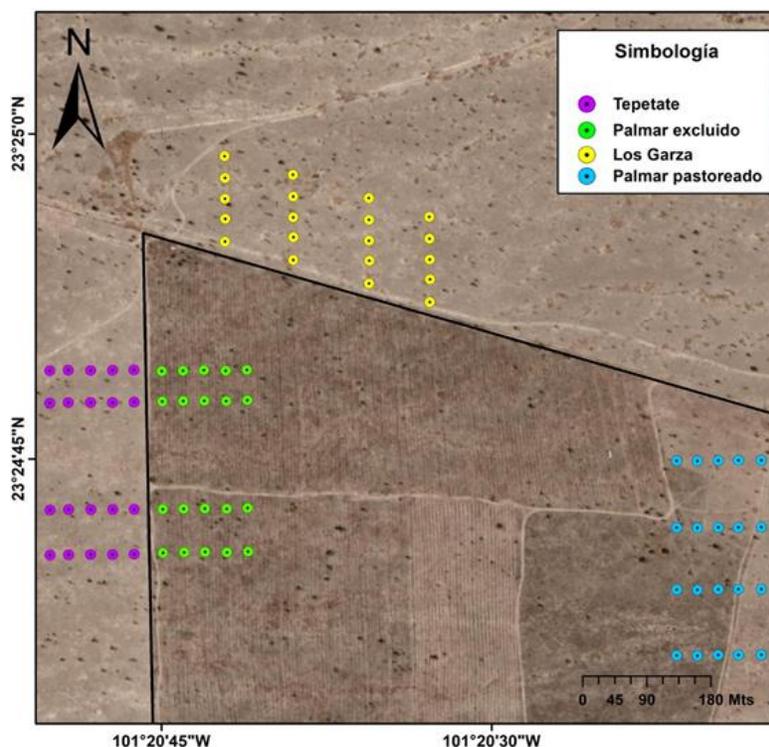


Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en las cuatro áreas de estudio.
Figure 2. Location of sampling points in the four study areas.

Para el cálculo de la densidad absoluta de cada especie estudiada se empleó la fórmula utilizada por Aldrete y Aguirre (1982) para determinar el recíproco del cuadrado de la distancia media de dicha especie, con la fórmula siguiente:

$$\text{Densidad de la especie } i = \frac{\text{unidad de área}}{\text{distancia media}^2 \text{ de la especie } i} \quad (1)$$

En donde la unidad de área es la superficie de referencia para expresar la densidad, en las mismas unidades que el área media de las especies.

Por otra parte, se utilizó la fórmula del cono truncado invertido para estimar la biomasa volumétrica instantánea de cada individuo:

$$V = 1/3\pi h (R^2 + r^2 + Rr) \quad (2)$$

Donde: $\pi = 3.1416$; h = altura o distancia entre los dos radios; R = radio de la copa; r = radio basal.

Diámetro Basal

El diámetro basal de cada una de las plantas medidas se determinó con una cinta diamétrica (Forestry suppliers, Mod. 283D) al momento de realizar las estimaciones de densidad y biomasa; para el caso de las herbáceas y zacates se midió todo el diámetro de la planta o del macollo, mientras en las arbustivas y arborescentes fue la base del fuste.

Estado de la Superficie del Suelo

Para evaluar el estado actual de la superficie del suelo en cada unidad de producción y con ello el grado de riesgo inherente a la erosión y posterior desertificación, se utilizaron cinco Líneas Canfield de intercepción (Canfield, 1941) de 5 m de longitud, colocadas de forma paralela y alterna al transecto principal, georreferenciando sus puntos de inicio y final para facilitar estudios posteriores; sobre estas líneas se midieron las porciones de suelo desnudo y las cubiertas con vegetación, mantillo, piedras o heces. El valor medio de cada tipo de cobertura fue expresado en centímetros.

Análisis Estadístico

Se realizó la comparación de la cobertura media actual del suelo (suelo desnudo, cubierto con vegetación, con mantillo, con piedras y con heces), así como la correspondiente a las secciones transversales al pie obtenidas para cada una de las unidades de producción y clasificadas de acuerdo con su valor forrajero, mediante un diseño experimental completamente aleatorio con el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, 1999). Asimismo, a las medias aritméticas de las secciones transversales al pie de las plantas evaluadas por el muestreo se les realizó un ANOVA unidireccional, con un diseño experimental completamente aleatorio y, un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$), después en ambos casos se hizo una comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), (Tukey, 1949).

Finalmente, mediante una matriz de 16×16 se realizó la ordenación y clasificación mediante los módulos DECORANA y TWINSpan del programa PC-ORD v 7.0. (McCune y Mefford, 2018). La matriz incluyó las 16 variables de vegetación y cobertura de suelo resultantes de la evaluación de la vegetación de las cuatro unidades de producción, así como los 16 transectos utilizados en dicha evaluación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sitio de Agostadero

Los agostaderos son los sitios de alimentación del ganado mediante vegetación espontánea, además, sostienen a la fauna silvestre y son fuente de bienes y servicios ecosistémicos. Holechek *et al.* (2011), describieron que un sitio de agostadero es una unidad de paisaje cuyo potencial de producción está determinado por su clima, suelo y topografía, que lo normal es que haya heterogeneidad y por ello existan muchos sitios de agostadero distintos. Derivado de ello, en la presente investigación y con la información generada por el proceso de clasificación no supervisada y los recorridos de campo, se pudo comprobar que en las cuatro unidades de producción se tenía en realidad un único sitio de agostadero compartido, esto es, con el mismo clima, mismo suelo e igual topografía, y se le identificó como zacatal de *Bouteloua gracilis*. Con base en ello se pudo determinar que las diferencias mostradas por el índice de vegetación generado de inicio con el proceso de clasificación no supervisada aplicado a la imagen de satélite, resultaron ser más bien distintas condiciones del agostadero, debidas al aprovechamiento pecuario histórico al que el zacatal ha estado sometido (Figuras 3 y 4).

Composición Florística

La mayor riqueza florística de especies perennes medidas por el muestreo se encontró en la porción pastoreada del rancho El Palmar (EPP) con 22 especies, seguida por su porción excluida al pastoreo (EPE) con 21; por su parte en el ejido El Tepetate (ET) hubo 18 especies y finalmente en el rancho Los Garza (LG) se registraron 17 (Cuadro 1). Además, para cada unidad de producción se registraron otras 35 especies perennes respectivamente, pero fuera de las unidades muestreadas con el transecto. La clasificación del valor forrajero de las plantas presentes en cada unidad de producción arrojó que la unidad de producción con mayor proporción de especies deseables fue EPP con 52.4%, seguida de EPE y ET con 50% respectivamente; por su parte, LG tuvo el menor porcentaje de especies deseables con 46.7%, por lo que no se registraron diferencias significativas entre las cuatro unidades de producción ($P = 0.058$); en contraste, respecto a las especies forrajeras indeseables sí se registraron diferencias significativas ($P < 0.003$), pues ET registró la proporción más alta con 27.8%, luego LG con 20%, mientras EPP tuvo 19.0% y por último EPE con 10 por ciento.

La composición florística total de las especies perennes registrada en el zacatal de *B. gracilis* para cada unidad de producción de este estudio fue superior a lo descrito por Lara-Juárez, Castillo, Tristán, Rendón y Aguirre (2016) en estudios florísticos de especies perennes, en Charcas SLP para dos unidades de producción colindantes, el ejido Francisco I. Madero con 22 especies y el potrero "siete vueltas" del rancho Laguna Seca con 35 especies muy probablemente porque aquellos sitios de agostadero correspondieron a matorrales semiáridos con menor cantidad de precipitación media anual y además en el caso del ejido con pastoreo irrestricto por diversas especies animales y ganado incluso de otros ejidos, mientras que el rancho privado tampoco cuenta con cercos divisorios por sitio de agostadero que obliguen al ganado a pastorear cada sitio en forma ordenada, lo que demuestra que las malas prácticas no son exclusivas del usufructo comunal, sino que ocurren también por falta de conocimiento en los ranchos privados. Por otra parte, los resultados de ambas porciones del rancho El Palmar fueron muy similares a las 55 especies perennes registradas en las evaluaciones de 18 parcelas ganaderas de tres sitios de agostadero del ejido El Castañón, Catorce, SLP Aguirre-Rivera, Negrete y Castro (2020)., en donde a partir de su parcelación de los agostaderos comunales en 1993, ahora existe la posibilidad de controlar la carga animal, mayor número de aguajes, saladeros y de cercos divisorios para distribuir y uniformar el pastoreo.



Figura 3. Aspecto de la colindancia entre el ejido El Tepetate (A), rancho Los Garza (B) y rancho El Palmar excluido (C), en el zacatal de *Bouteloua gracilis*. Las diferencias en la vegetación son resultado del aprovechamiento individual al que cada unidad de producción ha estado sometida. Imagen capturada el 15 de septiembre de 2021.

Figure 3. Boundary aspect between the common land Ejido El Tepetate (A), Los Garza Ranch (B) and El Palmar Ranch (C), excluded in the *Bouteloua gracilis* grassland. The differences in vegetation are the results of the individual use to which each production unit has been subjected. Image captured in September 15, 2021.

Densidad y Biomasa

La densidad florística en general fue más alta en los ranchos con mayor deterioro aparente (Cuadro 2), en contraste, la producción de biomasa estimada para cada unidad de producción fue superior hasta cinco a seis veces para los ranchos mejor conservados (Cuadro 3). Un efecto más ocasionado por el pastoreo diferenciado en las cuatro unidades de producción fue que diversas plantas preferidas y muy consumidas por el ganado ya no existen en ET y LG, las dos unidades de producción en peor condición visual aparente lo que evidencia su poca resistencia a la defoliación intensa y frecuente que ahí se permite.



Figura 4. Aspecto aéreo de la colindancia entre el ejido El Tepetate (A), rancho Los Garza (B) y rancho El Palmar excluido (C). Imagen capturada el 02 de octubre de 2021.

Figure 4. Aerial aspect of the boundary between Ejido El Tepetate (A), Los Garza Ranch (B) and El Palmar ranch (C) excluded. Image captured on October 2, 2021.

Cuadro 1. Especies evaluadas por el muestreo y su forma de crecimiento en el zacatal de *Bouteloua gracilis* en la exclusión del rancho El Palmar (1), ejido El Tepetate (2), rancho Los Garza (3) y el área pastoreada del rancho El Palmar (4).
Table 1. Species evaluated by sampling and their growth form in the *Bouteloua gracilis* grassland in El Palmar Ranch exclusion (1); Ejido El Tepetate (2); Los Garza Ranch (3); and the grazed area of El Palmar Ranch (4).

Especie	Forma de crecimiento				UP
	A	B	C	D	
<i>Aristida adscensionis</i> L.	X				1,3,4
<i>Aristida divaricata</i> L.	X				1,3,4
<i>Bouteloua gracilis</i> (willd. Ex kunth) lag. Ex griffiths	X				1,2,3,4
<i>Bouteloua scorpioides</i> Lag.	X				1,2,3,4
<i>Buddleja scordioides</i> Kunth		X			1,2,3,4
<i>Condalia mexicana</i> Schltld.			X		4
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M. Knuth			X		1,2,3,4
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.		X			1,2,3,4
<i>Dichondra argentea</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	X				2
<i>Echinocactus horizonthalonius</i> Lem.		X			2
<i>Elymus elymoides</i> subsp. elymoides	X				1,4
<i>Erioneuron avenaceum</i> (Humb., Bonpl. & Kunth) Tateoka	X				1,2,3,4
<i>Flourensia cernua</i> DC.			X		1,2,3,4
<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Cov.			X		1,2,3,4
<i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees	X				1,4
<i>Lycurus phleoides</i> Kunth	X				1,3,4
<i>Muhlenbergia villiflora</i> Hitchc.	X				1,2,3,4
<i>Opuntia cantabrigiensis</i> Lynch			X		1,2,3,4
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber		X			1,2,3,4
<i>Parthenium incanum</i> Kunth		X			1,2,3,4
<i>Sphaeralcea angustifolia</i> (Cav.) G. Don	X				2
<i>Talinopsis frutescens</i> A. Gray		X			1,2,3,4
<i>Thymophylla pentachaeta</i> (DC.) Robinson	X				1,2,4
<i>Yucca filifera</i> hort EX Engelm				X	1,2,3,4
<i>Zinnia acerosa</i> (DC.) A. Gray	X				1,2,4

A = herbácea; B = arbustiva inferior; C = arbustiva superior; D = arborescente.
A = herbaceous; B = Lower bush; C = upper shrub; D = arborescent.

Respecto a la densidad de las diversas plantas forrajeras deseables evaluadas en las cuatro UP, las correspondientes a ET y LG, fueron mayores, sin embargo, esto ocurre por sus diámetros y vigor disminuidos que ocupan poco espacio en el terreno; en contraste, sus evaluaciones de biomasa volumétrica instantánea y de la sección transversal al pie fueron significativamente menores con respecto a las de las mismas plantas en EPP y EPE. Lo anterior coincide con Abate, Ebro y Nigatu (2012) en agostaderos áridos del sur de Etiopía quienes sugieren que se genera una tendencia regresiva en la condición de los agostaderos conforme se da el deterioro de las unidades de producción por sobrepastoreo.

Las densidades relativas de especies forrajeras deseables registradas en ET, EPP y LG del presente estudio (99.9, 98.8 y 94.9%) fueron en general superiores a las registradas por Aguirre-Rivera *et al.* (2020) en seis parcelas ganaderas con buena condición de agostadero de tres sitios de matorrales áridos, aprovechados como agostaderos comunales por más de 50 años, pero ya bajo control privado en los recientes 25 años en el ejido.

Cuadro 2. Efecto de la condición de agostadero del zacatal de *Bouteloua gracilis* en la densidad de plantas de las cuatro unidades de producción.
Table 2. Effect of the *Bouteloua gracilis* grassland range condition on plant density of the four production units.

Especie	Densidad miles de plantas ha ⁻¹			
	El Palmar Excluido	El Tepetate	Los Garza	El Palmar Pastoreado
<i>Aristida divaricata</i>	118.9	0.0	81.9	12.7
<i>Bouteloua gracilis</i>	121.4	344.6	227.7	127.5
<i>Bouteloua scorpioides</i>	212.3	478.2	393.2	250.0
<i>Buddleja scordioides</i>	0.2	0.1	0.1	0.3
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	0.2	0.1	0.1	0.1
<i>Dalea bicolor</i>	0.2	0.0	0.0	0.2
<i>Euroneurion avenaceum</i>	160.0	418.7	256.3	146.8
<i>Larrea tridentata</i>	0.4	0.1	0.1	0.1
<i>Lycurus phleoides</i>	137.2	0.0	0.0	41.6
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	0.0	237.9	640.0	250.0
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	0.2	0.1	0.0	0.2
<i>Opuntia rastrera</i>	0.3	0.0	0.0	0.2
<i>Parthenium incanum</i>	0.1	0.1	0.0	0.2
<i>Zinnia acerosa</i>	61.3	258.5	0.0	129.1
Total	812.7	1738.4	1599.3	969.1

El Castañón, Catorce, SLP, (97.8, 93.6 y 90.9%) posiblemente porqué en ese ejido se registra menor precipitación media anual (300 mm), y aún quedan remanentes del maltrato sufrido en los agostaderos por el pastoreo comunal al que fue sometido. Por otra parte, la menor densidad de especies forrajeras deseables del presente estudio se registró en el área excluida del rancho El Palmar (85.2%), y fue causada principalmente por la propagación de *O. rastrera*, especie considerada como forrajera menos deseable tras 12 años de exclusión del ganado, lapso en el que los efectos inherentes del pastoreo como el pisoteo y el consumo ocasional de dicha planta no se han registrado; esto coincide con lo señalado por Flores y Yeaton (2000) en cuanto a la dinámica estructural de los zacatales áridos, que por sucesión son sustituidos por especies suculentas leñosas.

Con respecto a la cantidad de biomasa volumétrica instantánea de las especies forrajeras deseables de EPP (7.6 mil m³ ha⁻¹) y EPE (5.9 mil m³ ha⁻¹) éstas fueron muy superiores a las registradas en LG (1.3 mil m³ ha⁻¹) y ET (1.2 mil m³ ha⁻¹); sin embargo, la biomasa de especies forrajeras deseables de ambas porciones de rancho El Palmar, fueron incluso poco inferiores a lo reportado por Aguirre-Rivera *et al.* (2020) en agostaderos correspondientes al ecotono entre el matorral desértico micrófilo-matorral desértico rosetófilo en buena condición (8.2 mil m³ ha⁻¹) del ejido El Castañón y Anexos, Catorce, San Luis Potosí, aunque en ese caso mucha de esa biomasa fue aportada principalmente por arbustivas forrajeras y no por zacates como en el presente estudio. Así, hay que considerar que en las áreas que dejan de ser defoliadas por mucho tiempo como en el caso de EPE con 12 años sin presencia de ganado, se registra una reducción en la producción de biomasa, pues las plantas dejan de producir al no tener el estímulo de la defoliación. En cuanto a la cantidad producida de biomasa volumétrica instantánea de las especies forrajeras deseables de LG y ET, las dos unidades de producción con la peor condición de agostadero de este estudio, coincide con lo señalado por Schlesinger *et al.* (1996), respecto a la disminución de la producción de forraje de buena calidad en sitios de agostadero con intensidad de pastoreo pesada y con condición de agostadero pobre, en el sur de Nuevo México.

Cuadro 3. Efecto de la condición de agostadero del zacatal de *Bouteloua gracilis* en la biomasa de las plantas de las cuatro unidades de producción de acuerdo a su valor forrajero.
Table 3. Effect of the *Bouteloua gracilis* grassland range condition on plant biomass of the four production units according to their forage value.

Especie	Valor forrajero [†]	Biomasa miles de m ³ ha ⁻¹			
		EPE	ET	LG	EPP
<i>Aristida divaricata</i>	MD	6.8	0.0	1.1	1.2
<i>Bouteloua gracilis</i>	D	1.9	0.2	0.7	2.8
<i>Bouteloua scorpioides</i>	D	0.6	0.5	0.2	1.1
<i>Buddleja scordioides</i>	D	0.1	0.0	0.0	0.1
<i>Cylindropuntia imbricata</i>	I	0.2	0.1	0.1	0.2
<i>Dalea bicolor</i>	D	0.1	0.0	0.0	0.1
<i>Euroneurion avenaceum</i>	MD	0.5	0.3	0.4	0.6
<i>Larrea tridentata</i>	I	0.0	0.0	0.1	0.1
<i>Lycurus phleoides</i>	D	2.7	0.0	0.0	1.2
<i>Muhlenbergia villiflora</i>	D	0.0	0.1	0.3	1.7
<i>Opuntia cantabrigiensis</i>	MD	0.0	0.1	0.0	0.0
<i>Opuntia rastrera</i>	MD	0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Parthenium incanum</i>	D	0.1	0.0	0.0	0.1
<i>Zinnia acerosa</i>	D	0.4	0.4	0.0	0.5
Total		13.1	1.7	2.9	9.3

[†]D =Deseable; MD = Menos deseable; I = Indeseable. EPE = El Palmar Excluido; ET = El Tepetate; LG = Los Garza; EPP = El Palmar Pastoreado.

[†]D = Desirable; MD = Least desirable; I = Undesirable. EPE = El Palmar Excluded; ET = El Tepetate; LG = Los Garza; EPP = El Palmar Grazed.

Sección Transversal al Pie

Ésta es considerada una medida más confiable para determinar la producción de materia viva que la correspondiente a la biomasa volumétrica instantánea, ya que ésta permanece en el terreno a pesar de que la planta haya sido parcial o totalmente defoliada. Los mayores valores registrados para el promedio de este atributo en las plantas deseables y menos deseables correspondieron a las dos unidades de producción visualmente más conservadas (EPE y EPP), en tanto que para el de las plantas indeseables los mayores promedios los registraron LG y ET, las dos unidades visualmente más deterioradas por el sobrepastoreo (Cuadro 4). Las diferencias encontradas en las medias aritméticas de las secciones transversales al pie para las especies deseables ($P = 0.001$) y de las especies indeseable ($P = 0.02$) de las cuatro unidades de producción resultaron significativas entre las cuatro unidades de producción, no así en lo correspondiente a las especies menos deseables ($P > 0.05$). Este comportamiento coincide con lo mencionado por Abate *et al.* (2012) en agostaderos del sureste de Etiopía, que señalan que conforme incrementa la carga animal, la sección transversal al pie de las especies forrajeras deseables disminuye y la condición de agostadero se vuelve regresiva, tal y como ocurre en la presente investigación, pues en ET y LG, la sección transversal al pie de sus plantas forrajeras deseables está notoriamente disminuida respecto a las dos áreas del rancho El Palmar, debido principalmente al desequilibrio registrado entre la capacidad de carga y la carga animal, además de los otros factores negativos del manejo del pastoreo como ocurre principalmente en ET donde se registra pastoreo sin restricciones por diferentes especies animales, e incluso animales de otros ejidos, ya que no cuenta con cercos que delimiten y dividan los agostaderos y que puedan obligar a los animales a consumir el forraje de manera uniforme y ordenada.

Cuadro 4. Media aritmética de las secciones transversales al pie de las especies agrupadas según su valor forrajero en las cuatro unidades de producción estudiadas.**Table 4. Mean transect section value of the species grouped according to their forage value in the four production units studied.**

Valor	Media aritmética de la sección transversal al pie de las especies según su valor forrajero (m)			
	EPE	ET	LG	EPP
forrajero [†]				
D	2.02	1.72	1.15	3.84
MD	2.79	1.44	0.94	3.19
I	0.24	1.12	1.22	1.10

[†] D = deseable; MD = menos deseable; I = indeseable. EPE = El Palmar Excluido, ET = El Tepetate, LG = Los Garza, EPP = El Palmar Pastoreado.

[†] D = desirable; MD = least desirable; I = undesirable. EPE = El Palmar Excluded, ET = El Tepetate, LG = Los Garza, EPP = El Palmar Pastored.

Evaluación de la Cobertura Actual de la Superficie del Suelo

En este rubro, EPE fue la unidad de producción con la más alta estabilidad potencial del sitio al registrar la mayor proporción media de suelo cubierto con vegetación, y la menor proporción de suelo desnudo; por otro lado, ET registró la mayor proporción media de suelo desnudo y la menor proporción media de suelo cubierto con vegetación, lo que conlleva menor estabilidad potencial del sitio, mayor grado de riesgo a erosión y de desertificación de las cuatro UP estudiadas (Cuadro 5). Estadísticamente las diferencias en las proporciones medias de suelo desnudo ($P < 0.0001$) y, cubierto con vegetación ($P < 0.0002$), fueron significativas entre las cuatro unidades de producción en estudio; no así las correspondientes a suelo cubierto con mantillo ($P = 0.2344$), con heces ($P = 0.0948$) y con rocas ($P = 0.1445$). Parker (1951) y luego Holechek *et al.* (2011) reconocieron que la porción de suelo desnudo de un sitio de agostadero nos permite determinar su grado de riesgo a erosión y el inherente peligro de desertificación; este punto de vista se considera también en los nuevos enfoques para la determinación de la condición de sitios, pues permite establecer con respecto a la cantidad de suelo desnudo, si la condición de sitio es satisfactoria o insatisfactoria con base en su estabilidad potencial (Smith, 2003). entre más alta sea la porción con suelo desnudo, mayor es la posibilidad de erosión durante las tormentas que dispersan las partículas ya que no existe barrera física ni biológica que las proteja, seguida de la formación casi inmediata de la escorrentía y el posterior arrastre de sedimentos fértiles fuera de la cuenca, aunque es posible que en las zonas bajas se encuentren elementos como piedras, heces y vegetación que pueden incrementar la rugosidad del suelo y con ello disminuir la velocidad del escurrimiento superficial.

Cuadro 5. Cobertura media superficial del suelo absoluta y relativa (cm, %) en el zacatal de *Bouteloua gracilis* de las cuatro unidades de producción (n=veinte líneas Canfield de 500 cm).**Table 5. Average of absolute and relative soil surface cover (cm, %) in *Bouteloua gracilis* grassland of the four production units (n = twenty 500 cm Canfield lines).**

UP	Cobertura									
	Suelo desnudo		Mantillo		Vegetación		Piedras		Heces	
	A	R	A	R	A	R	A	R	A	R
	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%	cm	%
EPE	92.7	18.5	64.5	12.9	335.6	67.1	6.5	1.3	0.6	0.1
ET	164.4	32.9	41.5	8.3	275.1	55.0	11.7	2.3	7.1	1.4
LG	157.8	31.6	50.6	10.1	276.3	55.3	12.6	2.5	2.8	0.5
EPP	104.3	21.0	63.5	12.7	321.8	64.4	3.1	0.6	7.3	1.5

A = absoluta; R = relativa. EPE = El Palmar Excluido; ET = El Tepetate; LG = Los Garza; EPP = El Palmar Pastoreado.

A = absolute; R = relative. EPE = El Palmar Excluded; ET = El Tepetate; LG = Los Garza; EPP = El Palmar Grazed.

En cuanto a la cobertura actual del suelo en las cuatro UP estudiadas, las proporciones medias de suelo cubierto por vegetación de este estudio fueron superiores a 55 puntos, las cuales pueden considerarse buenas y con menor grado de riesgo a erosión y desertificación en el corto plazo, pues resultaron superiores a las registradas con igual tamaño de muestra (cinco líneas Canfield de 500 cm por *transecto de 100 m) por Lara *et al.* (2016), en un estudio en tres sitios de agostadero con buena, regular y pobre condición visual del rancho Laguna Seca, Charcas, SLP (con 47, 44 y 42 puntos porcentuales), así como las del ejido Francisco I. Madero Charcas, SLP (con 12, 14 y 12 puntos porcentuales respectivamente). Por otra parte, también superan al 47% de cobertura de suelo de un sitio de vegetación identificado como matorral desértico micrófilo con muchos izotes y al 28% de otro sitio de vegetación identificado como matorral desértico micrófilo con pocos izotes, registrados por Aguirre-Rivera *et al.* (2020) en las parcelas ganaderas del ejido El Castañón, Catorce, SLP, el cual es un ejido administrado desde hace 25 años nuevamente como propiedad privada; por su parte, el porcentaje de suelo cubierto con vegetación de ET fue similar al 54% registrado en seis parcelas de un sitio de vegetación denominado ecotono entre el matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo, del mismo estudio en Castañón, sólo que a diferencia de ET que al parecer está en deterioro, el sitio de agostadero del Castañón parece encontrarse en recuperación tras 25 años de manejarse como pequeña propiedad.

Análisis Multivariable de las Variables Evaluadas

El módulo DECORANA del programa PC-ORD v 7.0 (McCune y Mefford, 2018), utilizado para la ordenación de las 16 variables estudiadas indicó que sólo los primeros dos ejes proporcionaron información significativa para la interpretación con un valor de varianza acumulada de 0.5981 (Figura 5). Así, en el eje 1 se observó un primer gradiente correspondiente a la condición de agostadero de buena a regular, con la biomasa y densidad de especies forrajeras deseables en el extremo izquierdo asociadas a la buena condición del agostadero; en tanto que en el extremo derecho y como indicadores de peor condición, se presenta la biomasa de especies

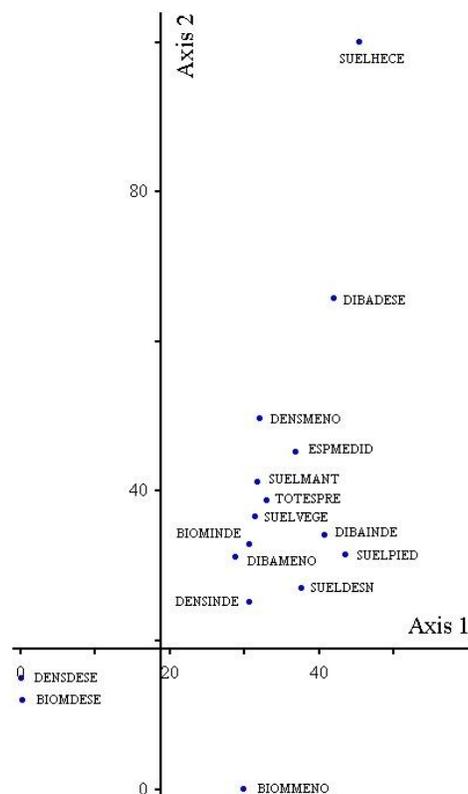


Figura 5. Ordenación bidimensional de las variables evaluadas en el estudio.
Figure 5. Bi-dimensional ordering of the variables evaluated in the study.

forrajeras indeseables y menos deseables, la proporción de suelo cubierto con piedras y la proporción de suelo desnudo. En el eje 2 por su parte, se puede inferir un gradiente correspondiente a la intensidad de pastoreo que va de pesada a ligera; así, en la parte inferior se tuvo la mayor carga animal con la presencia de las variables correspondientes a la biomasa de especies forrajeras menos deseables, la proporción de suelo desnudo, la densidad de especies indeseables, la densidad de especies forrajeras menos deseables y la proporción de suelo cubierto con piedras; por su parte, en la parte superior se registró la menor cobertura de heces en el suelo y el diámetro basal de especies forrajeras deseables, variables que indican menor carga animal y por ende menor intensidad y frecuencia de defoliación. Dichos gradientes encontrados en la ordenación de las variables y transectos de nuestro estudio, coinciden con el comportamiento de los gradientes derivados de la ordenación de variables realizadas por Aguirre-Rivera *et al.* (2020) y Aguirre-Rivera, Negrete y Castro (2023), de sus trabajos de investigación realizados primero en parcelas seleccionadas del ejido El Castañón y Anexos, Catorce, San Luis Potosí, para determinar el efecto de la parcelación de los agostaderos comunales, en sus parcelas ganaderas administradas de forma privada entre 1993 y 2013, y luego en la implementación de una propuesta actualizada para evaluar agostaderos de tres ranchos privados de zonas áridas del altiplano potosino-zacatecano.

Asimismo, mediante el módulo TWINSPAM se realizó la clasificación de los 16 transectos evaluados los cuales formaron seis grupos de entre uno y hasta cuatro transectos (Figura 6). La variable que generó la dicotomía en el *primer nivel* de clasificación fue la proporción de suelo cubierto con heces, la cual separó a los grupos 1 (tres transectos) de los grupos 2, 3, 4, 5 y 6 (13 transectos). El grupo 1 se conformó por los transectos 2, 3 y 4 de EPE en condición de agostadero excelente, sin carga animal, ni intensidad, ni frecuencia de pastoreo al encontrarse excluidos de ganado. En el *segundo nivel* de clasificación las variables indicadoras de una nueva partición fueron el diámetro basal de las especies forrajeras deseables y el número total de especies de plantas presentes que ocasionaron que los grupos 2, 3 y 4 se separaran de los grupos 5 y 6; en el primero se incluyeron los transectos 1, 2, 3 y 4 de EPP, el 1 de EPE y el 2 de ET con condición de agostadero buena, con base en los diámetros de sus especies forrajeras deseables y la mayor diversidad de plantas presentes; por su parte en el segundo grupo quedaron los transectos 1, 2, 3 y 4 de LG, y 1, 3 y 4 de ET, debido posiblemente a su peor condición de agostadero. Posteriormente en el *tercer nivel* de clasificación los grupos 2 y 3 que incluyó a los

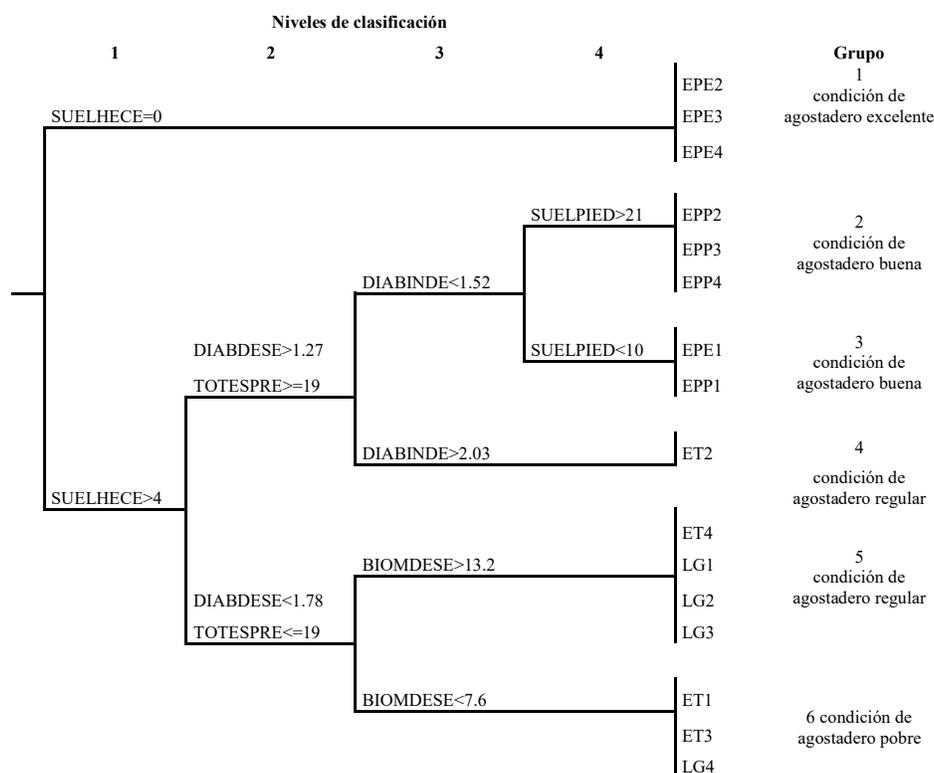


Figura 6. Clasificación de los transectos evaluados en las cuatro unidades de producción.
Figure 6. Classification of the transects evaluated in the four-production unit.

transectos 1, 2, 3 y 4 de EPP y el 1 de EPE se separaron del grupo 4 conformado sólo por el transecto 2 de ET debido a la variable indicadora correspondiente al diámetro basal de especies forrajeras indeseables, por lo que la diferencia se originó en la condición de agostadero buena de los grupos 2 y 3, respecto a la condición de agostadero regular del grupo 4; en este mismo nivel de clasificación también se dividieron los grupos 5 y 6 todos ellos correspondientes tanto al rancho pastoreado por ovinos durante más de 60 años y como al ejido con pastoreo comunal irrestricto, divididos por la variable indicadora correspondiente a la biomasa de especies deseables, por lo que la diferencia entre ellos, correspondió a la condición de agostadero regular del grupo 5 respecto a la condición de agostadero pobre de los tres transectos que conformaron el grupo 6. Por último, en el *cuarto nivel* de clasificación la variable indicadora correspondiente a la proporción de suelo cubierto con piedras separó a los grupos 2 y 3, el primero incluyó a los transectos 2, 3 y 4 de EPP, mientras el otro a los transectos 1 de EPE y el 1 de EPP, la diferencia fue posiblemente la condición de agostadero buena a excelente de los transectos del grupo 2, respecto a la condición de agostadero buena de los transectos del grupo 3. La formación de los grupos derivados de la clasificación coincide con el comportamiento en la conformación de grupos registrada en la investigación realizada en los agostaderos de tres ranchos privados productores de bovinos para carne en el altiplano potosino-zacatecano por Aguirre-Rivera *et al.* (2023) en su propuesta para la implementación de una nueva metodología para evaluar agostaderos de matorrales semiáridos.

CONCLUSIONES

La composición botánica de cada unidad de producción que de origen fue idéntica ya es actualmente diferente en función del sistema de aprovechamiento individual al que el mismo sitio de agostadero compartido ha sido sometido, diversas plantas ya no existen en el Tepetate (*Aristida adscencionis*, *A. divaricata*, *Elymus elymoides*), ni en Los Garza (*Elymus elymoides*, *Timophylla pentachaeta*, *Zinnia acerosa*), principalmente por su baja tolerancia a la frecuencia e intensidad de defoliación a la que han estado expuestas. Por otra parte, el efecto de la exclusión y del aprovechamiento racional de los agostaderos en EPE y EPP fue notorio en la densidad, producción de biomasa volumétrica instantánea y diámetro basal de las especies forrajeras, por lo que registran condiciones de agostadero buena y excelente. Por su parte en El Tepetate y Los Garza, el tamaño promedio de las secciones transversales al pie indican la disminución del vigor de sus plantas forrajeras deseables aún presentes (*Bouteloua gracilis*, *B. scorpyoides*), lo que sugiere que en el mediano plazo la mayoría de esas plantas también desaparecerán, con el incremento de especies invasoras que empeorarán la condición de sus agostaderos, que ya presentan menor cobertura de suelo con vegetación y la mayor proporción de suelo desnudo lo que les confieren un grado de riesgo a erosión más alto y por consecuencia de futura desertificación. Se reconoce que la ganadería de las zonas áridas y semiáridas del altiplano mexicano, sin un enfoque sustentable, de por sí ya complicada por la variabilidad climática, puede irremediablemente llevar a la erosión del 40% del territorio nacional y finalmente a su desertificación.

DECLARACIÓN DE ÉTICA

No aplicable.

CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los conjuntos de datos utilizados o analizados durante el estudio actual están disponibles del autor correspondiente a solicitud razonable.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia.

FINANCIACIÓN

No aplicable.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: L.O.N.S y R.C.R. Metodología: L.O.N.S, G.A.F. y J.C.G.L. Software: G.A.F. y L.O.N.S. Validación: H.A.L.R., J.A.R.H. y L.O.N.S. Análisis formal: G.A.F., J.C.G.L. y L.O.N.S. Investigación: A.Q.D.P., J.A.R.H. y L.O.N.S. Recursos: L.O.N.S. Curación de datos: J.A.R.H, G.A.F. y J.C.G.L. Escritura, preparación del borrador original: L.O.N.S. Escritura, revisión y edición: H.A.L.R. y R.C.R. Visualización: L.O.N.S. Supervisión: L.O.N.S. Administración del proyecto: L.O.N.S. Adquisición de fondos: L.O.N.S.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la Beca otorgada para manutención a la autora principal para sus estudios de Maestría. Al Programa para el Desarrollo del Profesorado folio UASLP-PTC-655, otorgado al autor de correspondencia. Al Ing., Benjamín de la Rosa Chávez y su familia por su apoyo y las facilidades prestadas para la realización de la investigación. Al cuerpo editorial y árbitros de Terra Latinoamericana por su esfuerzo y rigor propositivo en el tratamiento de la versión original.

LITERATURA CITADA

- Abate, T., Ebro, A., & Nigatu, L. (2012). Evaluación de la vegetación leñosa en los pastizales del sudeste de Etiopía. *Revista Internacional de Investigación sobre Ciencias Agrícolas y Ciencias del Suelo*, 2(3), 113-126.
- Aguirre-Rivera, J. R., Negrete-Sánchez, L. O., & Castro-Rivera, R. (2020). Efectos de 20 años de la parcelación sobre la condición del agostadero comunal de un ejido mexicano. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 52(2), 189-203.
- Aguirre-Rivera, J. R., Negrete-Sánchez, L. O., & Castro-Rivera, R. (2023). Traditional and update evaluation of the rangeland site and condition in the semiarid scrub of high plateau. *Agrociencia*, 57(3), 589-604. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i3.2620>
- Aldrete, M. E., & Aguirre, R. J. R. (1982). Diferenciación de sitios y condición de agostaderos del noreste del estado de Zacatecas. *Revista Chapingo*, 35(36), 53-58.
- Bolaños, M. A., & Aguirre, R. J. R. (2000). Evaluación preliminar de los agostaderos forestales del occidente del Estado de México. *Acta Científica Potosina*, 15(2), 74-97.
- Briske, D. D., Fuhlendorf, S. D., & Smeins, F. E. (2005). State and transition models, thresholds, and rangeland health: a synthesis of ecological concepts and perspectives. *Rangeland Ecology and Management*, 58(1), 1-10. [https://doi.org/10.2111/1551-5028\(2005\)58<1:SMTARH>2.0.CO;2](https://doi.org/10.2111/1551-5028(2005)58<1:SMTARH>2.0.CO;2)
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 39(4), 388-394. <https://doi.org/10.1093/jof/39.4.388>
- COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero). (1982). *Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de San Luis Potosí*. Distrito Federal, México: Secretaría de Agricultura y Ganadería.
- Cottam, G., & Curtis, J. T. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451-460. <https://doi.org/10.2307/1930167>
- Dyksterhuis, E. J. (1949). Condition and management of rangeland based on quantitative ecology. *Journal of Range Management*, 2, 104-115. <https://doi.org/10.2307/3893680>
- ESRI (2011). *ArcGis User's Guide. Released 10.1*. Redlands, CA, USA: Environmental Systems Research Institute.
- Flores, J. L., & Yeaton, H. R. I. (2000). La importancia de la competencia en la organización de comunidades vegetales en el altiplano mexicano. *Interciencia*, 25(8), 365-371.
- Hacker, R. B. (1974). Algunos conceptos sobre la gestión de los pastizales. *Journal of the Department of Agriculture, Western Australia*, 15(3), 76-80.
- Heady, H. F., & Child, D. R. (1994). *Rangeland ecology and management*. New York, USA: Westview Press. ISBN: 0813320526
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., & Herbel, C. H. (2011). *Range management, principles and practices*. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall.
- Humphrey, R. R. (1949). Field comments on the range condition method of forage survey. *Journal of Range Management*, 2(1), 1-10. <https://doi.org/10.2307/3893827>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Cartas físicas temáticas. Temas: geológica, hidrología superficial, hidrología subterránea, edafológica, climatológica y vegetación y uso actual*. San Luis Potosí, México: INEGI.
- Lara-Juárez, P., Castillo-Lara, P., Tristán-Patiño, F. D. M., Rendón-Huerta, J. A., & Aguirre-Rivera, J. R. (2016). Efectos del sitio y la condición de agostadero en la densidad de hormigueros de escamoles (*Liometopum apiculatum* Mayr). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 22(3), 285-302. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.04.016>
- McCune, B., & Mefford, M. J. (2018). *PC-ORD Multivariate analysis of ecological data, User's Guide Version 7*. Gleneden Beach, Oregon, USA: MiM Software.
- Negrete-Sánchez, L. O., Aguirre-Rivera, J. R., Pinos-Rodríguez, J. M., & Reyes-Hernández, H. (2016). Beneficio de la parcelación de los agostaderos comunales del ejido "El Castañón", municipio Catorce, San Luis Potosí: 1993-2013. *Agrociencia*, 50(4), 511-532.
- Parker, K. W. (1951). *Un método para medir la tendencia de la condición en agostaderos de los bosques nacionales*. Washington, DC, USA: USDA.

- PHINA (Padrón e Historial de Núcleos Agrarios). (2024). Historial de Núcleos Agrarios. Consultado el 4 de marzo, 2024, desde <https://phina.ran.gob.mx/index.php>
- Reid, R. S., Fernández-Giménez, M. E., & Galvin, K. A. (2014). Dynamics and resilience of rangelands and pastoral peoples around the globe. *Annual Review of Environment and Resources*, 39(1), 217-242. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-020713-163329>
- Schlesinger, W. (1996). Reflections on a Century of Rangeland. En J. R. Barrow, E. D. McArthur, R. E. Sosebee, & R. J. Tausch (Comp.). *Proceedings, Shrubland Ecosystem Dynamics in a Changing Environment* (pp. 10-16). Las Cruces, NM, USA: USDA.
- Smith, E. L. (2003). Evaluation of the Range Condition Concept. *Rangelands*, 25(2), 3-6. https://dx.doi.org/10.2458/azu_rangelands_v25i2_smith
- SAS Institute. (1999). *SAS/STAT User guide. Release 8.0*. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.
- Torres-Acosta, J. F. D. J., Alonso-Díaz, M. Á., Hoste, H., Sandoval-Castro, C. A., & Aguilar-Caballero, A. J. (2008). Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 83-90.
- Tukey, J. W. (1949). Comparing individual means in the analysis of variance. *Biometrics*, 5, 99-114.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2013). *Interagency Ecological Site*. Washington, D.C., USA: USDA
- Vallentine, J. P. (2000). *Grazing management* (2nd ed.). San diego, CA, USA: Academic Press. ISBN: 0127100016