

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE Y CARACTERIZACIÓN DEL NIDO DEL GORRIÓN DE WORTHEN (*Spizella wortheni*) EN UN PASTIZAL DEL NORESTE DE MÉXICO

Tesis

Que presenta ELISEO BERNABEL SUÁREZ HERNÁNDEZ

como requisito parcial para obtener el Grado de
DOCTOR EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

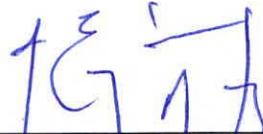
Torreón, Coahuila

Junio 2024

EFFECTOS DE LA EXCLUSIÓN DEL PASTOREO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DEL FORRAJE Y CARACTERIZACIÓN DEL NIDO DEL GORRIÓN DE WORTHEN (*Spizella wortheni*) EN UN PASTIZAL DEL NORESTE DE MÉXICO

Tesis

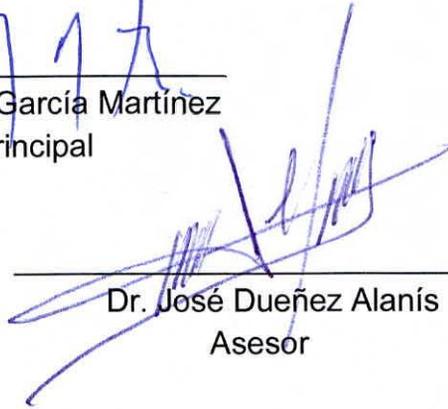
Elaborada por ELISEO BERNABEL SUÁREZ HERNÁNDEZ como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. José Eduardo García Martínez
Asesor Principal



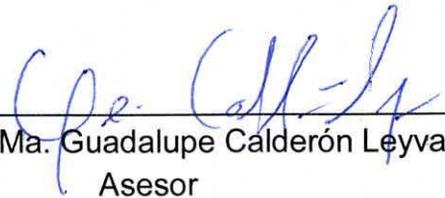
Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque
Asesor



Dr. José Dueñez Alanís
Asesor



Dr. Jesús Mellado Bosque
Asesor



Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva
Asesor



Dra. Dalia Ivette Carrillo Moreno
Jefe del Departamento de Postgrado



Dr. Antonio Flores Naveda
Subdirector de Postgrado

Agradecimientos

A Dios por todas las bendiciones y por darme otra oportunidad de continuar superándome y por culminar satisfactoriamente un sueño más.

A mi Esposa por todo el apoyo incondicional, gracias por ser mi fuerza e inspiración.

A mis padres y hermanos, por la comprensión y el apoyo brindado

Al Consejo Nacional de humanidades Ciencias y Tecnologías, por la ayuda financiera para cursar los estudios de postgrado.

A la UAAAN y al programa de Postgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria por haberme permitido cumplir una meta más y por todas las viabilidades otorgadas, durante mis estudios de Doctorado.

Al comité de asesoría: Dr. José Eduardo García Martínez, Dr. Miguel Mellado Bosque, Ma. Guadalupe Calderón Leyva, Jesús Mellado Bosque y Dr. José Dueñez Alanís, por el asesoramiento, el tiempo, consejos y por sus valiosas recomendaciones transmitidas que fueron fundamentales para culminar esta etapa.

A la MC. Laura Maricela Lara López por su gran apoyo en los análisis de laboratorio y por todos los consejos que han ayudado a ser una mejor persona.

Al personal de PROFAUNA y estudiantes de la UAAAN que apoyaron en la recolección de datos en campo y a todos aquellos que de una u otra manera me apoyaron para culminar este proyecto.

Dedicatoria

Dedicado a:

Yesenia Ángel mi esposa, por su comprensión, paciencia, apoyo incondicional y todo su amor y esfuerzo para lograr una meta más en mi vida profesional.

Elisa Suárez, mi hija, que me alegra cada instante de mi vida con su bella sonrisa, y porque es mi todo, que me alienta a seguir adelante.

CERTIFICADO DE ACEPTACIÓN Y ENVÍO DE ARTÍCULO

Artículo No. 1 Aceptado

[Animals] Manuscript ID: animals-2963685 - Accepted for Publication

Animals Editorial Office <animals@mdpi.com>

Mar 16/04/2024 03:14 AM

Para: José E. García <edugarmartz@gmail.com>

CC: E. B. Suarez Hernandez <cheo_suarez_01@hotmail.com>; M. Mellado <melladomiguel07@gmail.com>; M. Luna <marco.lunareyes@hotmail.com>; E.A. Lozano <alexlozano00@hotmail.com>; G. Calderon-Leyva <gcalderon06@hotmail.com>; Y. Angel García <yesangar@hotmail.com>; O. Angel <oscar.angel@uaaan.edu.mx>; M.L. Medina <mmedina@gmail.com>; Animals Editorial Office <animals@mdpi.com>; Annie Ji <annie.ji@mdpi.com>

Dear Dr. García,

Congratulations on the acceptance of your manuscript, and thank you for submitting your work to Animals:

Manuscript ID: animals-2963685

Type of manuscript: Communication

Title: Characterization of the worthen sparrow (*spizella wortheni*) nest building materials in northeastern Mexico

Authors: E. B. Suarez Hernandez, M. Mellado, M. Luna, E.A. Lozano, G. Calderon-Leyva, Y. Angel García, O. Angel, M.L. Medina, José E. García *

Received: 29 Mar 2024

E-mails: cheo_suarez_01@hotmail.com, melladomiguel07@gmail.com, marco.lunareyes@hotmail.com, alexlozano00@hotmail.com, gcalderon06@hotmail.com, yesangar@hotmail.com, oscar.angel@uaaan.edu.mx, mmedina@gmail.com, edugarmartz@gmail.com

Ecology and Conservation

https://www.mdpi.com/journal/animals/sections/Ecology_Consevation

https://susy.mdpi.com/user/manuscripts/review_info/7acd5d153e18d784ff91417bd8b0c803

We will now edit and finalize your paper, which will then be returned to you for your approval. Within the next couple of days, an invoice concerning the article processing charge (APC) for publication in this open access journal will be sent by email from the Editorial Office in Basel, Switzerland.

If, however, extensive English edits are required to your manuscript, we will need to return the paper requesting improvements throughout.

We encourage you to set up your profile at SciProfiles.com, MDPI's researcher network platform. Articles you publish with MDPI will be linked to your SciProfiles page, where colleagues and peers will be able to see all of your publications, citations, as well as other academic contributions.

We also invite you to contribute to Encyclopedia (<https://encyclopedia.pub>), a scholarly platform providing accurate information about the latest research results. You can adapt parts of your paper to provide valuable reference information, via Encyclopedia, for others both within the field and beyond.

Artículo No. 2 Enviado

Fwd: [NS] Submission Acknowledgement

Eduardo García <edugarmartz@gmail.com>

Vie 17/05/2024 10:11 PM

Para: ELISEO SUAREZ HERNANDEZ <cheo_suarez_01@hotmail.com>

CC: Guadalupe Calderón <gcalderon06@hotmail.com>

Enviado desde mi iPhone

Inicio del mensaje reenviado:

De: nova_scientia@delasalle.edu.mx

Fecha: 17 de mayo de 2024, 5:30:44 p.m. GMT-6

Para: José Eduardo García <edugarmartz@gmail.com>

Asunto: [NS] Submission Acknowledgement

Responder-Para: Christian Saúl Hernández Pérez <nova_scientia@lasallebajio.edu.mx>

José Eduardo García:

Thank you for submitting the manuscript, "Effect of grazing exclusion for three years on forage yield and quality in a grassland in southeastern Coahuila, Mexico" to Nova Scientia. With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Submission URL:

<https://novascientia.lasallebajio.edu.mx/ojs/index.php/Nova/authorDashboard/submission/3556>

Username: edugarmartz

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Christian Saúl Hernández Pérez

Nova Scientia

Equipo Editorial

ÍNDICE GENERAL

Resumen	viii
Abstract	ix
INTRODUCCIÓN	1
Hipótesis	2
REVISIÓN DE LITERATURA	3
Los Pastizales en México y Coahuila	3
Características de los Agostaderos del Norte de México	4
Importancia de las Especies Forrajeras Nativas	5
Producción y Calidad Nutricional	6
Factores que Afectan la Calidad del Pastizal	7
Fertilización y Clima	8
Longevidad de la Planta	8
Especie Forrajera	9
Sobrepastoreo	9
Exclusión del Pastoreo	10
Relevancia de las Aves de Pastizal	12
El Gorrión de Worthen en los Pastizales de Coahuila	13
Características del Hábitat del Gorrión de Worthen	15
Acciones de Conservación del Gorrión de Worthen	17
ARTÍCULO 1.	18
ARTÍCULO 2.	28
CONCLUSIÓN GENERAL	41
LITERATURA CITADA	42

Resumen

Efectos de la exclusión del pastoreo sobre la producción y calidad del forraje y caracterización del nido del gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en un pastizal del noreste de México

Eliseo Bernabel Suárez Hernández

Para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. José Eduardo García Martínez

Director de tesis

Los ecosistemas pastizales han sido pocos estudiados y conservados donde la ganadería y fauna silvestre están estrechamente relacionados, el primer estudio evalúa los efectos del pastoreo excluido por 3 años en la producción y calidad del forraje, el segundo estudio caracteriza los materiales de construcción del nido de (*Spizella wortheni*), en un pastizal mediano abierto del noreste de México. Se analizaron porcentajes de proteína cruda (PB), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FND), biomasa en (kg de MS ha⁻¹), peso y materiales presentes por nido. Las variables fueron analizadas con el procedimiento GLM del SAS. Los resultados del primer estudio revelan diferencias significativas para Producción de biomasa (P<0.001) y proteína (PB) (P<0.05) entre estaciones y tratamientos (exclusión y pastoreo). En áreas de exclusión, la máxima producción (801.7 ± 86.7 kg de MS ha⁻¹) ocurrió en otoño (P<0.05) y la menor (220.6 ± 86.8 kg de MS ha⁻¹) en primavera (P< 0,05), sin embargo, en verano los sitios de pastoreo y de exclusión mostraron mejores niveles de PB (9.9 ±.3 y 9.8 ±.3%) respectivamente). Para FND y FDA difirieron entre temporadas (P<0.05) pero no entre tratamientos (P>0.5). Para el estudio 2, No hubo diferencia significativa (P>0.05) en el peso del nido entre años y (*Muhlenbergia torreyi*) representó el 85.5% de la biomasa total de los nidos. Se concluye que los pastizales de la zona han disminuido la productividad y calidad por el efecto del pastoreo y (*Muhlenbergia torreyi*) representa el material clave para la construcción del nido del gorrión Worthen.

Palabras claves: Exclusión, Calidad del forraje, Pastizales, *Spizella wortheni*, Estructura del nido.

Abstract

Effects of the exclusion of grazing on the production and quality of the fodder and characterization of the Worthen's sparrow nest (*Spizella Wortheni*) in a northeastern grassland in Mexico

Eliseo Bernabel Suárez Hernández

To obtain the degree of Doctor en Ciencias en Producción Agropecuaria

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. José Eduardo García Martínez

Thesis Director

The grassland ecosystems have been far to low studied and preserved where cattle raising and wild fauna are closely related, the first study evaluates the effects of grazing excluded for 3 years on the production and fodder quality, the second study characterizes the construction materials of the nest (*Spizella Wortheni*), in a medium open grassland of the Northeast of Mexico. They were analyzed percentages of raw protein (PB), acid detergent fiber (FDA), neutral detergent fiber (FND), biomass in (kg of ms ha⁻¹), weight and materials present by nest. The variables were analyzed with the SAS GLM procedure. The results of the first study reveal significant differences for biomass production ($p < 0.001$) and protein (PB) ($p < 0.05$) between stations and treatments (exclusion and grazing). In areas of exclusion, the maximum production (801.7 ± 86.7 kg of MS Ha⁻¹) occurred in autumn ($p < 0.05$) and the minor (220.6 ± 86.8 kg of ms ha⁻¹) in spring ($p < 0.05$), however, in summer the grazing and exclusion sites showed better levels of PB ($9.9 \pm .3$ and $9.8 \pm .3\%$) respectively). For FND and FDA they differ between seasons ($p < 0.05$) but not between treatments ($p > 0.5$). For study 2, there was no significant difference ($p > 0.05$) in the weight of the nest between years and (*Mulenbergia Torreyi*) represented 85.5% of the total biomass of the nests. It is concluded that the grasslands of the area have decreased productivity and quality due to the effect of grazing and (*Muhlenbergia Torreyi*) represents the key material for the construction of the Worthen's sparrow nest.

Keywords: Exclusion, Fodder quality, Grasslands, *Spizella Wortheni*, Nest structure.

INTRODUCCIÓN

Los pastizales son una parte vital de los ecosistemas del mundo y ocupan más del 25 % de la extensión terrestre (Newman, 2000; Loveland, 2000), en estos ecosistemas emerge la ganadería que se caracteriza por utilizar el forraje que se encuentra en los pastizales para nutrir al ganado bajo condiciones extensivas (González y Ávila, 2010). La rica biodiversidad de comunidades de plantas presentes en el norte de México es utilizada para la alimentación de animales de pastoreo y vida silvestre (Chávez *et al.*, 2000), aunque la vegetación de estas zonas puede tener mucha resistencia a condiciones adversas, no están exentas al mal manejo (Molina–Guerra *et al.*, 2013) como el pastoreo a largo plazo que da como resultado el detrimento tanto de la cantidad como el valor forrajero de especies nativas, ocasionando que disminuya la cobertura vegetal (Eviner, 2003; González *et al.*, 2004). Así como también un fuerte declive de las poblaciones de aves del pastizal, entre ellos el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) debido a la pérdida y degradación del hábitat (Askins *et al.*, 2007). Como especie endémica de la Altiplanicie mexicana está ligada a pastizales naturales y matorrales (De León *et al.*, 2007; Scott *et al.*, 2008; BirdLife International, 2019). De acuerdo con Simmons *et al.* (2007), partes de los ecosistemas de pastizales se han degenerado y han desaparecido en gran medida.

El pastoreo afecta a las comunidades de plantas de manera diferente dependiendo de factores que incluyen cambios ambientales, tipos de ecosistemas, magnitud e historial pastoril y la clase/tamaño del herbívoro (Fernández-Lugo, 2012). Una estrategia para optimizar las cualidades ecológicas en pastizales es por medio de restauración en la vegetación natural (Zhang *et al.*, 2006) y esto se puede lograr a través de la exclusión del pastoreo, se ha sugerido por ser un método simple y eficaz para restaurar y conservar la productividad de la vegetación en pastizales degradados (El-Keblawy *et al.*, 2009; Rutherford y Powrie, 2010), también es uno de los primordiales métodos empleados en el mundo para optimizar las condiciones de las tierras de agostadero (Wu *et al.*, 2009) se trata de una de las formas más efectivas de estudiar los impactos que los herbívoros ejercen hacia la vegetación (Wesche *et al.*, 2010; Collard *et al.*, 2010).

Por lo tanto, estudiar los efectos de las prácticas de restauración es importante para desarrollar de forma sostenible la recuperación de las plantas y generar estrategias de manejo (Wang *et al.*, 2019). De esta manera se puede proteger y recuperar las zonas de refugio y anidación del gorrión de Worthen (De León *et al.*, 2007). La calidad del hábitat donde se construye el nido es uno de los factores que contribuyen o no al éxito reproductivo de las aves, ya que los recursos alimentarios se pueden encontrar en mayor abundancia y calidad en un hábitat que en otro (Wittenberger, 1980; Jones, 2001).

Por consiguiente, hay reportes contradictorios en relación con la afinidad entre la conservación y el pastoreo, descubriendo investigaciones que sugieren que el pastoreo es la única forma de proteger los ecosistemas mientras otras investigaciones proponen la eliminación del pastoreo para fomentar la preservación de las comunidades de plantas (Fernández-Lugo, 2012). A pesar de la extensa historia de uso de la tierra para la producción ganadera en el norte de México, poco se conoce sobre los impactos que puede provocar el pastoreo sobre estos ecosistemas y con respecto a los materiales de construcción que utilizan los gorriones para su anidación. Debido a lo anterior, el objetivo de este proyecto fue evaluar los efectos de la exclusión del pastoreo sobre la producción y calidad del forraje, además de caracterizar los materiales utilizados por los gorriones de Worthen (*Spizella wortheni*) en la construcción de sus nidos en un pastizal del noreste de México.

Hipótesis

La exclusión del pastoreo favorecerá la recuperación del pastizal incrementando la producción y calidad de los forrajes del Noreste de México.

Los materiales de construcción que utiliza (*Spizella wortheni*) consta de gramíneas con tallos poco lignificados y por lo tanto moldeables para la fabricación de los nidos.

REVISIÓN DE LITERATURA

Los Pastizales en México y Coahuila

Se localizan en zonas entre los 1,100 y 2,500 msnm o menores con clima semiárido a templado distribuidos ampliamente en los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Zacatecas, Jalisco y San Luis Potosí y abarcan alrededor del 6.1% que equivale a 118, 320 km² del territorio nacional (CONABIO, 2020), la temperatura media anual es de 12 a 20 °C y la precipitación anual de 300 a 600 mm, gran parte de ella se produce durante el verano entre junio a septiembre (Rzedowski, 2006). Los pastizales se desarrollan en valles con suelos de profundidad media y en laderas con poca pendiente (Rzedowski, 1975).

En Coahuila, los pastizales se encuentran en fracciones aisladas que cambian de tamaño a lo largo del estado (Villarreal y Valdés, 1992-93). Conforme al programa de ordenamiento ecológico, los pastizales cubren el 6.18 % del territorio estatal (ICE, 2001) incluyen pastizal natural, halófilo y gipsofilo (Rzedowski, 2006). Se presentan ligados a otros tipos de comunidades vegetales, principalmente con matorral xerófilo, por tanto, las especies son diferentes dominando las herbáceas sobre varias especies de pastos, arbustivas y árboles desarrollados aisladamente (Encina-Dominguez *et al.*, 2014).

Muller (1947), describe manchones extensos de pastizales en Coahuila, especialmente en las montañas de la zona noroeste, que incluyen en las partes bajas pastizales de navajita azul (*Bouteloua gracilis*), z. banderita (*B. curtipendula*), z. popotillo (*Andropogon saccharoides*), z. lobero (*Lycurus phleoides*), z. agujilla (*Stipa eminens*), z. glauca (*Aristida glauca*), z. búfalo (*Buchloe dactyloides*) y z. aparejo (*Muhlenbergia monticola*).

Vásquez (1973), señala al Rancho Experimental Los Ángeles, ubicada a 32 km al sur de Saltillo como la mejor área conservada de pastizales del estado de Coahuila, donde el tipo de vegetación dominante es el Pastizal Mediano Abierto y las especies de mayor presencia son del género *Bouteloua*, *Aristida* y *Muhlenbergia*.

Características de los Agostaderos del Norte de México

Los términos pastizales o agostaderos se utilizan comúnmente en el norte de México para referirse aquellas tierras destinadas al pastoreo donde desatacan las especies nativas o inducidas, que pueden abarcar diversas comunidades vegetales como vegetación ribereña, matorrales, hasta bosques (Fierro, 2001).

Los servicios ambientales que destacan estas áreas son: la regulación del clima, polinización, purificación del aire, captura de carbono, recarga de mantos acuíferos y como fuentes alimenticias para humanos y animales (CONABIO, 2020). Estos ecosistemas comúnmente suelen presentarse como pastizales abiertos intercalados con arbustos xerófilos y suculentos, son propensos a fragmentación del hábitat y es usual encontrar gran diversidad de plantas y animales (Dinerstein *et al.*, 2000; Nature Serve, 2004).

Los factores edafoclimáticos del agostadero (clima, topografía y suelo) determinan el tipo de vegetación y la productividad de un área particular, por ejemplo, las plantas de una determinada área están adaptadas a los regímenes de lluvia del lugar cuando éstos cambian se producen efectos importantes en la producción de forraje (López, 2005).

Con relación al viento y la temperatura, éste tiene como efecto reducir la cantidad de agua disponible para las plantas porque incrementa las pérdidas de humedad de agua por evaporación y además, aumenta la transpiración de las plantas (López, 2005; Mercado, 2006) por lo que en lugares altos la temperatura suele ser tan importante como la humedad para la producción de forraje, las bajas temperaturas también afectan la productividad disminuyendo el crecimiento de las especies, y en casos de heladas, toda el área foliar de la planta puede destruirse (Körner, 2003).

De la topografía del terreno son importantes la pendiente ya que tiene influencia en su aprovechamiento por dos razones principales: por un lado, afecta la productividad vegetal

ya que una mayor pendiente reduce la porción de agua absorbida por el suelo, mientras que las pendientes muy pronunciadas dificultan el andar de los animales (López, 2005).

Dado un clima determinado, el suelo es otro factor importante que determina la productividad vegetal de un agostadero, las propiedades del suelo que afectan dicha productividad son: la textura, la estructura, la profundidad, el pH, la materia orgánica y la fertilidad (Holechek *et al.*, 1995; López, 2005).

Debido al pastoreo continuo que se presentan en los agostaderos, la existencia de forrajes es escasa, lo que implica que los animales gasten mucha energía en desplazarse, aunado al corto periodo destinado al pastoreo, que impide satisfacer sus necesidades nutricionales (Devendra y McLeroy, 1986).

Importancia de las Especies Forrajeras Nativas

La vegetación forrajera nativa juega un papel fundamental en la nutrición animal, por su naturaleza versátil y amplia adaptabilidad al clima y el suelo (Quispe y Jiménez, 2014) empleándose en actividades de restauración ecológica (Rocha *et al.*, 1998; Valdés *et al.*, 2010). En los ecosistemas pastizales abunda la diversidad de plantas forrajeras que son de importancia económica para la producción pecuaria (Rzedowski, 1986).

En el manejo de los pastizales Huss *et al.* (1986), las clasifican como apetecibles, menos apetecibles y inapetecibles en función de la productividad de las especies, por ejemplo, adaptación por el ganado, contenido nutricional y tolerancia al pastoreo. Por otro lado, aunque algunas especies no se consideran deseables como alimento animal, pueden ser beneficiosas para otros fines como industriales, ornamentales y medicinales, o sencillamente como recursos naturales (Beltrán *et al.*, 2005).

México cuenta con mayor diversidad de géneros y especies de pastos forrajeros nativos que otros países de Norteamérica y que están adaptadas al pastoreo, sequía y bajas

temperaturas, en una amplia diversidad fisiográfica, por así mencionar a las *Boutelouas*, que consta de unas 60 especies, algunas endémicas de la región (Quero *et al.*, 2017).

En los pastizales de zonas semiáridas, los generos *Muhlenbergia*, *Bouteloa*, *Lycurus*, *Aristida*, *Setaria*, *Digitaria*, *Hilaria* y *Sporobolus*, son las principales especies forrajeras con mayor importancia (INIFAP, 2015). Se ha demostrado a las especies nativas que presentan mayor eficiencia comparado con las exóticas, además, de preservar el suelo contra la erosión (Alvarado *et al.*, 2013). El déficit de cubierta vegetal es uno de los principales problemas más impresionantes del deterioro de las tierras (Suárez, 2001) y de la ausencia en la productividad del sector ganadero (Vásquez *et al.*, 1999). Por tal motivo, es necesario estimular el desarrollo de vegetación protectora que mantenga la diversidad vegetal e incremente la fertilidad de los suelos (Batis *et al.*, 1999).

Una manera para incrementar la rentabilidad de los predios ganaderos es realizando la siembra de especies nativas mejoradas como por ejemplo *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* dado que aún senescentes poseen una excelente calidad forrajera en comparación con gramíneas de descendencia africana (INIFAP, 2015) estas especies son apetecibles y producen forraje para el ganado domestico de zonas del norte de México (Corrales *et al.*, 2016).

Producción y Calidad Nutricional

La calidad nutricional de las plantas forrajeras depende de varios factores como el tipo de especie, estructura, edad, clima, época de crecimiento, ubicación, suelo, sistema de pastoreo y complejos antinutricionales (Lyons *et al.*, 2000). La producción forrajera en los pastizales cada día es más vulnerable por diversas cuestiones como el pastoreo no planeado, invasión de plantas exóticas, sequias y expansión de tierras para cultivos (Gómez-Sánchez *et al.*, 2011; Encina-Domínguez *et al.*, 2014).

En términos generales los gramíneas introducidas producen más cantidad de biomasa en base a materia seca comparado con pastos nativos, aunque por otro lado los pastos

autóctonos son más apetecibles y tienen mejores valores nutricionales (INIFAP, 2015). Una herramienta útil para planear la utilización de los forrajes es a través del estudio del comportamiento de la producción y el valor del forraje a través de los años (Gray *et al.*, 1987).

En una investigación realizado por el INIFAP (2015), donde establecieron pastos nativos en parcelas temporales en varios municipios de la meseta Potosina encontraron rendimientos promedios de pastos Banderita de 1,850 y 980 kg de MS ha⁻¹ respectivamente en la etapa de floración, también mencionan que la mejor producción de los forrajes en general se presenta en esta etapa.

Jurado *et al.* (2006), evaluaron la aplicación de biosólidos en pastizales dominados por pastos navajitas en un pastizal semiárido de Jalisco, la producción de forraje obtenida para dicho pastizal fue de 572 kg MS ha⁻¹ año⁻¹, en relación a la calidad del forraje los valores para proteína cruda oscilaron entre un 6 a 8 %.

Factores que Afectan la Calidad del Pastizal

La calidad nutricional del forraje está íntimamente ligada con su digestibilidad y composición química que cambian significativamente entre especies forrajeras (Fox, 1995) estas variaciones o cambios en la composición química son a causa de factores como de la edad de la planta, especie, periodo de cosecha o pastoreo, así como también la parte de la planta (Adesogan *et al.*, 2000).

Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011), señalan a las épocas estacionales como factor importante que afecta el valor nutricional del forraje, especialmente durante la época de lluvias, esto se debe a mayor producción de forraje y al aumento del contenido de pared celular que reduce el porcentaje de proteína y digestibilidad.

Los factores que influyen en la calidad del forraje según Vargas (2020) son: fertilización y clima, longevidad de la planta y especie forrajera.

Fertilización y Clima

Durante periodos de temperatura extremas, mala fertilidad del suelo y sequias, ocasionan que los tallos contengan más concentración de celulosa (Iiyama *et al.*, 1994), por lo tanto, en climas extremos con fertilización insuficiente conducen a forrajes de baja calidad, en general se puede argumentar que las gramíneas tropicales contienen más celulosa que las gramíneas de climas templados, sin embargo, se necesita conocer las condiciones tanto de crecimiento y adversidades para cada especie forrajera, para posteriormente analizar las partes de cada tejido y conocer el contenido de carbohidratos estructurales, para comprender mejor el desarrollo y aprovechar a la edad optima y cubrir sus necesidades químicas de fertilización para que el valor nutricional sea vea mejorado (Cháves *et al.*, 2006).

La fertilización rica en nitrógeno en los forrajes aumenta el contenido de lignina fomentando un acelerado crecimiento de los tejidos de soporte, como el tallo, en otras palabras, es esencial garantizar la producción de un forraje en el ambiente adecuado y los niveles de fertilización apropiados para alcanzar la excelencia nutricional y productiva (Vargas, 2020).

Sin embargo, una baja temperatura o escasas horas de luz presentan como resultados concentraciones relativamente bajas en lignina, no obstante, estos factores ambientales actúan de manera indirecta, promoviendo o inhibiendo el crecimiento de los diversos componentes botánicos como son las raíces, tallos, hojas e inflorescencias (Boudet, 2000).

Longevidad de la Planta

Se refiere al número de días transcurridos desde la última cosecha ya sea directa por el pastoreo o por corte, las plantas maduras producen más forraje, pero su contenido nutricional disminuye a medida que maduran, principalmente un mayor contenido de lignina en el tallo (Vargas, 2020).

Por lo tanto, a medida que la planta envejece la concentración de paredes celulares aumenta y el contenido celular disminuye, lo que conduce a una disminución de la calidad

nutricional, principalmente por el aumento del contenido de lignina (Chesson, 1986). también disminuyen cuando entran al periodo de dormancia (Lyons *et al.*, 2000).

Especie Forrajera

En general las gramíneas de clima templado aumentan el crecimiento de las hojas iniciando en la primavera y concluyendo en la fase de floración en verano, lo que supone una variación radical en la relación tallo y hoja y de la cantidad de lignina en las plantas, durante el pastoreo las especies forrajeras son consumidas sistemáticamente, puede que no se presente la floración y el contenido de lignina se mantenga parcialmente bajo y estable (Muslera y Ratera, 1991). Es prioridad seleccionar gramíneas con mayor contenido de hojas que tallos (Vargas, 2020).

Sobrepastoreo

El pastoreo excesivo o sobrepastoreo se define generalmente como la tasa de ocupación que supera la capacidad de pastoreo, inclusive si ocurre de forma leve o por un espacio corto de tiempo (Huss, 1993). Una extensa historia del pastoreo excesivo combinada con los recientes cambios en la utilización de la tierra y la escases de la distribución pluvial han generado una transformación estructural de los pastizales (Pinedo *et al.*, 2011).

Los efectos del sobrepastoreo en pastizales están relacionados con las prácticas inadecuadas de la gestión del pastizal y del ganado, que causan una disminución a largo plazo en la productividad vegetal y animal, lo que implica pérdida de vegetación, aumento potencial de mortalidad de plantas y cambios en la composición de las especies y acrecentamiento en la erosión de los suelos (De la Orden *et al.*, 2006; Echavarría *et al.*, 2007).

Varios estudios indican que el pastoreo de pequeños rumiantes con tasas de ocupación excedido conlleva a una grave degradación de los pastizales principalmente en zonas áridas y semiáridas (Echavarría *et al.*, 2007). El pastoreo excesivo suprime la cubierta vegetal mientras que el suelo se encuentra expuesto al pisoteo del ganado, lo que hace

vulnerable a la erosión del viento y el agua, causando pérdida de la fertilidad del suelo, posteriormente causando la degradación, que se acelera o empeora durante las sequías prolongadas, empezando a convertirse en desiertos (Huss, 1993; SEMARNAT, 2012).

Estos elementos exacerban y conducen a una inestabilidad en la cantidad como en el valor nutricional del forraje disponibles en los pastizales, ya que el consumo excesivo resulta en la pérdida de especies apetecibles afectando la producción de semillas, el crecimiento y la supervivencia de plantas juveniles (Miller, 2000; Engels, 2001; Murillo *et al.*, 2011).

Valerio *et al.* (2005), estimaron las condiciones de los agostaderos en el estado de Chihuahua encontrando que los pastizales muestran un elevado nivel de deterioro causado por el exceso de pastoreo, incluyendo erosión eólica grave e invasión de especies arbustivas, pastos exóticos y cobertura basal bajo.

CONABIO (2006), en sus investigaciones confirman la inclinación de los pastizales a deteriorarse, actualmente la mayor parte de los pastizales de zonas áridas y semiáridas del norte de México tiene de dos a seis veces la capacidad de carga recomendada. El pastoreo excesivo disminuye la biomasa a través del pastoreo selectivo y suprime el crecimiento de plantas forrajeras al fomentar y aumentar la invasión de especies indeseables no apetecibles como plantas resistentes al pastoreo y comunidades arbustivas espinosas (Archer, 1994; Hickman y Hartnett, 2002).

Se puede concluir que el pastoreo excesivo ha reducido drásticamente la capacidad de sostener la actividad ganadera (Beltrán *et al.*, 2005). Datos del INIFAP (2015), estiman que el 95% de los pastizales naturales de México se encuentran con sobrepastoreo.

Exclusión del Pastoreo

La exclusión del pastoreo es una de las estrategias más efectivas para estudiar los impactos que ejerce los herbívoros sobre las comunidades de plantas (Wesche *et al.*, 2010; Collard *et al.*, 2010), Al emplear el descanso de las tierras de pastoreo mediante la exclusión del

pastoreo contribuye también a la conservación de los recursos forrajeros, no obstante, esta estrategia no basta para restaurar los suelos afectados por el pastoreo excesivo, a menudo es necesario enriquecer estas prácticas para que sean económica y ecológicamente sostenible (Fredrickson *et al.*, 1996).

Fenetahum *et al.* (2021), recomiendan estrategias como el pastoreo rotativo y la resiembra para ser utilizadas en conjunto con la exclusión del pastoreo para el manejo sostenible de los pastizales. Los resultados que se pueden encontrar en los pastizales por la exclusión del ganado tienden a ser diferentes debido a factores como el tipo de pastizal, disponibilidad de recursos (Olf y Ritchie, 1998), así como también a la variación espacio-tiempo (Bennie *et al.*, 2011). Se ha demostrado que a corto plazo la exclusión aumenta la diversidad y riqueza de plantas (Zhang y Zhao, 2015).

Por otro lado, algunos estudios han sugerido que la exclusión del pastoreo no afecta la cobertura vegetal (Kakinuma *et al.*, 2017) o tiene efectos negativos sobre la diversidad de plantas (Tarhouni *et al.*, 2017). Sin embargo, Wu *et al.*, (2009), señala una disminución regularmente de la diversidad de plantas al aplicar la exclusión del ganado.

Teague *et al.* (2011), evaluaron el impacto de tres sistemas de pastoreo y un área de exclusión de 7 años, en praderas de pastos altos al norte de Texas, documentando resultados positivos para el pastoreo en múltiples potreros y el sitio de exclusión por encontrar mayor dominancia de pastos altos, menos suelo desnudo y mayor contenido de materia orgánica, en comparación con los otros tratamientos donde se practican la ganadería continua durante toda la temporada.

Wang *et al.* (2019), exploraron el impacto de cinco años del pastoreo excluido en el crecimiento y diversidad de plantas en cuatro tipos de pastizales en la meseta tibetana, los resultados mostraron que la exclusión del pastoreo aumentó el tamaño, la cobertura, la biomasa y la diversidad de plantas en los cuatro pastizales, además aumentó la proporción de especies palatables y disminuyó la proporción de hierbas y malezas tóxicas, indicando que la exclusión del pastoreo es una estrategia de gestión eficaz para restaurar los

pastizales degradados y funciona mejor en los prados alpinos. Resultados similares fueron encontrados por Fenetahum *et al.* (2021), en 3 años de exclusión en pastizales de Borana, Ethiopia.

La exclusión del pastoreo puede tener efectos de deterioró en la calidad nutritiva del forraje como lo indica García-Baquero *et al.* (2021), en un pastizal al norte de la península ibérica, donde los efectos negativos se reflejaron en el contenido de minerales, la fibra detergente neutra y, especialmente, la proteína cruda y la digestibilidad, debido al cambio simultaneo en la composición florística. Para revertir los problemas que conlleva al deterioro de los pastizales y mejorarlo Echavarría *et al.* (2007), proponen la exclusión temporal del pastoreo en los agostaderos que normalmente se aplica el pastoreo continuo.

Relevancia de las Aves de Pastizal

La conservación de las aves migratorias, así como la riqueza de especies autóctonas y endémicas, depende de los grandes hábitats y diversidades de los ecosistemas de México a nivel mundial (RMBO, 2011). Las aves de pastizal son especies adaptadas y dependientes de un hábitat de pastizal particular en parte o en la totalidad de su ciclo de vida, considerándolos como especies obligadas del pastizal los cuales se integran en grupo heterogéneos provenientes de diferentes familias (Rabuffetti, 2001).

La importancia biológica de los pastizales queda demostrada por el hecho de que el 90 % de las aves prefieren los pastizales del Norte de América (Blancher, 2003). Sin embargo, se han registrados más pérdidas de poblaciones comparado con otros grupos de aves (PMARP, 2012). Las poblaciones de aves del pastizal han disminuido un poco más del 50 % en las últimas décadas (Rosenberg *et al.*, 2019) debido principalmente por la transformación de los ambientes del pastizal y cambios en el uso de las tierras (Askins *et al.*, 2007; Pool *et al.*, 2014; NACBI, 2016), en los pastizales debido principalmente al sobrepastoreo de ganado doméstico (Wege *et al.*, 1993) y al uso del suelo debido a la intensificación y crecimiento de la agricultura (Rabuffetti, 2001).

La ECOPAD (2007), indica que las transformaciones en la utilización de las tierras causan uno o más de los siguientes impactos: aumento de la escorrentía y erosión, descenso de la biodiversidad, disminución en el número y especies de aves, aumento de especies exóticas, declive en la producción forrajera y por ultimo un decremento de las especies de buena calidad nutritiva.

De esta manera, las poblaciones de distintas especies tienden a disminuir en diversos grados y adquieren diferentes estatus de conservación (Berlanga *et al.*, 2010). La existencia de varias especies de aves como los gorriones, en el ecosistema pastizal son indicadores de las buenas condiciones del hábitat (Panjabi *et al.*, 2010).

En la práctica, las aves del pastizal son el resultado del estado u condición de los agostaderos, porque la riqueza de aves dentro del pastizal se relaciona a la buena productividad para mantener las actividades ganaderas, adicionalmente, las aves del pastizal desempeñan funciones para mantener el ecosistema, además de las ventajas que nos brindan, forman parte del patrimonio cultural y natural (RMBO, 2011).

En el Desierto Chihuahuense las aves consideradas prioritarias que se encuentran ligadas a pastizales usan más de un tipo de hábitat en distintas ocasiones de su vida, como lo es el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) (RMBO, 2008; RMBO, 2011). El cual se estima en la última década una población de 250 a 990 individuos (BirdLife International, 2013).

El Gorrión de Worthen en los Pastizales de Coahuila

También conocido como gorrión Altiplanero (*Spizella wortheni*), es un ave pequeña, con pico pequeño, rosado y cónico, la mayoría de sus alas son de coloración café con 2 barras indistintas, la cola es larga y obscuras en comparación con el cuerpo, con líneas muy finas de color blanco (Howell y Webb, 1995; BirdLife International, 2010).

La característica particular de esta ave es la presencia de plumas en la cabeza de color café rojiza en forma de coronilla, así como la presencia de anillos oculares blancos y una línea postocular café (Beadle y Rising 2002). Esta especie es considerada como amenazada

según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-2001 (SEMARNAT, 2002) y se encuentra en peligro de extinción (IUCN, 2010; BirdLife International, 2019).

Los nidos de esta especie están contruidos con hierbas, musgos y restos de pelos de equinos y bovinos, seleccionando arbustivas y árboles de portes bajos para colocar sus nidos donde ponen de tres a cuatros huevos pequeños de coloración azulado con puntos cafés en ellos, después de la puesta, los periodos de incubación son de 14 días y los pollos se mantienen en el nido aproximadamente 17 días después de nacer (Museo de las Aves de México, 2010).

El gorrión de Worthen se incluyó en la Alianza Cero Extinción en 2006 porque la especie se considera con riesgo alto de extinción (SEMARNAT, 2018). Esta especie endémica común de la Altiplanicie Mexicana y según su historia se relaciona con hábitats de pastizales naturales entremezclados con pequeños arbustos (De León *et al.* 2007; Scott *et al.* 2008; BirdLife International, 2019) se considera una especie no migratoria (Sibley, 2000), que vive en áreas del noreste de México donde investigaciones de Canales-Delgadillo *et al.*, (2007) los ubica en coexistencia de pastizales con mezquites o en sitios de yucas con juníperos. Se tienen registros de avistamiento en algunos lugares de Nuevo León y Coahuila en las ultimas 3 décadas (Wege *et al.*, 1993).

La primera preservación de (*Spizella wortheni*) comenzó en 2004, cuando se estableció la reserva privada para esta especie en un área de 700 hectáreas en el ejido La India municipio de Saltillo, por su importancia como lugar de anidación, esta propiedad cuenta con cercado para impedir el pastoreo de ganado caprino, equino y bovino (SEMARNAT, 2018).

En Coahuila, se puede encontrar en el sitio conocido como Tanque de Emergencia del Rancho los Ángeles, en la Perforadora, y ejido la Carbonera, también están presentes en invierno en el Rancho el Cercado (CONANP, 2010). En el año 1991 se encontró un sitio en el ejido La India, y posteriormente en 2004 se encontraron siete nidos que según las investigaciones, tan solo se logró un 14 % de éxito reproductivo (Garza de León *et al.*,

2007). Posteriormente en 2005, se encontraron cinco nidos que estaban abandonados y uno con actividad en el área de Tanque de Emergencia (Canales-Delgadillo *et al.*, 2007).

En un estudio realizado en los años 2007 al 2010 se examinó como los nidos sobrevivieron durante la temporada de anidación en diferentes lugares, se analizaron 173 nidos que se observaron y los resultados encontrados de sobrevivencia fueron bajos donde la pérdida por depredación de los nidos fue del 72.3%, asimismo, las pérdidas directas fueron por destrucción del ganado, lluvias severas y tránsito vehicular (Canales del Castillo, 2010) los principales depredadores han sido las serpientes y los coyotes (BirdLife International, 2010).

Características del Hábitat del Gorrión de Worthen

Los gorriones se caracterizan por vivir en áreas abiertas donde interactúan los pastizales con matorrales de poca consistencia, localizados entre los 1,200 a 2,450 msnm, además se ha descubierto que parecen sentirse interesados por lugares con depósitos de agua estables (IUCN, 2010). Wege *et al.* (1993), revisaron la distribución y estatus de (*Spizella wortheni*) encontrando que se limitada a áreas de mezquites con pastizales e interacción de *Yuccas* con *Juniperus*, fundamentándose en la recurrencia de tres lugares de los cuales se describen como vegetación de arbustos espinosos en Tamaulipas, pastizal de porte bajo con mezquites y juníperos en Zacatecas y pastizales de *Yuccas* con *Juniperus* en Coahuila.

No obstante, se comenzaron a percibir avistamientos en los matorrales desérticos ligados con pastizales, así como lo describe Behrstock *et al.* (1997), quienes informaron la presencia de gorriones en la localidad de Las Esperanzas, Mpio de Nuevo León, en una zona dominada por costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y pastos tobosos (*Hilaria mutica*) y navajitas (*Bouteloua sp.*). Por otro lado, Garza de León *et al.* (2007), describieron al ejido La India como una zona de anidación formada por matorrales micrófilos sometidos por arbustos de hojasén (*Flourensia cernua*) acordonado por parches de gramíneas. Por otra parte, se encontró un nido activo en los alrededores de las localidades Tanque de Emergencia y El Cercado donde la vegetación consto de *Juniperus* y *Condalia* cercano a pastizales (Canales-Delgadillo *et al.*, 2007).

Se han realizado estudios relacionados con los tipos de arbustos que seleccionan los gorriones para construir sus nidos, en base a los 57 nidos examinados en 2006, procedentes de diferentes poblaciones de Coahuila y Nuevo León, el arbusto de hojasén (*Flourensia cernua*) fue el más utilizado con 63 % para su anidación, continuo por nopales (*Opuntia sp.*) con 25 %, mezclas de hojasén con *Opuntia sp.* con el 7 %, corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*) el 3 % y el tomatillo (*Lycium berlandieri*) con 2 % (González-Rojas *et al.*, 2007).

Del 2007 al 2010, Ruvalcaba-Ortega *et al.* (2015), evaluaron 193 nidos, para conocer la vegetación dominante de anidación registrando dos especies arbustivas más abundantes que son (*Flourensia cernua*) con 49.2 % y (*Atriplex canescens*) con el 28 %, pero también se tiene documentado varias plantas herbáceas y arbustivas que sirven como lugares de anidación, como por ejemplo plantas del género (*Chenopodium sp.*, *Artemisia sp.* y *Conyza sp.*) que representan menos del 15 %.

Adicionalmente, los gorriones de Worthen prefieren determinados hábitats que favorezcan el conocimiento de su aprovisionamiento, investigaciones previas muestran que el entorno de anidación está formado por áreas de matorral micrófilo sometidos por gobernadora (*Larrea tridentata*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), hojasén (*Flourensia cernua*), y pastizales como liendrilla (*Muhlenbergia villiflora*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), pasto burro (*Scleropogon brevifolius*) y pasto picudo (*Stipa clandestina*), en este sentido las áreas de ecotonía de los matorrales de porte bajo y denso se usan para anidación y refugio, mientras que los sitios abiertos de pastizales bajos para el forrajeo (Canales *et al.*, 2007; De León *et al.*, 2007; Scott *et al.*, 2008).

Se cree que la altura de la vegetación está ligada con los componentes del nidal, estudios previos han demostrado que (*Spizella wortheni*) construyen sus nidos en arbustos con promedios de 95 cm de altura (Behrstock *et al.*, 1997; De León *et al.*, 2007; Canales-del Castillo *et al.*, 2010). Como varias especies de aves con ambientes similares usan los arbustos de aproximadamente un metro de altura para establecer su hábitat de anidamiento

y para protegerlo de parásitos y sobre todo de los depredadores (King *et al.*, 2009; Rodewald y Yahner, 2001).

Acciones de Conservación del Gorrión de Worthen

Los análisis de SEMARNAT (2018), proponen una serie de acciones para la conservación, manejo y rescate del gorrión de Worthen, para lograr estos objetivos se plantea la ubicación de los lugares claves de reproducción de esta especie y mediante el establecimiento de cercos de exclusión permanente o estacional de la ganadería se pueda disminuir el índice de mortalidad, así como la compra, rentas o comodatos de propiedades o inserción de sitios en programas de conservación legal como lo son las áreas naturales protegidas y como parte complementaria implementar un programa de vigilancia/monitoreo comunitario, así como la implementación de programas de gestión en los pastizales, como la implementación de tratamientos combinados o practicas (mecánicas, quema pre-escrita, pastoreo, etc.) para incrementar el hábitat y áreas de forrajeo.

Implementar iniciativas de restauración de sitios deteriorados donde habita la especie como obras de conservación de suelo y agua, reforestación, extinción de incendios, eliminación de lugares de percha de rapaces y manejo de especies ferales y depredadoras que ayude a la recuperación de la especie (SEMARNAT, 2018).

Velázquez-Álvarez (2019), propone recomendaciones para prevenir la colonización de arbustos y evitar que se formen áreas densas y así los sitios tengan espacios claros para que se aproveche para forrajeo, sugiere usar el pastoreo rotacional, para que el ganado imposibilite el crecimiento de especies arbustivas y excluir del pastoreo áreas apropiadas para el gorrión de Worthen principalmente durante la temporada de anidación, esta gestión también ayuda al establecimiento de pastizales, pues las aves que se adaptan en áreas arbustivas y pastizales favorecen la diseminación de semillas, de este modo los ganaderos también se benefician y aseguran la viabilidad del hábitat para las futuras generaciones.

ARTÍCULO 1.



Communication

Characterization of the Worthen Sparrow (*Spizella wortheni*)'s Nest Building Materials in Northeastern Mexico

Eliseo B. Suarez ¹, Miguel Mellado ², Marcos Luna ³, Eloy A. Lozano ³, Guadalupe Calderon ⁴, Yesenia Angel ⁴, Oscar Angel ⁴, Mayra L. Medina ⁵ and José E. García ^{2,*}

¹ Graduate Program in Sciences in Agriculture and Livestock Production, Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Torreon 27054, Mexico

² Department of Animal Nutrition, Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Saltillo 25315, Mexico

³ Department of Renewable Natural Resources, Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Saltillo 25315, Mexico

⁴ Department of Veterinary Science, Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Torreon 27054, Mexico

⁵ Agricultural Technological Baccalaureate Center, No. 207, Viesca 27480, Mexico

* Correspondence: edugarmartz@gmail.com; Tel.: +52-8448690707

Simple Summary: The Worthen sparrow (WS) is an endemic species of the Mexican rangelands that is considered endangered. The objective of this study was to document the building materials for nest building of this obligate grassland bird species. After completing the breeding season from 2013–2016, 207 empty nests were collected to analyze the construction materials used in their assembly. The findings revealed that *Muhlenbergia torreyi* was a key component of the WS's nest.

Abstract: The study was conducted within a well-managed beef cattle operation in northeastern Mexico. Each nest was weighed and dissected to obtain the plant and animal material used to build the nests. The number of materials present per nest and relative frequency were determined. Twenty-one building materials were used. Over the years, *Muhlenbergia torreyi* represented 85.5% of the total biomass of the nests, and *Aristida longiseta*, *Bouteloua gracilis*, *Brickellia canescens*, *Purshia mexicana* and *Cirsium ehrenbergii* constituted 2.45, 2.80, 2.44, 1.34 and 1.11% of the total biomass, respectively. The above-mentioned grasses represented 95.62% of the total biomass. Material of animal origin was horse and cow hair, which represented 0.84 and 0.58% of the total biomass, respectively. It was concluded that, at the study site, *Muhlenbergia torreyi* was a key nest-building material for the Worthen sparrow nest.

Keywords: bird nesting ecology; desert; rangeland; plant–animal interaction; nest structure



Citation: Suarez, E.B.; Mellado, M.; Luna, M.; Lozano, E.A.; Calderon, G.; Angel, Y.; Angel, O.; Medina, M.L.; García, J.E. Characterization of the Worthen Sparrow (*Spizella wortheni*)'s Nest Building Materials in Northeastern Mexico. *Animals* **2024**, *14*, 1230. <https://doi.org/10.3390/ani14081230>

Academic Editor: Wolfgang Fiedler

Received: 29 March 2024

Revised: 11 April 2024

Accepted: 16 April 2024

Published: 19 April 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The Worthen sparrow (WS; *Spizella wortheni*) is a species endemic to the states of Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, and San Luis Potosí in Mexico [1–3]. It does not carry out migratory movements and inhabits semi-desert areas in the grassland and scrub ecotone [1] associated with small shrubs [4]. Microphyllous shrubland mixed with short grassland [5], rosetophilous shrublands dominated by the *Yucca* genus and creosote bush (*Larrea tridentata*), tarbush (*Flourensia cernua*) as a dominant species at the shrub layer, and microphyllous shrublands dominated by creosote bush and tarbush with grasses and annual plants [3,6] are habits wherein WSs prosper.

This grassland bird is found in the Official Gazette of the Federation and the Official Mexican Standard NOM-059 [7] and is a species at risk requiring environmental protection. The WS is considered globally to be in danger of extinction on the (IUCN) red list of threatened species due to its small population size and its limited range [3,8,9], as well as its low reproductive potential (14–25% reproductive success; [8,10]). In addition, it faces serious problems finding nesting sites due to overgrazing by livestock in northern Mexico

and the defragmentation of its habitat by the opening of agricultural areas. Nothing is known about how the nesting success of the obligate grassland bird the WS is affected by habitat deterioration and the grazing of beef cattle, which reduce vegetation height and could affect the heterogeneity of the vegetation's structure [11]. Additionally, it is not known if the WS uses animal hair to build their nest.

Very little is known about the materials used by most grassland-nesting birds. Basic information on plant and animal materials is needed to develop effective and practical management guidelines for prairie birds. The structural properties (e.g., rigidity), and insulative properties (animal's hair) are basic variables that need to be characterized to understand the strategies of WS to avoid nest predation and brood parasitism and increase reproductive success.

Avian nests are multifaceted structures engineered to support incubation, shielding from adverse weather conditions, and chick rearing [12,13]. Additionally, materials used in nest building are crucial for shelter and reproduction [14,15]. The choices of materials in different parts of a nest probably reflect decisions made by the bird for the optimal development of its chicks [16]. Regarding bird nest construction, relatively few details are known for particular species [17], and few reports quantify the materials used in nests [18]. There is significantly more interest in studying the physical structure of the nest rather than in the behavior that produces it, which is a focus of the present study because of the logistical issues surrounding the building materials used by prairie birds [19].

The hypothesis was that the GW mainly uses grasses with not very lignified stems that are therefore malleable for building nests. This study aimed to describe in detail the materials utilized by the GW in constructing their nests in rangeland grazed by beef-producing cattle and with the presence of prairie dog colonies.

2. Materials and Methods

All animal procedures were approved by the Institutional Animal Care Committee and were handled following the guidelines outlined by the "Guide for Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching" [20].

2.1. Study Area

The study was carried out on the beef cattle ranch "Los Ángeles", which is located 34 km from Saltillo, Coahuila, Mexico, between 25°04'12" and 25°08'51" north latitude and 100°58'07" and 101°03'12" west longitude (Figure 1), with an average altitude of 2150 m.

The study site covers an approximate area of 6700 ha. According to [21], the climate is semi-arid, with cool winters, an average annual temperature of 15.5 °C, and an average annual precipitation of 450 mm. The surrounding and dominant grassland in the native semi-desert study area is the buffalo grass (*Bouteloua dactyloides*) (Nutt.) Columbus, with dominant species such as *Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus, *M. arenicola* Buckley, *Aristida arizonica* Vasey, *Erioneurum avenaceum* (Kunth) Tateoka, *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths. Primary forb species include *Tiquilia canescens* (DC.) Richardson, *Croton dioicus* Cav., *Zinnia acerosa* (DC.) Gray, *Solanum elaeagnifolium* Cav., *Sphaeralcea angustifolia* (Cav.) D. Don, and *Dychoriste linearis* (Torr. & A. Gray) Kuntze. Shrubs such as *Flourensia cernua* DC., *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck, and *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. grow in isolated patches. *Buddleja scordioides* Kunth is another important shrub in this landscape.

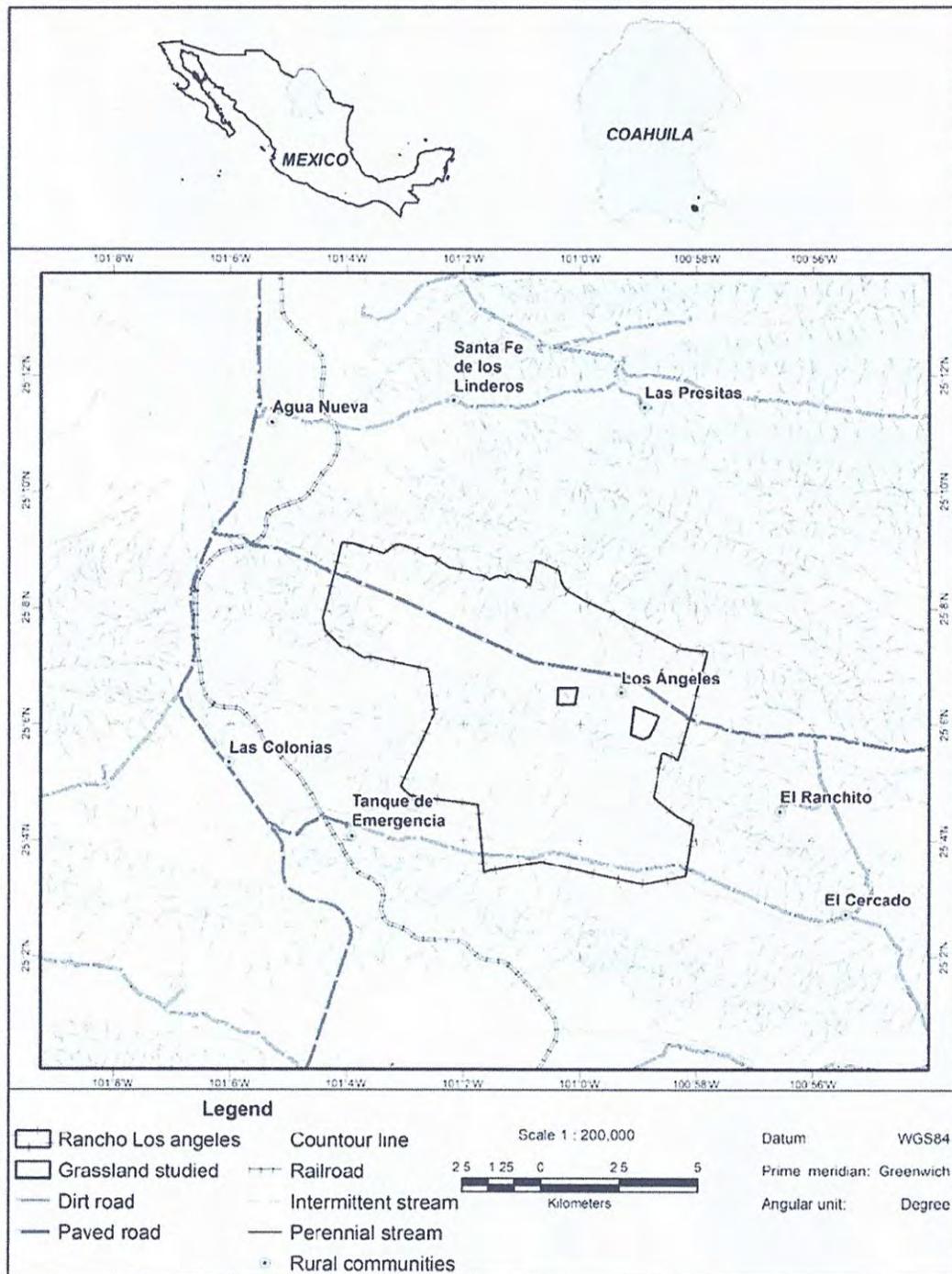


Figure 1. Geographic location of the study area: Los Angeles ranch, municipality of Saltillo, Mexico.

2.2. WS Nesting Characterization

Given that the breeding season of the WS is from May to July, WS nesting was characterized during the spring and summer of 2013 to 2016. A total of 207 empty WS nests were collected in a desert microphyllous scrub. To locate the nests, groups of 3 to 4 people walked parallel to a distance of no more than 2 m to facilitate the discovery of nests of this bird species. Field observers located the nests by hearing the WSs' singing; they minimized the conspicuousness of observers and nests to predators during searching and monitoring [22].

Walks were carried out throughout the day in places known for the reproduction of the WS, especially in areas with the presence of colonies of prairie dogs (*Cynomys mexicanus*) in microphyllous scrub vegetation. WS is closely associated with habitats where Mexican prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies occur, and therefore, WS are inclined to build their nests in shrub-grassland areas inhabited by these colony-forming rodent species [4].

Once a nest was located, it was georeferenced using Normal Mercator Projection coordinates, and we recorded on which plant or substrate the nest was found. Then, visible tape was placed on a bush no less than five meters away near the nest to facilitate its immediate location after the reproduction season. The nests were collected upon their abandonment.

2.3. Identification of Grassland Plants and Other Species

The collected nests were stored in sealed paper bags and dried at 60 °C in a laboratory dry plant oven for three days. The entire nest was weighed on an electronic scale. Each nest was carefully dissected to separate natural materials, after which each material type was weighed. Plant or animal materials were then qualitatively identified (composition and possible source material) to quantify nest materials. Each plant or animal material that made up the nest was weighed. The outer walls of the nest were removed first until the lower limit of the outer part of the cup was reached. The cup was then removed to leave the base of the external nest by separating elements with tweezers. Samples were weighed with a precision balance (Acculab Pocket Pro C/50[®] Merck KGaA, Darmstadt, Germany) to the nearest 0.002 g to determine the dry mass of each component of the nest.

Before deconstruction, nests were visually examined to identify the body, base, and nest bed. The main easily identifiable regions were the outer part, consisting of rigid plant material pieces, and the central parts, base, and bed.

Plant species were identified by observing certain distinguishing morphological characteristics of the stem, leaf, bud, flower, and fruit. For those plants that could not be identified in the laboratory, samples of these species were placed in a plant press, labeled, and sent to the university herbarium for identification.

2.4. Statistical Analyses

The nest's weight between years was analyzed using the GLM procedure of SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA; version 9.4) with individual nests as the experimental units. Inter-site variation was not tested because most nests were in the same habitat. Descriptive statistics were used to present the materials used for nest building.

3. Results

It was observed that both males and female participated in the building of their nest. WS nests found per year were 29 in 2013, 55 in 2014, 71 in 2015, and 52 in 2016, with a total of 207 nests.

Figure 2 shows the average weight of the GW nests in the different sampling years. There was no significant difference ($p > 0.05$) in nest weight between years. High values of standard deviations of nest weight indicated wide variation in nest weight across all years. The materials used in the construction of the nests are presented in Table 1. Nineteen plants (mostly grasses) and cow's and horse's hair were used as nesting materials by the

WS. However, *Muhlenbergia torreyi* made up the bulk of the WS's nest, and only traces of many grasses were used as building materials.

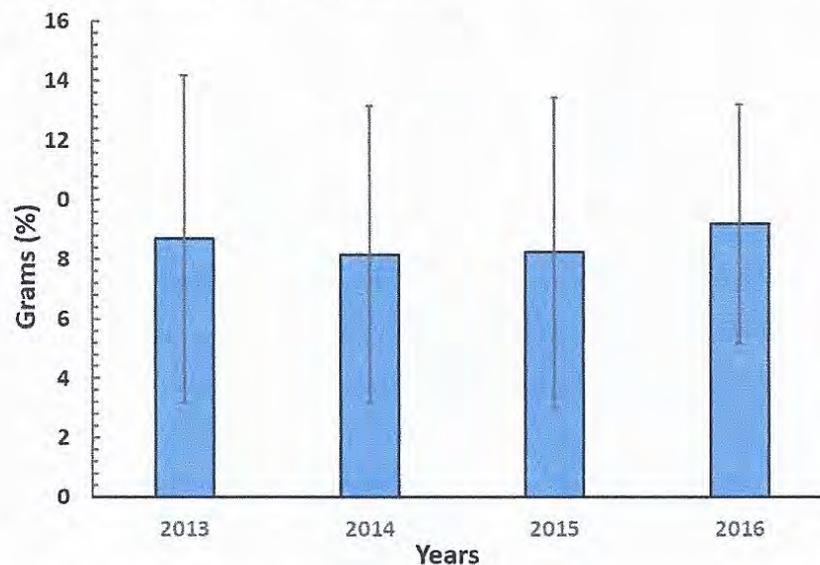


Figure 2. The total weight of Worthen sparrow nests recorded over four years in desert rangeland in northeastern Mexico. Values are means \pm SD.

Table 1. Plant species and animal materials contributing to the biomass of the Worthen sparrows' nests in the rangeland of northeastern Mexico.

Scientific Name	Biomass (g)	Biomass (%)
<i>Muhlenbergia torreyi</i>	7.27	85.48
<i>Aristida longiseta</i>	0.25	2.95
<i>Bouteloua gracilis</i>	0.24	2.80
<i>Brickellia canescens</i>	0.21	2.44
<i>Purshia mexicana</i>	0.11	1.34
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	0.09	1.11
Horsehair	0.07	0.84
Unknown (rootlets)	0.06	0.69
<i>Stipa nassella</i>	0.05	0.63
Cow hair	0.05	0.58
<i>Solidago glutinosa</i>	0.03	0.29
<i>Descurania pinnata</i>	0.02	0.26
<i>Elymus elymoides</i>	0.01	0.11
<i>Solidago missouriensis</i>	0.01	0.11
<i>Lepidium virginicum</i>	0.01	0.11
<i>Eragrostis mexicana</i>	0.01	0.09
<i>Leresquelia</i>	0.01	0.07
<i>Scleropogon brevifolius</i>	traces	0.05
<i>Muhlenbergia repens</i>	traces	0.02
<i>Panicum hali</i>	traces	0.02
<i>Bouteloua curtipendula</i>		0.01
Total	-	100

When the frequency of the occurrence of the different construction materials of the 207 nests analyzed was considered, *Muhlenbergia torreyi* was present in all the nests (Table 2). *Bouteloua gracilis* was present in half of the nests, while *Aristida longiseta* and *Brickellia*

canescens occurred in a third of the nests. The presence of *Bouteloua curtipendula* and *Muhlenbergia repens* as materials for manufacturing WS nests was negligible.

Table 2. Frequency of Worthen sparrow nesting materials in a rangeland in northeastern Mexico.

Scientific Name	Number of Nests	Frequency, %
<i>Muhlenbergia torreyi</i>	207	100
<i>Bouteloua gracilis</i>	100	48.30
<i>Aristida longiseta</i>	81	39.13
<i>Brickellia canescens</i>	71	34.29
<i>Purshia mexicana</i>	40	19.32
Horsehair	36	17.39
<i>Solidago glutinoso</i>	27	13.04
Cow hair	20	9.66
<i>Stipa nassella</i>	15	7.24
<i>Cirsium ehrenbergii</i>	14	6.76
Unknown (rootlets)	13	6.28
<i>Elymus elymoides</i>	12	5.79
<i>Descurania pinnata</i>	8	3.86
<i>Solidago missouriensis</i>	7	3.38
<i>Eragrostis mexicana</i>	6	2.89
<i>Lepidium virginicum</i>	5	2.41
<i>Bouteloua curtipendula</i>	4	1.93
<i>Muhlenbergia repens</i>	2	0.96
<i>Panicum halii</i>	2	0.96
<i>Lesquerella</i> spp.	1	0.48
<i>Scleropogon brevifolius</i>	1	0.48

When considering the nest's body, base, and bed, *Muhlenbergia torreyi* was present in all these parts of the nest (Figure 2). *Bouteloua gracilis* was important in the body of the nest, but this grass was practically not used for other parts of the nest. *Brickellia canescens* was an essential plant in nest bed construction (Figure 3).

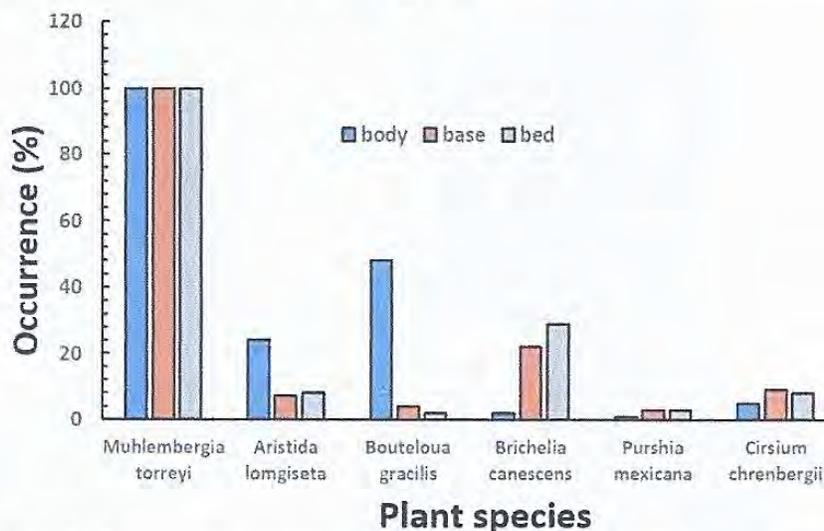


Figure 3. Occurrence of construction materials in different parts of Worthen sparrow nests in rangeland in northeastern Mexico.

4. Discussion

It has been reported that grassland birds have greater sensitivity to vegetation structure than to the particular composition of plant species [23]. The WS follows this pattern since it is not dependent on a specific group of shrubs [2,24] and possibly prefers the vegetation structure of the habitat where the study was carried out. The above-mentioned fact can be inferred from the large number of nests found, which far exceeds the values previously reported for the WS [2,25] in habitats of northern Mexico. In the study area, the types of vegetation that the WS prefers were present, such as tarbush (*Flourensia cernua*) [26] and mariola (*Parthenium incanum*) [27]. It has been observed that WS increased with increasing yuca density and mean shrub height [28].

The average height of shrubs is believed to be related to the nesting substrate. Previous studies have found that WSs build their nests in shrubs with a height of 25 to 95 cm [2,27,29]. Therefore, the positive response in habitat occupancy to shrub height recorded in the present study may respond to the species' dependence on the shrub stratum for nesting and possibly foraging. The WS, like other birds from similar habitats, perhaps uses bushes of approximately 1 m to place their nests for protection from predators or nest parasites [30,31].

Muhlenbergia torreyi was identified as a fundamental material for the construction of the WS nests. This grass is not the most abundant in this rangeland [32], yet the WS selected it over many other abundant grasses in this ecosystem. According to the 'availability hypothesis', birds simply select the building materials most widely available, and this is backed by the fact that nest composition varies according to the availability of nesting materials in the surroundings [33]. The data from the present study do not support this hypothesis since WS mainly selected *Muhlenbergia torreyi* for the different areas of the nest. Both bovine and equine hair were negligible components of the nest, which implies that these materials were not chosen for their insulative properties, as has been the case in other prairie birds [34]. WSs seem to depend on dry grasses to line the cup, a material that significantly correlates with the insulation properties of the nest [35].

Nest construction by the WS exhibited high repeatability between years, which aligns with [36]. Nests, built by most birds, are essential for reproductive success, so some species spend considerable time and energy searching for particular materials to construct their nests [37]. This appears to be the case with the WSs, which were highly selective when choosing construction materials. Material choices within different parts of a nest reflect decisions made by the birds and appear to have a structural role [38]. WSs selected at least 21 materials, mainly grasses.

Structural analysis of WS nests showed that the base of the outer nests was composed of significantly thicker, stronger, and more rigid materials than the inner nest wall and nest base. Despite differences in the rigidity of different parts of the nest, *Muhlenbergia torreyi* was present in all sections of the nest. This fact suggests that WS selected stems of *M. torreyi* of various diameters for different nest parts. Securing warmth and safety are most important for small birds and their young, which explains why birds of small size generally build more elaborate nests than larger birds [39] and why their nests have greater thermal insulation [40]. It is possible that the WS selected the short grass *M. torreyi*, which has slender stems suitable for waving the nest and appressed stems that would facilitate the collection of this material. The presence of *Brickellia canescens*, particularly on the base of the nest, was probably sought as an insulating material, given the woolly nature of this plant's leaves and upper stems. These data showed that grasses provided good material for cup nest building for these small birds, providing adequate protection for their young and resisting stresses.

Future research directions can be oriented to the amount of foliage or complexity of habitat surrounding the nest of WSs and how the height of the nest may influence vulnerability to brood parasitism or nest predation by affecting predator movement. Additionally, it would be interesting to determine vegetation characteristics in the nest patches, the concealment of the nest in patches, and the thickness of support branches. These results provide biologists with critical information on what vegetal and animal materials are used

by WS, indicating that nest construction behavior is not plastic in this species due to the abundance of building materials in this landscape; they also show how few grass species solve the problem of building a WS nest that will accommodate incubation and allow the successful hatching of eggs.

5. Conclusions

It was concluded that the Worthen sparrow, an obligate grassland bird, appeared to be more successful in our study area than in most other areas of northern Mexico wherein their nesting has been evaluated. *Muhlebergia torrey* was a key component of the Worthen sparrow's nest. These data contribute to a database that sets a baseline for the nest composition of the Worthen sparrow, which may prove helpful in future studies. Further observations are necessary in order to better understand nest construction in the context of evolutionary trade-offs, thermoregulation, and predation.

Author Contributions: Conceptualization, M.L. and E.A.L.; methodology, E.B.S. and O.A.; software, M.M. and J.E.G.; validation, Y.A. and M.L.M.; formal analysis, M.M.; investigation, J.E.G.; resources, J.E.G.; data curation, E.B.S.; writing—original draft preparation, M.M.; writing—review and editing, J.E.G.; visualization, G.C.; supervision, J.E.G.; project administration, J.E.G.; funding acquisition, J.E.G. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by The Autonomous Agrarian University Antonio Narro, grant number 3001-2423.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Institutional Review Board of the Autonomous Agrarian University Antonio Narro, Saltillo, Mexico (study approval code: 3001-2423) in the meeting of 22 March 2019.

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data supporting this study are available from J.E. García upon reasonable request.

Acknowledgments: The authors thank the personnel in charge of Rancho Los Angeles, Saltillo, Mexico, for providing necessary facilities during this work.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Wege, D.C.; Howell, S.N.G.; Sada, A.M. The distribution and status of Worthen's Sparrow *Spizella wortheni*: A review. *Bird Conserv. Int.* **1993**, *3*, 211–220. [[CrossRef](#)]
2. Canales-del Castillo, R.; González-Rojas, J.; Ruvalcaba-Ortega, I.; García-Ramírez, A. New breeding localities of Worthen sparrows in northeastern Mexico. *J. Field Ornithol.* **2010**, *81*, 5–12. [[CrossRef](#)]
3. Canales-Delgadillo, J.C.; Chapa-Vargas, L.; Carlos Gómez, J.A.; Arreola Aguirre, J. Nuevos registros de distribución del gorrión de Worthen *Spizella wortheni* en San Luis Potosí, México. *Acta Zoológica Mex.* **2015**, *31*, 313–317. [[CrossRef](#)]
4. Scott-Morales, L.M.; Vela-Coiffier, P.; Cotera-Correa, M.; Almejo-Ramos, M.; Canales-Delgadillo, J. Reassessment of the distribution and population size of *Spizella wortheni*. *Bird Conserv. Int.* **2017**, *28*, 451–461. [[CrossRef](#)]
5. Canales-Delgadillo, J.; Scott-Morales, L.; Korb, J. The influence of habitat fragmentation on genetic diversity of a rare bird species that commonly faces environmental fluctuations. *J. Avian Biol.* **2012**, *43*, 168–176. [[CrossRef](#)]
6. Garza-de León, A.; Moran-Rosales, I.; Cancino-de La Fuente, F.; Tinajero-Hernandez, R.; Lopez-Aquino, S. Parametros reproductivos y nueva localidad de anidación para el gorrión de worthen (*Spizella Wortheni*) en el estado de Coahuila, Mexico. *Ornitol. Neotrop.* **2007**, *18*, 243–249.
7. SEMARNAT. Official Mexican Standard, NOM-059-ECOL-2010. Environmental Protection, Species Native to Mexico of Flora and Fauna: Categories of Risk and Specifications for Inclusion, Exclusion or Change, List of Species at Risk. Official Journal of the Federation. Mexico, D.F. 2010; pp. 1–30. Available online: <https://www.dof.gob.mx/uormas/Oficiales/4254/semarnat/semarnat.htm> (accessed on 22 February 2024).
8. Bird-Life International Species factsheet: *Spizella wortheni*. 2016. Available online: <http://www.birdlife.org> (accessed on 15 January 2024).
9. Canales-Delgadillo, J.; Scott-Morales, L. *Uso de Hábitat y Relaciones Sociales. El gorrión de Worthen en el Altiplano Mexicano*; Editorial Académica Española: Saarbrücken, Deutschland, 2012.

10. García-Salazar, F.J. Plasticidad en la Selección de Sitios de Anidamiento y Éxito Reproductivo en *Spizella wortheni*. Master's Thesis, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares, Nuevo León, México, 2019.
11. Ahlring, M.A.; Merkord, C.L. Cattle grazing and grassland birds in the northern tallgrass prairie. *J. Wildl. Manag.* **2016**, *80*, 643–654. [[CrossRef](#)]
12. Heenan, C.B.; Seymour, R.S. Structural support, not insulation, is the primary driver for avian cup-shaped nest design. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* **2011**, *278*, 2924–2929. [[CrossRef](#)]
13. Heenan, C.B.; Goodman, B.A.; White, C.R. The influence of climate on avian nest construction across large geographical gradients. *Glob. Ecol. Biogeogr.* **2015**, *24*, 1203–1211. [[CrossRef](#)]
14. Biddle, L.E.; Deeming, D.C.; Goodman, A.M. Birds use structural properties when selecting materials for different parts of their nests. *J. Ornithol.* **2018**, *159*, 999–1008. [[CrossRef](#)]
15. Martínez, J.E.; Zuberogoitia, I.; Calvo, J.F.; Álvarez, M.; Margalida, A. Effect of nest composition, experience, and nest quality on nest-building behavior in the Bonelli's Eagle. *Sci. Rep.* **2022**, *12*, 4146. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
16. Bailey, I.E.; Morgan, K.V.; Bertin, M.; Meddle, S.L.; Healy, S.D. Physical cognition: Birds learn the structural efficacy of nest material. *Proc. Biol. Sci.* **2014**, *281*, 20133225. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Healy, S.D.; Morgan, K.V.; Bailey, I.E. Nest construction behavior. In *Nests, Eggs, and Incubation: New Ideas about Avian Reproduction*; Deeming, D.C., Reynolds, S.J., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2015; pp. 16–28.
18. Deeming, D.C.; Mainwaring, M.C. *Nests, Eggs, and Incubation: New Ideas about Avian Reproduction*; Deeming, D.C., Reynolds, S.J., Eds.; Oxford University Press: Oxford, UK, 2015.
19. Healy, S.D.; Tello-Ramos, M.C.; Hébert, M. Bird nest building: Visions for the future. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* **2023**, *378*, 20220157. [[CrossRef](#)]
20. FASS. *Guide for Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching*, 3rd ed.; Federation of Animal Science Societies: Champagne, IL, USA, 2010; Available online: https://www.fass.org/images/science-policy/Ag_Guide_3rd_ed.pdf (accessed on 22 February 2024).
21. García, E. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, 5th ed.; Instituto de Geografía-UNAM: Serie Libros, México, 2004; 50p.
22. Rodewald, A.D. Nest-searching cues and studies of nest-site selection and nesting success. *J. Field Ornithol.* **2004**, *75*, 31–39. [[CrossRef](#)]
23. Winter, M.; Johnson, D.H.; Shaffer, J.A. Variability in vegetation effects on density and nesting success of grassland birds. *J. Wildl. Manag.* **2005**, *69*, 185–197. [[CrossRef](#)]
24. Canales-Delgadillo, J.C.; Scott Morales, L.M.; Cotera Correa, M.; Pando Moreno, M. Observaciones sobre los sucesos de temporada reproductiva de *Spizella wortheni*. *Ciencia UANL* **2007**, *10*, 160–167. Available online: <http://eprints.uaan.mx/1772/1/REPRODUCTIVO.pdf> (accessed on 22 February 2024).
25. Behrstock, R.A.; Sexton, C.W.; Lesley, G.W.; Eubanks, T.L.; Gee, J.P. First nesting records of Worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) for Nuevo Leon, Mexico, with habitat characterization of the nest site and notes on ecology, voice, additional sighting, and leg coloration. *Cotinga* **1997**, *8*, 27–33.
26. Roque-Rodríguez, J.S. Caracterización Estructural del Hojasén (*Flourenzia cernua*) y Especies Asociadas Como Sustrato de Anidamiento del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Rancho los Ángeles, Saltillo, Coahuila, México. Bachelor's Thesis, UAAAN, Saltillo, Mexico, 2015; 33p.
27. Alvarado-Díaz, J.A. La Mariola (*Parthenium incanum*) Como Sustrato de Anidamiento del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Rancho Experimental "Los Ángeles", Saltillo, Coahuila. Bachelor's Thesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Mexico, 2016; 23p.
28. Velázquez-Álvarez, M.V. Factores que influyen en la ocupación de hábitat en la temporada de reproducción del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Altiplano Potosino. Master's Thesis, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica/A.C., San Luis Potosí, México, 2019; 50p.
29. Velasco-Bautista, L.A. Caracterización Estructural de la Mariola (*Parthenium incanum*) Como Sustrato de Anidamiento del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Rancho Experimental "Los Ángeles". Saltillo, Coahuila. Bachelor's Thesis, UAAAN-Campus Saltillo, Saltillo, Mexico, 2015; 25p.
30. Rodewald, A.D.; Yahner, R.H. Influence of landscape composition on avian community structure and associated mechanisms. *Ecology* **2001**, *82*, 3493–3504. [[CrossRef](#)]
31. King, D.I.; Chandler, R.B.; Collins, J.M.; Petersen, W.R.; Lautzenheiser, T.E. Effects of width, edge and habitat on the abundance and nesting success of scrub-shrub birds in powerline corridors. *Biol. Conserv.* **2009**, *142*, 2672–2680. [[CrossRef](#)]
32. Pérez-Ramírez, S.G. Programa de Manejo de Pastizales. Rancho Ganadero Experimental "Los Ángeles", Municipio de Saltillo, Coahuila. Bachelor's Thesis, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 2012; 97p.
33. James Reynolds, S.; Ibáñez-Álamo, J.D.; Sumasgutner, P.; Mainwaring, M.C. Urbanization and nest building in birds: A review of threats and opportunities. *J. Ornithol.* **2019**, *160*, 841–860. [[CrossRef](#)]
34. Coppedge, B.R. Patterns of bison hair use in nests of tallgrass prairie birds. *Prairie Nat.* **2009**, *41*, 110–115.
35. Taberner-Cerezo, A.; Deeming, D.C. Nest insulation in the European robin (*erithacus rubecula*): Effects of latitude and construction materials. *Avian Biol. Res.* **2016**, *9*, 96–102. [[CrossRef](#)]

36. Patrick, A.M.K.; Rohwer, V.G.; Martin, P.R. Evidence for individual consistency and location effects on nest morphology in a population of yellow warblers (*Setophaga petechia*). *Wilson J. Ornithol.* **2017**, *129*, 469–480. [[CrossRef](#)]
37. Berg, M.L.; Beintema, N.H.; Welbergen, J.A.; Komdeur, J. The functional significance of multiple nest-building in the Australian Reed Warbler (*Acrocephalus australis*). *Ibis* **2006**, *148*, 395–404. [[CrossRef](#)]
38. Biddle, L.; Goodman, A.M.; Deeming, D.C. Construction patterns of birds' nests provide insight into nest-building behaviors. *PeerJ* **2017**, *5*, e3010. [[CrossRef](#)]
39. Mainwaring, M.C.; Hartley, I.R.; Lambrechts, M.M.; Deeming, D.C. The design and function of birds' nests. *Ecol. Evol.* **2014**, *4*, 3909–3928. [[CrossRef](#)]
40. Dickinson, A.M.; Goodman, A.M.; Deeming, D.C. Air movement affects insulatory values of nests constructed by Old World Warblers. *J. Therm. Biol.* **2019**, *81*, 194–200. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

ARTÍCULO 2.

Effect of grazing exclusion for three years on forage yield and quality in a grassland in southeastern Coahuila, Mexico.

Eliseo Bernabel Suárez Hernández¹<https://orcid.org/0009-0004-6154-0307>, José Eduardo García Martínez^{2*}<https://orcid.org/0000-0002-0612-7040>, Ma. Guadalupe Calderón Leyva³, Yesenia Ángel García⁴, Miguel Mellado-Bosque⁵, Jesús Mellado Bosque², José Dueñez-Alanis⁴, Oscar Ángel García³.

¹ Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 27054, Torreón, México.

² Departamento de Nutrición Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 25315. Saltillo, Coahuila, México.

³ Departamento de Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Torreón 27054, México

⁴ Departamento de Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 25315. Saltillo, Coahuila, México.

⁵ Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario, No. 207, 27480, Viesca, Coahuila, México.

Abstract

To determine the effect of three years of grazing exclusion on the production of biomass (PBM) and nutritional quality of a pasture, eight permanent, excluded plots were systematically established and within each plot, two subplots were delimited to measure the productivity. To estimate the PBM, forage harvests were carried out using the quadrant method. The percentages of crude protein (CP), fiber in acid detergent (ADF), and fiber in neutral detergent (NDF) were analyzed. The variables studied were analyzed with the GLM procedure of the SAS statistical package, under a completely randomized design with a 4 x 2 factorial arrangement. The PBM differed ($P < 0.001$) between season and treatment (exclusion vs. grazing). In the exclusion areas, the maximum production (801.7 ± 86.7 kg of DM ha⁻¹) occurred in the autumn season ($P < 0.05$) and the lowest production (220.6 ± 86.8 kg of DM ha⁻¹) occurred in spring ($P < 0.05$). The CP content of the forage revealed significant differences ($P < 0.05$) between the sampling stations and treatments, however, in the summer season in both the grazing and exclusion areas, better CP levels were found ($9.9 \pm .3$ and $9.8 \pm .3\%$ respectively). Both NDF and ADF differed between seasons ($P < 0.05$) but not between treatments ($P > 0.5$). It is concluded that the productivity of the grassland was affected by grazing. In terms of forage quality, grazing exclusion was superior during the study period, so it is suggested to choose to conserve these ecosystems using exclusion and thus provide adequate rest for the recovery in productivity and quality of the grasslands.

Keywords: exclusion, grazing, biomass, nutrients, forage

Introduction

Grasslands represent one of the largest vegetation types on Earth (Sala et al., 2013). In Mexico, it is found in any climate, but mainly in the semi-arid regions of the north and it represents around 5% of the national surface (SEMARNAT, 2016). The use of grassland forage resources as primary food represents the basis of the livestock production system under extensive conditions (Jurado-Guerra et al., 2021).

This type of system is considered a risk factor in the conservation of natural resources since it often leads to the occurrence of overgrazing (Ortiz-Hernández et al., 2016; Abdelsalam, 2021). This leads to negatively affecting the plant cover of grasslands in arid and semi-arid areas, causing changes in the botanical composition of grasslands, and decreasing the quantity and quality of forage (Ma et al., 2019). Including protected natural areas (CONANP, 2006; FANP, 2008).

The impacts of large herbivores on grassland vegetation are multiple since they not only remove a large proportion of aerial biomass but also produce direct and indirect effects on the dispersal, establishment, growth, and reproduction of plant species (Nai – Bregaglio, 2002; Collins, 1987; Belsky, 1986;

Many studies have shown that stocking rate is the grazing management factor that has the greatest influence on the biomass, productivity, and diversity of grassland plant communities (Briske et al., 2005, Briske et al., 2008; Milchunas and Lauenroth, 1993).

In the semi-arid areas of northern Mexico, there is a decrease in the coverage of forage grasses due to unplanned grazing, opening of agricultural areas, invasion of exotic species, as well as drought, which causes their decrease (Encina-Domínguez et al., 2014; Gómez-Sánchez et al., 2011; Which could cause the displacement and loss of numerous native species at the local level in densely populated areas (Álvarez et al., 2016). The negative view of grasslands has resulted in a lack of protection and strong degradation (Martorell et al., 2017).

Implementation of good rangeland management practices such as grazing exclusion can help restore degraded rangelands (Sánchez, 1984; Witt et al., 2011). In addition, it helps us evaluate the influences of livestock grazing on plant communities (Zou et al., 2016).

Recently, livestock farming in Protected Natural Areas around the world has increased (Hua et al., 2022). Grasslands are the terrestrial ecosystem that has the least amount represented under this conservation scheme (Henwood, 1998). In protected natural areas, human populations usually live in or around them and need the goods and services that nature offers them to survive, which is why knowing and valuing their references is important to developing a sustainability approach (Barrasa and Reyes, 2011).

The Medium-Open Grassland is distributed in the intermountain valleys of southeastern Coahuila (Vásquez, 1973; CONAZA, 1994). One of the most threatened plant communities in the protected natural area of the Zapalinamé mountain range (PROFAUNA, 2017), which has been fragmented by the change in land use to establish

agricultural areas and industrial activities, as well as the increase in overgrazed areas that has caused a decrease in the grassland surface (Encina et al., 2019).

Despite its importance in the region, no quantitative studies address the impact of grazing on biomass production and the nutritional quality of forages and serve as a basis for the restoration of degraded areas and the conservation of this ecosystem.

The main objective of the present investigation was to determine the effect of 3 years of grazing exclusion on the biomass production and nutritional quality of a medium-open grassland, located in the "Sierra de Zapalinamé" area of influence in the southeast of Coahuila, Mexico, and in this way, establish strategies for use, management, conservation, and restoration. The hypothesis was tested that the exclusion of grazing favors grassland recovery by increasing dry matter production. Furthermore, it is postulated that the exclusion of grazing has a positive impact on the nutritional quality of grassland forages.

Materials and methods

Study area

The study area is located within the "Sierra de Zapalinamé" protected natural area, located southeast of the state of Coahuila in northeastern Mexico, in a transition zone between the Chihuahuan Desert and the physiographic province of the Sierra Madre Oriental ($25^{\circ}13'57.48''-25^{\circ}14'57.25''$ N and $100^{\circ}56'44.62''-101^{\circ}01'5.17''$ W) (UAAAN, 1998), which extends from the center of the country to the extreme southeast of the state of Coahuila (SPP, 1983).

The study plots were established with an altitude gradient of 2,102 to 2,268 meters above sea level. (Figure 1).



Figure 1. Location of the grassland under study in the southeast of Coahuila.

The predominant climate in the region is dry and is included in the BSkw classification of temperate semi-arid climate, where an average annual temperature of 16.9 °C and average annual precipitation of 498 mm is recorded (UAAAN, 1998). The rainiest months occur from July to September. The area has alluvial soils of calcium xerosol type, deep, with good drainage and moderate to high fertility.

The study area includes a natural grassland, a community that is distributed in the intermontane valleys the dominant species have heights of 10 to 50 cm and the most common are *Bouteloua curtipendula*, (Michx.)Torr, *B. dactyloides* (Nutt.) Columbus, *B. gracilis* (Kunth) Lag. ex Griffiths and *B. uniflora* Vasey in addition to *Aristida havardii* Vasey, *A. pansa* and *Muhlenbergia phleoides* (Kunth) Columbus (Encina-Domínguez, 2017). Some weeds such as *Asphodelus fistulosus* are common, as well as isolated woody species of *Buddleja scordioides* Kunth and *Prosopis glandulosa* Torr. (Encina-Domínguez et al., 2019).

The most common use in these study areas has been grazing of domestic animals and wildlife, followed by rainfed agriculture. Currently, approximately 400 hectares of grasslands are grazed by cattle and horses, with a relatively constant population of 63 cattle and 37 horses. Followed by rainfed agriculture, the main crops being wheat, corn, beans, and barley.

Experimental design and sampling

Eight permanent plots were systematically established where grazing was excluded through a fence with posts and 5-strand barbed wire and with a height of 1.8 m. The exclusions were located at a distance of 1 km between each of them and consisted of a pair of plots, one with exclusion and one without exclusion. The dimensions of the lock are 14 x 18 m. Control plots were located adjacent to these, where grazing is allowed, located in an area with similar environmental conditions and at a distance of 15 m. This paired design minimizes the possible effect that environmental heterogeneity could have on the effects of grazing exclusion (Noy-Meir et al., 1989). They were located away from roads, sidewalks, and other impacted areas.

Parcelling

Within each 14 x 18 m plot, two 2 x 2 m subplots were delimited to measure productivity called Pro-A and Pro-B (for monitoring productivity). These subplots were also delimited in the control plot (outside the exclusion) (Figure 2). All subplots were marked at their corners with a metal rod protruding about 5 cm. Additionally, in one of the corners, the plot number, subplot number, and type of plot were noted on a metal plate, so that it could be identified when the measurements were made.

Variables

Forage biomass production and nutritional quality

To estimate the availability of forage biomass based on dry matter and nutritional quality, harvests of plant material were carried out using the quadrant method, which consists of cutting each of the plants found within the quadrant at ground level. These are weighed on a wet basis and subsequently placed in a drying oven at 60°C until they reach a constant weight, and then weighed and estimate the dry matter production in kg ha⁻¹ for each treatment. These samples were ground to determine the nutritional value.

To know the seasonal biomass production, the Pro B plots of both the exclusion and control plots were sampled, starting in September 2018 and concluding in September 2020.

Bromatological analysis

The chemical analyses that were carried out are: Crude Protein (CP %) and were quantified by the Kjeldahl method, according to the standards described by the AOAC (1990). While the Acid Detergent Fiber (ADF%) and Neutral Detergent Fiber (NDF%), according to the sequential procedures described by Van Soest et al. (1991) using the Ankom 200 fiber analyzer (Ankom Technology) (Ankom, 1986).

Statistical analysis

The variables studied were evaluated by analysis of variance with the GLM (Generalized Linear Model) procedure of the SAS statistical software. They were analyzed under a completely randomized design with a 4 x 2 factorial arrangement. Factor A represented the four seasons and factor B constituted exclusion and grazing. The effects of sampling season, treatment (grazing exclusion vs. free grazing), and season per treatment interactions were included in the model. Comparisons of means were carried out using Tukey tests.

Results

Forage biomass

Biomass production based on dry matter (Kg DM ha⁻¹) differed significantly ($P < 0.001$) between season and treatment (exclusion vs. grazing) (Table 1). In the exclusion areas, the maximum DM production occurred in the autumn season with an average of 801.7 ± 86.7 kg of DM ha⁻¹ ($P < 0.05$), and the lowest DM production was observed in the spring season, with an average of 220.6 ± 86.8 kg of DM ha⁻¹ ($P < 0.05$). On the other hand, in the grazing areas, the highest DM production occurred in the winter season with an

average production of 665.4 ± 122.7 kg of DM ha⁻¹ ($P < 0.05$) and the lowest production for the winter season. spring with an average of 189.3 ± 86.7 kg of DM ha⁻¹ ($P < 0.05$). In general, forage biomass remained higher in grazing exclusion areas during all seasons.

Table 1. Average production (\pm sem) of dry matter (Kg ha⁻¹) by season after 3 years of exclusion and grazing, in a medium-open grassland in southeastern Coahuila.

Season	Exclusion	Grazing
Autumn	801.7 ± 86.7^a	660.8 ± 86.7^a
Winter	732.5 ± 122.7^a	665.4 ± 122.7^a
Spring	220.6 ± 86.8^c	189.3 ± 86.7^c
Summer	635.6 ± 70.8^{ab}	520.04 ± 70.8^b

^{abc} Means with different literals in the same column indicate statistical difference ($P < 0.05$).

Nutritional quality of biomass

The crude protein content of the forage biomass revealed significant differences ($P < 0.05$) between the sampling stations and treatments. However, in the summer season in both the grazing and exclusion areas, better levels of crude protein were found with an average of $9.9 \pm .3$ and $9.8 \pm .3$ % respectively ($P > 0.05$) (Table 2); while in the other seasons, both the exclusion and grazing areas behaved the same ($P > 0.05$). In general, the exclusion areas presented a slight improvement in protein content for all seasons of the year, although statistically they do not differ ($P > 0.05$).

Table 2. Average production (\pm sem) of crude protein (%) by season after 3 years of exclusion and grazing, in a medium open grassland in southeastern Coahuila.

Season	Exclusion	Grazing
Autumn	6.9 ± 0.4^b	6.4 ± 0.4^b
Winter	7.0 ± 0.5^b	6.2 ± 0.6^b
Spring	6.8 ± 0.4^b	6.5 ± 0.4^b
Summer	9.8 ± 0.3^a	9.9 ± 0.3^a

^{abc} Means with different literals in the same column indicate statistical difference ($P < 0.05$).

The NDF of the forage biomass differed between the seasons ($P < 0.05$) but not between the treatments ($P > 0.5$), while the seasonal ADF did differ ($P < 0.05$), among the treatments it was similar ($P > 0.05$) (Table 3). The lowest percentage of NDF is observed in spring in the exclusion areas with averages of 58.1 ± 1.5 % ($P < 0.05$), while in summer for the grazing areas averages of 55.4 ± 1.2 % ($P < 0.05$) were observed. However, during the

autumn season, a clear trend of increasing NDF was shown in both the exclusion and grazing areas.

For ADF, the best percentages were obtained in spring with averages of $28.01 \pm .1\%$ for both treatments ($P>0.5$). The highest percentages of ADF were shown for the autumn seasons where both treatments obtained similar results $37.8 \pm 1.0\%$ ($P>0.5$).

Table 3. Percentages (\pm sem) of neutral and acid detergent fibers (NDF and ADF) of the forage, by season after 3 years of exclusion and grazing, in a medium open grassland in the southeast of Coahuila.

Season	Exclusion		Grazing	
	NDF (%)	ADF (%)	NDF (%)	ADF (%)
Autumn	67.6 ± 1.5^a	37.8 ± 1.0^a	68.9 ± 2.2^a	37.8 ± 1.0^a
Winter	65.4 ± 2.1^a	37.6 ± 1.5^a	66.2 ± 1.5^a	37.4 ± 1.5^a
Spring	58.1 ± 1.5^c	28.1 ± 1.0^b	58.8 ± 1.5^c	28.1 ± 1.0^b
Summer	59.1 ± 1.2^b	32.4 ± 0.8^b	55.4 ± 1.2^b	32.4 ± 0.8^b

^{abc} Means with different literals in the same column indicate statistical difference ($P<0.05$).

Discussion

The present study showed an increase in productivity in exclusion areas, this increase may be related to the recovery of vegetation (Al-Rowaily et al., 2015), likewise, Arévalo (2012) points out that grazing has an important impact and implications on grassland productivity.

There are contradictions regarding the impact of grazing on grassland productivity (Olf and Ritchie, 1998; Osem et al., 2004; de Bello et al., 2007; Bakker et al., 2004; Wang et al., 2016). However, Ma et al., (2019) observed that biomass decreased with increasing grazing intensity. Ibarra et al., (2018) evaluated the characteristics of the vegetation of a medium open grassland in poor condition in Sonora and obtained a forage production of $351 \text{ kg of DM ha}^{-1}$, a reduced forage production than those reported in the present study. Several studies have also indicated a low impact on aboveground plant biomass after several years of grazing exclusion (Arévalo et al., 2011). These results are attributed to continuous overgrazing causing the death of many species and ultimately the potential for forage production (Ibarra et al., 2005).

A study carried out by Arévalo et al. (2020) measured DM production of total vegetation in exclusion and free grazing areas in rangelands in northern Zacatecas, finding estimates

of 543 ± 17 and $907 \pm .9$ Kg ha⁻¹ of dry matter for autumn, respectively, and estimates for winter. of 571 ± 68 and $992 \pm .170$ Kg ha⁻¹ of dry matter.

In general, forage biomass production was higher in grazing exclusion areas during all seasons; this increase can be associated with a longer plant recovery time that allows them to accumulate more reserves (Hernández et al., 2020). However, forage production is also affected by the intensity and time of grazing and by environmental conditions (Ru and Fortune, 2000).

In the present study, the exclusion areas presented a slight improvement in protein content and this may be due to the recovery of some forage species of good nutritional quality such as *Bouteloua gracilis* and *Bouteloua curtipendula* (Valdés, 2015). Gusha and Mugabe (2013), point out that overgrazing is responsible for the decrease in the quality of grassland forage.

A greater nutritional quality of the biomass in the dry season can be attributed to the fact that the water deficit limits the growth of plants, delaying the maturity of the plants, and since there is less growth, there is less demand for metabolites from the cellular content to form structural tissue. Hence, the NDF and ADF fractions are more stable in the dry season (Van Soest, 1944). This effect can be observed in the present study where the spring and summer seasons in both treatments showed a stable and similar trend.

In a study carried out by Vásquez et al. (2024), where they evaluated the nutritional value of four species of forage grasses in rangelands in northeastern Mexico, they found values of 70.1% of NDF and 50.5% of ADF, values well above those found in this study.

Some previous studies in grasslands have shown that grazing exclusion causes a reduction in forage quality; specifically, by observing a lower protein concentration and a higher fiber content (Odriozola et al., 2014). However, in the present work no changes were observed in the quality of protein and fiber due to grazing, which may be because grassland forages use tolerance as a survival strategy against herbivores (Díaz et al., 2007), that is, they adapt to grazing mainly in overgrazed grasslands (Cingolani et al., 2005), through an accelerated rate of regrowth after grazing (Peco et al., 2017), which improves the forage quality (Díaz et al., 2007), and this could have balanced the nutrient concentrations in the grazed grasslands concerning the excluded ones. In addition, the contributions of nitrogen in feces and urine by grazing animals could contribute to improving and in any case equalizing the quality of the forage, due to an increase in the abundance of grasses with high protein and low fiber content (Pontes et al., 2010).

More studies are required on the quality of forages due to the effect of grazing exclusion or the impact of overgrazing on said quality. Gray et al. (1987) point out that it is important to know both the distribution of production and the quality of forage during the year, to have a planning tool for this.

Conclusions

After three years of exclusion of grazing in the grassland, differences were found in forage production and quality, concluding that both productivity and quality of the grassland were affected by grazing, being much lower in the spring season in the grazing areas. In terms of forage quality, grazing exclusion was higher during the study period.

The results suggest that we choose to conserve these ecosystems using exclusion and thus provide adequate rest for the recovery in productivity and quality of the grasslands, since these ecosystems are the main sources of food and subsistence for animals and residents, in addition The development of new regulations and incentives is recommended for land owners to carry out sustainable and regenerative livestock farming that allows the restoration of grasslands and their native species.

Acknowledgments

Thanks to the staff of the "Sierra de Zapaliname" protected natural area for their collaboration in data collection.

References

- Abdelsalam, M. I. 2021. Efectos del sobrepastoreo sobre los recursos de pastizales en zonas semiáridas y Rangel y Administración: Un artículo de revisión. *Agrica*, 10(2), 144– 151. <https://doi.org/10.5958/2394-448x.2021.00022.5>
- AOAC, 1990. official methods of analysis 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington.
- Álvarez-Lopezello, J., Rivas-Manzano, I. V., Aguilera-Gómez, L. I., & González-Ledesma. 2016. Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 87(3), 980-989. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.006>
- Arévalo JR, de Nascimento L, Fernández-Lugo S, Mata J, Bermejo L, 2011. Grazing effects on species composition in different vegetation types (La Palma, Canary Islands). *Acta Oecol* 37: 230-238. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2011.02.006>.
- Bakker, E.S., Olf, H., Boekhoff, M. et al. Impact of herbivores on nitrogen cycling: contrasting effects of small and large species. *Oecologia* 138, 91–101 (2004). <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1402-5>
- Barrasa, G. S. y Reyes, F. D. J. 2011. Recuperación de saberes ambientales en comunidades campesinas en reservas de Biosfera de Chiapas. En saberes ambientales campesinos. Colección Jaguar-UNICACH. México, DF. 137-165 pp.
- Belsky, A. 1986. Does the herbivory benefit plants? A review of the evidence. *The American Naturalist* 127 (6): 870 – 892.
- Cingolani, A.M., Posse, G. & Collantes, M.B., 2005. Plant functional traits, herbivore selectivity and response to sheep grazing in Patagonian steppe grasslands.

- Journal of Applied Ecology, 42(1): 50–59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2004.00978.x>
- Collins, S. 1987. Interaction of disturbance in tallgrass prairie: a field experiment. *Ecology* 68 (5): 1243 -1250.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) 2006. Estrategia regional de manejo para la conservación de los recursos naturales en las áreas naturales protegidas de la región noreste. 62 pp.
- CONAZA (Comisión Nacional de Zonas Áridas) 1994. Manejo y rehabilitación de agostaderos de las zonas áridas y semiáridas de México (Región Norte). Saltillo, Coahuila, México. 113 p.
- de Bello, F., Lepš, J. and Sebastià, M.-T. (2007), Grazing effects on the species-area relationship: Variation along a climatic gradient in NE Spain. *Journal of Vegetation Science*, 18: 25-34. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2007.tb02512.x>
- Deléglise, C., Meisser, M., Mosimann, E., Spiegelberger, T., Signarbieux, C., Jeangros, B. & Buttler, A., 2015. Drought-induced shifts in plants traits, yields and nutritive value un-der realistic grazing and mowing managements in a moun-tain grassland. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 213: 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.07.020>
- Díaz, S., Lavorel, S., McIntyre, S., Falczuk, V., Casanoves, F., Milchunas, D.G., Skarpe, C., Rusch, G., Sternberg, M., Noy-Meir, I., Landsberg, J., Zhang, W., Clark, H. & Camp-bell, B.D., 2007. Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology*, 13(2): 313–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x>
- Encina-Domínguez, J.A. 2017. Riqueza florística y comunidades vegetales de la Sierra de Zapalinamé, Saltillo, Coahuila, México. Tesis doctoral Facultad de ciencias forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 145 p.
- Encina-Domínguez, J.A., Valdés-Reyna J., Villarreal-Quintanilla J. A. 2014. Estructura de un zacatal de toboso (*Hilaria mutica*: Poaceae) asociado a sustrato ígneo en el Noreste de Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 8, 583–594.
- Encina-Domínguez, Juan A., Villarreal-Quintanilla, José A., Estrada-Castillón, Eduardo, & Rueda-Moreno, Omar. 2019. Situación actual de la vegetación de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Botanical Sciences*, 97(4), 630-648. Epub 04 de febrero de 2020. <https://doi.org/10.17129/botsci.2213>
- Estrada, C.E., Scott-Morales, L., Villarreal-Quintanilla, J.A., Jurado-Ybarra, E., Cotera-Correa, M., Cantú-Ayala, C., 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* 81, 401–416.
- FANP, Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. 2008. Sistema de evaluación y monitoreo de las áreas naturales protegidas. Reporte anual 2008. 122 pp.
- Gillen, R.L. and Sims, P.L. 2004. Stocking rate, precipitation and herbage production on sand sagebrush grassland. *Journal of Range Management* 55, 148-152. Gutiérrez, L.R., García, M.G. y Amador, R.M. 2007.

- Gómez-Sánchez, M., Suárez-Martínez, A.L., Martínez-Montes E.I. 2011. Análisis florístico de un pastizal del estado de Querétaro, México. *Journal of Botanical Reserach Institution Texas* 5, 707–717.
- Gray, M. H.; Korte, C. J. and Christieson, W. M. 1987. Seasonal distribution of pasture production in New Zealand, XX. Waerengaokuri (Gisborne). *New Zealand Journal Experimental Agriculture*. 15:397-404.
- Gutiérrez R, Medina G, Amador MD, 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias No. 41, Zacatecas, México. 37 pp.
- Henwood, W. 1998. An overview of protected areas in the temperate grasslands biome. *PARKS* 8(3): 3-8.
- Hernández Hernández, M., López Ortiz, S., Jarillo Rodríguez, J., Ortega Jiménez, E., Pérez Elizalde, S., Díaz Rivera, P., & Crosby Galván, M. M. 2020. Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 53-69. Epub 11 de junio de 2020. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>.
- Hernández, G., Sánchez, L., Carmona, T. Pineda, M., Cuevas R. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la sierra de Manantlán. *Madera y Bosques*. 6 (02): 13 – 28.
- Hua, J.; Lu, S.; Song, K.; Wang, J.; Wang, J.; Xu, J. 2022. Effects of Livestock Grazing on Spatio-Temporal Patterns and Behaviour of Reeves's Pheasant *Symaticus reevesii*. *Animals*, 12, 2968. <https://doi.org/10.3390/ani12212968>.
- Ibarra Flores, F., Martín Rivera, M., Moreno Medina, S., Ibarra Martín, F., & 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.
- Ibarra, F. F., S. M. Medina., M. Martín, R., F. Denogean, B., y E. Gerlach. 2005. La siembra del zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos ganaderos en la sierra de Sonora. *Técnica Pecuaria en México* 43(2):173-183.
- 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., & 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(Supl. 3), 261-285. Epub 24 de enero de 2022. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>.
- Lavorel, S. & Garnier, E., 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology*, 16(5): 545–556.
- Ma, Q, Chai, L, Hou, F, Chang, S, Ma, Y, Tsunekawa, A and Cheng, Y. 2019. Quantifying Grazing Intensity Using Remote Sensing in Alpine Meadows on Qinghai-Tibetan Palateau. *Sustainability*2019,11 (417). 1-14. doi:10.3390/su11020417
- Martorell, C., Zepeda V., Martínez-Blancas, A., García-Meza, D., Pedraza, F. 2017. A diversity world record in a grassland of Oaxaca, Mexico. *Botanical Sciences* 95, 1–7.

- Milchunas, D.G.; Lauenroth, W.K. Efectos cuantitativos del pastoreo sobre la vegetación y el suelo en una gama global de entornos. *Ecol. Monogr.* 1993. 63, 327–366. <https://doi.org/10.2307/2937150>.
- Nai-Bregaglio, M., Pucheta, E., Cabido, M. 2002. El efecto del pastoreo sobre la diversidad florística y estructural en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 75, 613–623.
- Noy-Meir, I., Gutman, M. & Kaplan, Y. 1989. Responses of Mediterranean grassland plants to grazing and protection. *J. Ecol.* 77: 290–310.
- Odriozola, I., García-Baquero, G., Fortin, M.-J., Laskurain, N.A. & Aldezabal, A., 2017. Grazing exclusion unleashes competitive plant responses in Iberian Atlantic mountain grasslands. *Applied Vegetation Science*, 20(1): 50–61. <https://doi.org/10.1111/avsc.12277>
- Olf, H., Ritchie, M. E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends Ecol Evol* 13:261-265. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01364-0](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01364-0)
- Ortiz Hernández, S. E., C. Cantú Ayala, M. de L. Bello Sánchez, J. Uvalle Saucedo y J. Ochoa Espinoza. 2016. Perspectivas legales de la ganadería en las Áreas Naturales Protegidas de México. *Áreas Naturales Protegidas Scripta*. Vol.II (1): 47-62. DOI:10.18242/ANPScripta.2015.02.02.01.0004
- Osem, Y., Perevolotsky, A. and Kigel, J. (2004), Site productivity and plant size explain the response of annual species to grazing exclusion in a Mediterranean semi-arid rangeland. *Journal of Ecology*, 92: 297-309. <https://doi.org/10.1111/j.0022-0477.2004.00859.x>
- Peco, B., Navarro, E., Carmona, C.P., Medina, N.G. & Marques, M.J., 2017. Effects of grazing abandonment on soil multi-functionality: The role of plant functional traits. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 249: 215–225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.08.013>
- Pontes, L.D.S., Louault, F., Carrère, P., Maire, V., Andueza, D. & Soussana, J.F., 2010. The role of plant traits and their plasticity in the response of pasture grasses to nutrients and cutting frequency. *Annals of Botany*, 105(6): 957–965. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq066>
- PROFAUNA. Protección de la Fauna Mexicana AC. 2017. *Programa Operativo 2018 - 2022. Reserva Natural Estatal Sierra de Zapalinamé*. Saltillo, Coahuila, México. 109 p.
- Ru, Y.J. y J.A. Fortune. 2000. Effect of grazing intensity and cultivar on morphology, phenology, and nutritive value of subterranean clover II. Nutritive value during the growing season. *Aust. J. Agr. Res.* 51, 1047-1055.
- Sala, O., Vivanco, L., & Flombaum, P. 2013. *Grassland Ecosystems*, Editor(s): Simon A Levin, *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, Academic Press, 2013, Pages 1-7. ISBN 9780123847201, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00259-8>.
- Sánchez, C.E., and Wood, M. K. 1984. The relationship of soil surface roughness with hydrologic variables on natural and reclaimed range-land in New Mexico. *Journal of Hydrology*. 94: 345-354.
- SEMARNAT. (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2016. *Ecosistemas terrestres*. En: Informe de la situación del medio ambiente en México 2015. México. 2016.

- https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe15/tema/pdf/Cap2_Ecosistemas.pdf. Consultado 04 mayo, 2024.
- SPP. Secretaría de Programación y Presupuesto. 1983. *Síntesis geográfica de Coahuila*. México, DF: Dirección General de Geografía e Informática. ISBN: 9789688095775.
- Terradas, J. 2001. *Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- Toulmin, C.; Scoones, I. 2001. ¿Formas de avanzar? Opciones técnicas, estrategias de intervención y opciones políticas. En *Dinámica y Diversidad: fertilidad del suelo y medios de vida en África*; Scoones, I., Ed.; Earthscan: Londres, Reino Unido; págs. 176-208. <https://doi.org/10.4324/9781849776134>.
- UAAAN. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1998. Programa de manejo de la zona sujeta a conservación ecológica "Sierra de Zapalinamé". Secretaría de Desarrollo Social, Gobierno del estado de Coahuila. Saltillo, p. 179.
- Van Soest PJ. 1944. Nutritional ecology of the ruminant: Plant, animal, and environment. 2nd ed. Cornell University. Ithaca and London; 77-107.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 74(10):3583–3597.
- Vásquez, Nydia & Javier-Morales, Lizzy & Armona, Juan & Bernal Barragan, Hugo. (2024). Valor nutricional y energético de cuatro especies de pastos de agostaderos del noreste de México. *Revista Ciencia UANL*. 27. 42-51. 10.29105/cienciauanl27.125-6.
- Vásquez, R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el rancho demostrativo "Los Ángeles". Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila.
- Wang, K., L. Deng, Zongping, R., Jianping L, Zhouping S. 2016. Grazing exclusion significantly improves grassland ecosystem C and N pools in a desert steppe of Northwest China, *CATENA*, Volume 137: 441-448. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.10.018>.
- Witt, G.B., Noel, M.V., Bird, M.I., Beeton, R.J.S., Menzies, N.W. 2011. Carbon sequestration and biodiversity restoration potential of semi-arid mulga lands of Australia interpreted from longterm grazing exclosures. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141, 108–118.
- Zou, J., Luo, C., Xu, X., Zhao, N., Zhao, L., Zhao, X. 2016. Relationship of plant diversity with litter and soil available nitrogen in an alpine meadow under a 9-year grazing exclusion. *Ecological Research* 31, 841–851.

CONCLUSIÓN GENERAL

Los principales efectos de la exclusión del pastoreo fue el aumento de la producción y la calidad del forraje. Así mismo se pudo identificar que la estación de primavera presenta menor cantidad de forraje, sin embargo es la estación que mejor relación de contenido de fibras presenta, en el caso de las áreas de pastoreo se recomienda ajuste de carga animal ya que los datos reflejan una disminución en la producción a pesar que la practica ganadera está permitida en las áreas naturales protegidas se considera factor de riesgo para los ecosistemas pastizales, La exclusión del pastoreo brinda el descanso adecuado para la recuperación en la productividad de los pastizales.

Por otro lado, las poblaciones existentes del gorrión de Worthen son indicadores de la buena salud del pastizal en el sitio de estudio, las prácticas de manejo del ecosistema que se realizan proporcionan las condiciones y recursos que el ave necesita para la construcción de sus nidos, al ser más exitoso que en la mayoría de otras áreas del norte de México en las que se ha evaluado su anidación. *Muhlebergia torrey* es la especie de gramínea que constituye el material clave para la construcción del nido del gorrión de Worthen a pesar de ser una gramínea no muy abundante del pastizal en la zona de estudio.

LITERATURA CITADA

- Adesogan, A. T., Givens, D. I., and Owen, E. 2000. Measuring chemical composition and nutritive value in forages. In: Field and Laboratory Methods for Grassland and Animal Production Research. Wallingford: CABI Publishing. UK. 263-278 pp.
- Alvarado, V., T. Bermúdez, M., Piedra, L. 2013. Evaluación de la revegetación para el control de la erosión laminar en taludes de la Microcuenca del Río Pirro, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional, Costa Rica. 74p.
- Archer, S. 1994. Woody plant encroachment into southwestern grasslands and savannas: rates, patterns, and proximate causes. In Ecological Implications of Livestock Herbivory in the West, ed. M Vavra, WA Laycock, RD Pieper, pp. 13–68. Denver, CO: Soc. Range Manag.
- Askins, R.A., F. Chavez-Ramirez, B.C. Dale, C.A. Haas, J.R. Herkert, F.L. Knopf, and P.D. Vickery. 2007. Conservation of grassland birds in North America Understanding ecological processes in different regions. Ornithological Monographs, No. 64.92 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.1525/aoum.64>
- Batis, A. I., Alcocer, M. I., Gual, M., Sánchez, C., Vázquez, C. 1999. Árboles mexicanos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Universidad Nacional Autónoma de México Instituto de Ecología. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J084. México D. F.
- Beadle, D. y Rising J.D. 2002. Sparrow of the United States and Canada. The Photographic guide. Pp: 98-99.
- Behrstock, R. A., C. W. Sexton, G. W. Lasley, T. L. Eubanks y J. P. Gee. 1997. First nesting records of Worthen's Sparrow *Spizella wortheni* for Nuevo León, Mexico, with a habitat characterization of the nest and notes on ecology, voice, additional recent sightings and leg coloration. Cotinga. 8:27-33.
- Beltrán, L.S., Loredó, O.C., y Urrutia, M.J. 2005. Manejo y rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas. Libro técnico núm. 1. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 155-187 pp.
- Bennie, J., Anderson, K., and Wetherelt, A. 2011. Measuring biodiversity across spatial scales in a raised bog using a novel paired-sample diversity index. J. Ecol. 99, 482–490.
- Berlanga, H., J.A Kennedy, T.D. Rich, M.C. Arizmendi, C.J. Beardmore, P.J. Blancher, G.S. Butcher, A.R. Couturier, A.A Dayer, D.W. Demarest, W.E. Easton. M. Gustafson, E. Iñigo-Elias, E.A Krebs, A.O. Panjabi, V. Rodríguez-Contreras, K.V. Rosenberg, J.M. Ruth, E. Santana-Castellon, R.Ma. Vidal y T. Will. 2010. Conservando a nuestras aves compartidas: la visión trinacional de Compañeros en

Vuelo para la conservación de las aves terrestres. Cornell Lab. of Ornithology: Ithaca, N.Y. U.S.A.

- BirdLife International. 2013. *Spizella wortheni*. In: IUCN 2014. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. Downloaded from: <www.iucnredlist.org>.3
- BirdLife International. 2010. Worthen's Sparrow – BirdLife Species Factsheet. [On line] [http://www.birdlife.org/datazone/search/species_search.html?action=SpcHTMLDetails.asp&sid=9006 &m=0](http://www.birdlife.org/datazone/search/species_search.html?action=SpcHTMLDetails.asp&sid=9006&m=0)>.
- BirdLife International. 2019. Species factsheet: *Spizella wortheni*. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 24/05/2019.
- Blancher, P. 2003. Importance of North America's grasslands to birds. Bird Studies Canada. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canada. www.bsc-eoc.org/download/Blancher%20Importance%20of%20Grasslands%20Report%20NOV%2003.pdf.
- Boudet, A. 2000. Lignins and lignification: Selected issues. Plant Physiology and Biochemistry 38: 81–96.
- Canales del Castillo, R. 2010. Biología y genética de la conservación del gorrión amenazado y endémico del noreste de México: *Spizella wortheni*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. México. 87 pp.
- Canales del Castillo, R., J. I. González-Rojas, I. Ruvalcaba-Ortega y A. García-Ramírez. 2010a. New breeding localities of Worthen's Sparrows in northeastern Mexico. Journal of Field Ornithology. 81:5-12.
- Canales-Delgadillo, J. C., L. Chapa-Vargas, J. A. Carlos-Gómez y J. Arreola-Aguirre. 2015. Nuevos registros de distribución del gorrión de Worthen *Spizella wortheni* en San Luis Potosí, México. Acta Zoológica Mexicana. 31:313-317.
- Canales-Delgadillo, J. C., L. M. Scott-Morales, M. Cotera-Correa y M. Pando-Moreno. 2007. Observaciones sobre los sucesos de temporada reproductiva de *Spizella wortheni*. Ciencia UANL. Vol. X. 160-167 pp.
- Cháves, A., Waghorn, G., Brookes, I., Woodfield, D. 2006. Effect of maturation and initial harvest dates on the nutritive characteristics of ryegrass (*Lolium perenne* L.) Animal Feed Science and Technology. 127:293–318.
- Chávez, S. A., Pérez, G. A., Sánchez, G. E. 2000. Intensidad de pastoreo y esquema de utilización en la selección de la dieta del ganado bovino durante la sequía. Técnica Pecuaria en México, 38(1). 19-34.

- Chesson, A., Stewart, C.S., Dalgarno, K. and King, T.P. 1986. Degradation of isolated grass mesophyll, epidermis and fibre cell walls in the rumen and by cellulolytic rumen bacteria in axenic culture. *Journal of Applied Bacteriology* 60:327–336.
- Collard, A., Lapointe, L., Ouellet, J.P., Crête, M., Lussier, A., Daigle, C., Côté, S.D. 2010. Slow responses of understory plants of maple-dominated forests to white-tailed deer experimental exclusion. *Forest Ecology and Management* 260:649-662.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2020. Biodiversidad Mexicana: ecosistemas pastizales. México. Disponible en: Pastizales | Biodiversidad Mexicana.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. Capital natural y bienestar social. México.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2010. ficha de identificación de la especie Gorrión de Worthen. Disponible en: <https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%202/Monitoreo/2010%20Ficha%20Gorrion%20Worthen.pdf>.
- Corrales, R., Morales, C., Melgoza, A., Sierra, J., Ortega, J., Méndez, G. 2016. Caracterización de variedades de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] recomendadas para rehabilitación de pastizales. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(2), 201-211.
- De la Orden, E.A., Quiroga, A., Ribera, J.D., y Morláns, M.C. 2006. Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca, Argentina. *Ecosistemas* 15: 142-147.
- De León. A. G., Rosales. I. M., de La Fuente. F. C., Hernández. R. T. & de Aquino. S. L. 2007. Parámetros reproductivos y nueva localidad de anidación para el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el estado de Coahuila. México. *Ornitología Neotropical*. 18. 243-249.
- Devendra, C., y McLeroy, G.B. 1986. Producción de cabras y ovejas en los trópicos. México. El Manual Moderno.
- Dinerstein, E., Olson, D., Atchley, J., Loucks, C., Contreras, S., Abell, R., Iñigo, E., Enkerlin, E., Williams, C.E. and Castilleja, G. 2000. Ecoregion Based Conservation in the Chihuahuan Desert: A Biological Assessment. World Wildlife Fund, CONABIO, The Nature Conservancy, Pronatura Noreste and ITESM. Washington, D.C., USA. 376 pp.
- Echavarría, C. F., Serna, P. A., Bañuelos, V. R. 2007. Influencia del sistema de pastoreo con pequeños rumiantes en un agostadero del semiárido Zacatecano: II Cambios en el suelo. *Téc. Pecu. México*, 45(2):177-194.

- ECOPAD. (Estrategia para la Conservación para los Pastizales del Estado de Chihuahua). 2007. Aguirre, C., J. Hoth y A. Lafón (Eds.). Chihuahua, Chih. Disponible en: www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/dc/Ecopad_2007.pdf
- El-Keblawy, A., Ksiksi, T., El Alqamy, H. 2009. Camel grazing affects species diversity and community structure in the deserts of the UAE. *J. Arid Environ.* 73, 347–354.
- Encina-Domínguez, J. A., Valdés-Reyna J., Villarreal-Quintanilla, J.A. 2014. Estructura de un zacatal de toboso (*Hilaria mutica*: Poaceae) asociado a sustrato ígneo en el Noreste de Coahuila, México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas* 8, 583–594.
- Engels, Ch. L. 2001. The effect of grazing intensity on range Hydrology. Disponible en: http://www.ag.ndsu.edu/archive/streeter/2001report/Chad_engels.htm.
- Eviner, V.T., Chapin, F. S. III. 2003. Functional matrix: a conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annu Rev Ecol Evol Syst.* 34:455-485.
- Fenetahun Y., Yuan, Y., Xinwen, X. and Yongdong, W. 2021. Effects of Grazing Enclosures on Species Diversity, Phenology, Biomass, and Carrying Capacity in Borana Rangeland, Southern Ethiopia. *Front. Ecol. Evol.* 8:623627.
- Fernández-Lugo, S. 2012. Efectos del abandono de la ganadería extensiva en la estructura espacial y temporal de ecosistema tradicionalmente gestionados. Serie Tesis Doctorales, Universidad de la laguna. San Cristóbal de La Laguna, Tenerife. España. Curso 2012/13 Ciencias y Tecnologías/42 I.S.B.N.: 978-84-15939-15-3.
- Fierro, L.C. 2001. Análisis de la condición de los pastizales del Desierto Chihuahuense en México. Consultoría para Pronatura Noreste.
- Fox, D. G., Barry, M.C., Pitt, R.E., Roseler, D.K., Stone, W.C. 1995. Application of the Cornell Net Carbohydrate and Protein Model for cattle consuming forages. *J Anim. Sci.*(73):267-277.
- Fredrickson, E.L., Barrow, J.R., Herrick, J.E., Havstad, K.M., Longland, B. 1996. Low cost seeding practices for desert environments. *Restoration and managements notes* 14, 72-73.
- García-Baquero G., Odriozola I., Aldezabal A. 2021. Floristic Composition Mediates Change in Forage Nutritive Quality of Atlantic Mountain Grasslands after Experimental Grazing Exclusion. *Agronomy.* 11(1):25.
- Garza de León A., I. Morán Rosales, F. Cancino de la Fuente, R. Tinajero Hernández y S. López de Aquino. 2007. Parámetros reproductivos y nueva localidad de anidación para el gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el estado de Coahuila, México. *Ornitología Neotropical.* 18:243-249.

- Gómez-Sánchez, M., Suárez-Martínez, A.L., Martínez-Montes, E.I. 2011. Análisis florístico de un pastizal del estado de Querétaro, México. *Journal of Botanical Reserach Institution Texas* 5, 707–717.
- González, H., Cantú, I., Gómez, M. & Ramírez, R. 2004. Plant water relations of thornscrub shrub species, north-eastern Mexico. *Journal of Arid Environments*. 58:483-503.
- González, V.E. y Ávila, C. J. 2010. Manejo de la sequía en ranchos ganaderos del noreste de México. INIFAP-SAGARPA. 17 pp. ISBN 978-607-425-297-2.
- González-Rojas I., Ruvalcaba-Ortega, I., Cruz-Nieto, M. y Canales-del Castillo R. Éxito reproductivo y áreas de anidación del Gorrión de Worthen. Informe técnico. 2007. Informe técnico PRONATURA Noreste.
- Gray, M.H., Korte, C. J., Christieson, W. M. 1987. Seasonal distribution of pasture production in New Zealand, XX. Waerengaokuri (Gisborne). *New Zealand Journal Experimental Agriculture*. 15:397-404.
- Hickman, K.R., & Hartnett, D.C. 2002. Effects of grazing intensity on growth, reproduction, and abundance of three palatable forbs in Kansas tallgrass prairie. *Plant Ecology* 159, 23– 33.
- Holechek, J.L., Pieper, R.D., Herbel, C. H. 1995. Range Management. Principles and Practices, EUA, Quinta edición, Publisher Prentice Hall College Division.
- Howell, S.N.G., Webb S. 1995. A guide to the birds of Mexico and northern Central America. Oxford University Press. Oxford, Inglaterra.
- Huss, D. 1993. El Papel de los Animales Domésticos en el Control de la Desertificación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. 113 pp. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s00.HTM>.
- ICE (Instituto Coahuilense de Ecología). 2001. Ordenamiento ecológico de Coahuila, México. Gobierno de Coahuila. Saltillo, México.
- Iiyama, K., Lam, T. and Stone, B. 1994. Covalent cross- links in the cell wall. *Plant Physiology*. 104:315–320.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Pecuaria). 2015. Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental San Luis San Luis Potosí, S.L.P Folleto para Productores No. MX-0-310307-52-03-17-10-66. ISBN: 978-607-37-0410-6.

- IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). 2010. Red List of threatened species. [On line]: Web page consulted on May 25th 2010.
- Jarillo-Rodríguez, J., Castillo-Gallegos, E., Flores-Garrido, A. F., Valles de la Mora, B., Ramírez, L., Avilés, L., Escobar-Hernández, R. and Ocaña-Zavaleta, E. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13:417-427.
- Jones, J. 2001. Habitat Selection Studies in Avian Ecology: A Critical Review. *The Auk*, 118(2):557-562.
- Jurado-Guerra, P., Luna-Luna, M., Barretero-Hernández, R., Royo-Márquez, M., Melgoza-Castillo, A. 2006. Producción y calidad de forraje y semilla del zacate navajita con la aplicación de biosólidos en un pastizal semiárido de Jalisco. *Técnica Pecuaria en México*, vol. 44, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 289-300 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Mérida, México.
- Kakinuma, K., Terui, A., Sasaki, T., Koyama, A., Jamsran, U., Okuro, T., Takeuchi, K. 2017. Detection of vegetation trends in highly variable environments after grazing exclusion in Mongolia. *J. Veg. Sci.* 28 (5), 965–974.
- King, D. I. Chandler. R. B. Collins. J. M. Petersen. W. R. & Lautzenheiser. T. E. 2009. Effects of width, edge and habitat on the abundance and nesting success of scrub-shrub birds in powerline corridors. *Biological Conservation*. 142(11). 2672-2680.
- Körner, C. 2003. *Alpine Plant Life* (2da ed). Springer Verlag, Berlin, Germany. 344 pp.
- Iiyama K., Lam T. and Stone B. 1994. Covalent cross- links in the cell wall. *Plant Physiology*. 104:315–320. Muslera E. y Ratera C. 1991. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2a ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 674p.
- López, D. C. 2005. Ganadería campesina en agostaderos de uso común: estudio de caso en Ixtacamaxtitlán, Puebla. Colegio de postgraduados, tesis de maestría, Puebla, Puebla. 149 pp. 10.13140/RG.2.1.4607.9443.
- Loveland, R. R., Reed, B. C., Brown, J. F., Ohlen, D. O., Zhu, Z., Yang, L & Merchant, J. W. 2000. Development of a global land cover characteristics database and IGBP DISCover from 1 km AVHRR data, *International Journal of Remote Sensing*, 21:6-7, 1303-1330, DOI: 10.1080/014311600210191
- Lyons, R. K., Machen, R.V., Sthuth, J.W. 2000. Photoguide to grazing beef cattle forage diet quality. Texas Agricultural Extension Service.

- Mercado, M.G. 2006. Evapotranspiración y déficit hídrico en un agostadero representativo de matorral sarcocaulé en la paz, Baja California Sur. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, s.c. Tesis de maestría. 85 pp.
- Miller, D.J. 2000. Impacts of livestock grazing in Himalayan and Tibetan Plateau Rangelands. <http://www.mtnforum.org/resources/library/milld00a.htm>.
- 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. *Rev Mex Cien Pec.* 4(2):361–71.
- Muller, C.H. 1947. Vegetation and climate in Coahuila. *Madroño* 9: 33-57. 46-48.
- Murillo, O.M., Reyes, E.O., Herrera, T.E., Carrete, C.O. 2011. Cambios estacionales en la composición química y fermentación ruminal de la dieta seleccionada por bovinos en pastoreo en un pastizal de la región central de Durango. *Memorias. 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos.* Chihuahua. Chih. México.
- Museo de las Aves de México. 2010. Gorrión de Worthen. [En línea] Página visitada el 13 de mayo de 2023.
- Muslera, E. y Ratera, C. 1991. Praderas y forrajes, producción y aprovechamiento. 2a ed. Mundi Prensa. Madrid, España. 674 p.
- Nature Serve, 2004. Land cover descriptions for the Southwest Regional Gap Analysis Project. Nature Serve. Arlington, VI.
- Newman, E.I. 2000. Applied ecology y environmental management. Blackwell Science, London, UK.
- NACBI (North American Bird Conservation Initiative). 2016. The State of North America's Birds. Environment and Climate Change Canada, Ottawa, Ontario 8 pages. Available from: www.stateofthebirds.org.
- Olf, H., Ritchie, M.E. 1998. Effects of herbivores on grassland plant diversity. *Trends in Ecology and Evolution* 13, 261–265.
- Panjabi, A., E. Youngberg y G. Levandoski. 2010. Wintering Grassland Bird Density in Chihuahuan Desert Grassland Priority Conservation Areas, 2007-2010. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, CO, RMBO Technical Report I-MXPLAT-08-03. 83 pp. Available: http://rmbo.org/v3/Portals/0/Documents/International/Chihuahuan_Desert_Wintering_Grassland_Bird_Tech_Report_2010_FINAL.pdf

- Pinedo, A.C., Hernández, N.S., Melgoza, A., Ortega, O., Viramontes, O. A. 2011. Modelación climática para describir sitios de pastizales en Chihuahua, México. En Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales Cambio Climático y Dimensiones Humanas. Chihuahua, Chih. México. P. 170.
- PMARP (Plan Maestro de la Alianza Regional para la Conservación de los Pastizales del Desierto Chihuahuense). 2012. Guzman-Aranda, J.C., J. Hoth y H. Berlanga (Eds.). Comisión para la Cooperación Ambiental. Montreal, 64 pp. Disponible en: http://rmbo.org/v3/Portals/0/Documents/International/Master_Plan_Chihuahua_jan2012.pdf.
- Pool, BD, Panjabi AO, Macías-Duarte A, Soljhem D. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining north American grassland bird species. *Biological Conservation*. 170:274-281. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.12.019>.
- Quero-Carrillo, A.R., Miranda-Jiménez, L., Villanueva-Ávalos, J.F. 2017. Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 21(3): 63-85. ISSN 0188789-0.
- Quispe, R., Jiménez, M. 2014. Relación de las forrajeras nativas más preferidas por el ganado vacuno con el contenido nutricional y su disponibilidad dentro del bosque, comunidad de azero norte - parque nacional y área natural de manejo integrado serranía del Iñaño. *Ciencias Tecnológicas y Agrárias, Handbooks -©ECORFAN-Sucre, Bolivia*.
- Rabuffetti, F. L. 2001. Ecología y conservación de aves de pastizal (Vickery y Herkert: Ecology and conservation of grassland birds of the Western Hemisphere). *Hornero* 016 (02): 104-105.
- RMBO (Rocky Mountain Bird Observatory). 2008. Guía de bolsillo para aves de pastizal del Desierto Chihuahuense. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, Colorado, USA.
- RMBO (Rocky Mountain Bird Observatory). 2011. Compartiendo sus agostaderos con las aves de pastizal. Rocky Mountain Bird Observatory, Brighton, Colorado, USA. Disponible en: <http://www.rmbo.org/dataentry/postingArticle/dataBox/Spanish%20BMP%20lores.pdf>
- Rocha, A., Torres-Cepeda, T., González-de la Rosa, M., Martínez-Lozano, S. y Alvarado-Vázquez, M.A. 1998. "Flora ornamental de plazas y jardines públicos del área metropolitana de Monterrey, México". *SIDA*, 18(2): 579-586.
- Rodewald, A. D., & Yahner, R. H. 2001. Influence of landscape composition on avian community structure and associated mechanisms. *Ecology*, 82(12), 3493- 3504.

- Rosenberg, K., Dokter. A., Blancher. P., Sauer. J., Smith. A., Smith. P., Stanton. J., Panjabi. A., Helft. L., Parr. M., Marra. P. 2019. Decline of the North American avifauna. *Science* 366:120-124. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>.
- Rutherford, M.C., Powrie, L.W. 2010. Severely degraded rangeland: implications for plant diversity from a case study in Succulent Karoo, South Africa severely degraded rangeland: implications for plant diversity from a case study in Succulent Karoo, South Africa. *J. Arid Environ.* 74, 692–701.
- Ruvalcaba-Ortega, I., R. Canales del Castillo, J. I. González-Rojas, A. 2015. Programa de Acción para la Conservación de la especie Gorrión altiplanero (*Spizella wortheni*) disponible:<https://simec.conanp.gob.mx/Publicaciones2020/Publicaciones%20CONANP/Parte%202/Estrategias%20Planes%20y%20Programas/2015%20PACE%20Gorrion%20Altiplanero.pdf>.
- Rzedowski, J. 1975. An ecological and phytogeographical analysis of the grasslands of Mexico. *Taxon* 24, 67–80.
- Rzedowski, J. 1986. *Vegetación de México*. Limusa. México.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Distrito Federal, México. 504 pp.
- Scott-Morales. L. Necedal. J. Cotera. M. & Canales-Delgadillo. J. 2008. Worthen's sparrow (*Spizella wortheni*) in the northern Mexican Plateau. *The Southwestern Naturalist*. 53(1). 91-96.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y desempeño ambiental. Capítulo 3. Suelos. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_3.html.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. “Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001, Protección ambiental- Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio – Lista de especies en riesgo”, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Diario Oficial de la Federación. México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2018. Programa de Acción para la Conservación de la Especie Gorrión Altiplanero (*Spizella wortheni*), SEMARNAT/ CONANP, México (Año de edición 2018).
- Sibley D.A. 2000. *The Sibley guide to birds*. National Audubon Society. Chanticleer Press,

- Simmons, M.T., Venhaus, H.C., Windhager, S. 2007. Exploiting the attributes of regional ecosystems for landscape design: The role of ecological restoration in ecological engineering. *Ecol. Eng.* 30, 201–205.
- Suárez, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. ISBN-13 (15) 978-958-3327-34-6.
- Tarhouni, M., Ben Hmida, W., Neffati, M. 2017. Long-term changes in plant life forms as a consequence of grazing exclusion under arid climatic conditions. *Land Degrad. Dev.* 28 (4), 1199–1211.
- 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, 310-322.
- Valdés, J., González-de la Rosa, M.C., Foroughbakhch-Pournavab, R. y Guzmán-Lucio, M.A. 2010. “Diversidad e importancia pecuaria de las gramíneas (Poaceae) en Nuevo León: de la lechuguilla a las biopelículas vegetales”. *Las plantas útiles de Nuevo León.* Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México, 539-567 pp.
- Valerio, V.A., Carreón, E., Lafón, A., Ochoa, J.M., Calderón, P., Soto, D.M., Chacón, C., Favela, E. 2005. Distribución, extensión espacial y condición de los pastizales en el Estado de Chihuahua. *Protección de la Fauna Mexicana y The Nature Conservancy.* Chihuahua, México.
- Vargas, R. J. 2020. Calidad de los forrajes para rumiantes- revista entorno ganadero. MBeditores disponible en: <https://bmeditores.mx/ganaderia/calidad-de-los-forrajes-para-rumiantes/>
- Vásquez, R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el rancho demostrativo “Los Ángeles”. Escuela Superior de Agricultura “Antonio Narro”. Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila.
- Vázquez, C., Batis, A.I., Alcocer, M.I., Gual, M., Sánchez, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Velázquez-Álvarez, M.V. 2019. Factores que influyen en la ocupación de hábitat en la temporada de reproducción del Gorrión de Worthen (*Spizella wortheni*) en el Altiplano Potosino. Tesis de Maestría, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica/A.C., San Luis Potosí, México, 50 p.
- Villarreal, J.A., Valdés-R, J. 1992-93. Vegetación de Coahuila, México. *Revista de Manejo Pastizales* 6, 9–18.

- Wang, S., Jiangwen, F., Yuzhe, L. and Huang, L. 2019. Effects of Grazing Exclusion on Biomass Growth and Species Diversity among Various Grassland Types of the Tibetan Plateau. *Sustainability*. 11, 1705; Doi:10.3390/su11061705.
- Wege D.C., S.N.G. Howell, A.M. Sada. 1993. The distribution and status of Worten's Sparrow *Spizella wortheni*: a review. *Bird Conservation International* 3: 211-220.
- Wesche, K., Ronnenberg, K., Retzer, V., Miede, G. (2010). Effects of large herbivore exclusion on southern Mongolian desert steppes. *Acta Oecologica* 36:234-241.
- Wittenberger, J.F. 1980. Vegetation structure, food supply, and polygyny in bobolinks (*Dolichonyx oryzivorus*). *Ecology*, 61:140-150.
- Wu, G. L., Du, G. Z., Liu, Z. H., & Thirgood, S. 2009. Effect of fencing and grazing on a Kobresia-dominated meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau. *Plant and Soil*, 319(1-2), 115-126.
- Zhang, J. T., Ru, W. M., Li, B. 2006. Relationships between vegetation and climate on the Loess Plateau in China. *Folia Geobot.* 41, 151–163.
- Zhang, Y., and Zhao, W. 2015. Vegetation and soil property response of short-time fencing in temperate desert of the Hexi Corridor, northwestern China. *Catena* 133, 43–51.