Evaluación de prácticas de manejo de suelo para la siembra de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), bajo condiciones de temporal en el sureste de Coahuila

Ramón Gutiérrez-Luna[1], David Castillo-Quiroz [2*] Francisco Castillo-Reyes[2], Adriana Antonio-Bautista[3], Guillermina Martínez-Trejo[4], J. Trinidad Sáenz-Reyes[5]

[1]*Campo Experimental Zacatecas (INIFAP) Carretera Zacatecas-Fresnillo Km. 24.5 C.P. 98500, 24.5 Calera de Víctor Rosales, Zac. C.P. 98500*

[2*]*Campo Experimental Saltillo (INIFAP). Carretera Saltillo-Zacatecas km 342+119 núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista. Saltillo C. P. 25315. Coahuila de Zaragoza, México*

[3]*Universidad Agraria Antonio Narro. Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas. Calzada Antonio Narro No. 1923 Colonia Buenavista Saltillo C.P. 25315 Coahuila de Zaragoza, México*

[5]*Campo Experimental Valle de México. Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, Texcoco, Estado de México. de México C.P. 56250, A.P. 307 y 10*

[5]*Campo Experimental Uruapan. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Latinoamericana núm. 1110, Col. Revolución. C. P. 60150. Uruapan, Michoacán, Méxi*

Artículo recibido el 22 de julio de 2022 y aceptado el 19 de agosto de 2022

Evaluation of soil management practices for the sowing of Buffel grass (Cenchrus ciliaris L.), under conditions of temporary in the southeast of Coahuila.

Abstract

At present, the deteriorating conditions of natural resources limit the productive capacity of livestock production systems. In the native rangeland areas of southeastern Coahuila, high levels of degradation are found and one way to improve their production levels is through reseeding, for which it is necessary to evaluate different soil management practices and the reseeding of buffel grass to rehabilitate the productive capacity of rangeland in arid and semi-arid zones. The objective of this research was to determine the impact of five soil management practices on the establishment of meadows induced with Buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) and its productivity to cattle feeding under rainfed conditions. The treatments to be evaluated were: 1) Fallow, 2) Fallow - Subsoil, 3) Subsoil, 4) Harrow, 5) Control, sowed at a density of 10 kg ha^{-1} with four repetitions. To determine dry matter production, a 1.0 x 1.0 m quadrant was used and a 1.0 m point frame with 20 needles was used for the basal cover, and from this, the stocking rate was determined.

Key words: Cenchrus ciliaris, rangeland, forage production, arid zones.

Resumen

En la actualidad las condiciones de deterioro de los recursos naturales limitan la capacidad productiva de los sistemas de producción pecuaria. En las áreas de pastizales nativos del sureste de Coahuila se encuentran con altos niveles de degradación y una manera de mejorar sus niveles productivos es mediante la resiembra, por lo cual es necesario evaluar diferentes prácticas de manejo de suelo y la siembra de zacate Buffel para rehabilitar la capacidad productiva de los pastizales de las zonas áridas y semiáridas. El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), y su productividad para alimentación de ganado bajo condiciones de

*Autor de correspondencia
Email: castillo.david@inifap.gob.mx
ISSN 2594-0384 (Electrónica)
DOI: https://doi.org.1033154/rlrn.2022.01.04

temporal. Los tratamientos a evaluar fueron: 1) Barbecho 2) Barbecho + Subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra, 5) Sin labranza (Testigo), más el sembrado de semilla de *C. ciliaris* a una densidad de 10 kg ha^{-1} aplicados a un área de 400 m^2 por tratamiento, con cuatro repeticiones. Para determinar la producción de materia seca se utilizó un cuadrante de 1.0 x 1.0 m y para la cobertura basal un marco de puntos de 1.0 m con 20 agujas y a partir de ello se determinó la carga animal.

Palabras claves: Cenchrus ciliaris, pastizales, producción de forraje, zonas áridas.

Introducción

El 95% de los pastizales y el 70% de los matorrales en México están sobrepastoreados (INE-SEMARNAT, 2003), y el escenario en los pastizales el sureste de Coahuila no es muy distinto, dado que estos muestran altos niveles de deterioro en su productividad a causa de las intervenciones del hombre y a las condiciones climáticas desfavorables. Lo anterior trae consigo una reducida producción forrajera y una baja cobertura vegetal, y por ende, un incremento de la superficie de suelo desnudo, por lo cual acrecienta la pérdida de suelo y agua, propiciando paralelamente el incremento de herbáceas y arbustivas indeseables para el ganado, y por lo tanto, la falta de forraje para la alimentación del ganado en pastoreo (Castillo *et al*., 2012).

Ante el proceso continuo del deterioro de las tierras del pastizal y del cambio climático, es necesario conservar los recursos naturales renovables en la mejor condición de salud posible. Una de las estrategias para la recuperación en el corto plazo de tierras de pastoreo sin cubierta vegetal y en proceso de erosión, es a través de la resiembra. Frente a este escenario se deben buscar estrategias y/o prácticas de manejo que resulten viables para la rehabilitación de ecosistemas degradados desde el punto de vista económico y ecológico, ya que cuando su condición mejora, se incrementa su estabilidad y resistencia (Krogh *et al*., 2002).

Ante períodos de sequía extrema característicos en los pastizales de ecosistemas áridos y semiáridos aunado a las actividades antrópicas, surge la necesidad de mejorar las tierras de pastizal; para esto, existen acciones de rehabilitación de estos sitios a través de resiembras, que consiste en establecer vegetación a través de la siembra artificial utilizando especies adaptadas a la región y camas de siembra apropiadas con el uso de prácticas culturales de manejo al suelo.

Sin embargo, previo al inicio de las resiembras, es importante considerar el uso de prácticas culturales al suelo mediante métodos mecánicos (Echavarría *et al.*, 2009). Existen diversas prácticas culturales para la rehabilitación de los pastizales degradados destacando entre ellas: surcado en contorno o curvas a nivel, surcado lister, bordos a nivel, subsoleo, barbecho, y áreas de exclusión entre otras (SADER, 2019; Velásquez *et al.* 2012; Castillo *et al*., 2011). Dentro de los equipos para la preparación de la cama de siembra destacan: rastras con discos, arado de discos, arado desenraizador, arado subsoleador, rieles, rodillo impresor de suelos y el rodillo aereador (SADER, 2016).

Dichas prácticas bien realizadas proporcionan las condiciones óptimas para la germinación y emergencia de las plantas, por ejemplo, protegen la estructura del suelo ya que es esencial para el funcionamiento del mismo, dado que regulan la infiltración del agua; aumentan la porosidad del suelo; y favorecen el intercambio de gases de gran importancia, debido a que interviene en el proceso de absorción (agua y nutrientes). Asimismo, repercute por un lado en una excelente germinación de plantas con un vigoroso sistema radical, que permite que sus raíces penetren más fácilmente y que exploren mayor volumen de suelo en la búsqueda de agua y nutrientes. Además, se incrementa la densidad de las especies forrajeras y por ende la disponibilidad de forraje, y mejora de la dieta del ganado (Jurado *et al*., 2021; Torres-Guerrero *et al*., 2013; Angers y Caron, 1998).

El objetivo de esta investigación fue determinar el impacto de cinco prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas inducidas con zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), y su productividad en alimentación de ganado bajo condiciones de temporal.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. La presente investigación se estableció en el ejido Cosme del municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, situado en

las siguientes coordenadas geográficas 25° 52´ 08.9" Latitud Norte (LN) y 101° 18’ 18.1” Longitud Oeste (LO), predio de un productor cooperante (Figura 1).

En el área de estudio según la clasificación de Köppen modificada por García (1973), el clima es seco semicálido y templado (BwK), con una temperatura media anual de 18.5°C y con una precipitación de 198.7 mm anuales, con régimen pluvial de verano y una elevación de 1100 m.s.n.m. En su mayoría los suelos en el sitio corresponden a los tipos Xerosol y Litosol, con una topografía casi plana, alrededor del 2% de pendiente. El suelo del presente sitio se encontró altamente compactado con muy baja cobertura vegetal cercana al 4% (Figura 2). El tipo de vegetación en el área de

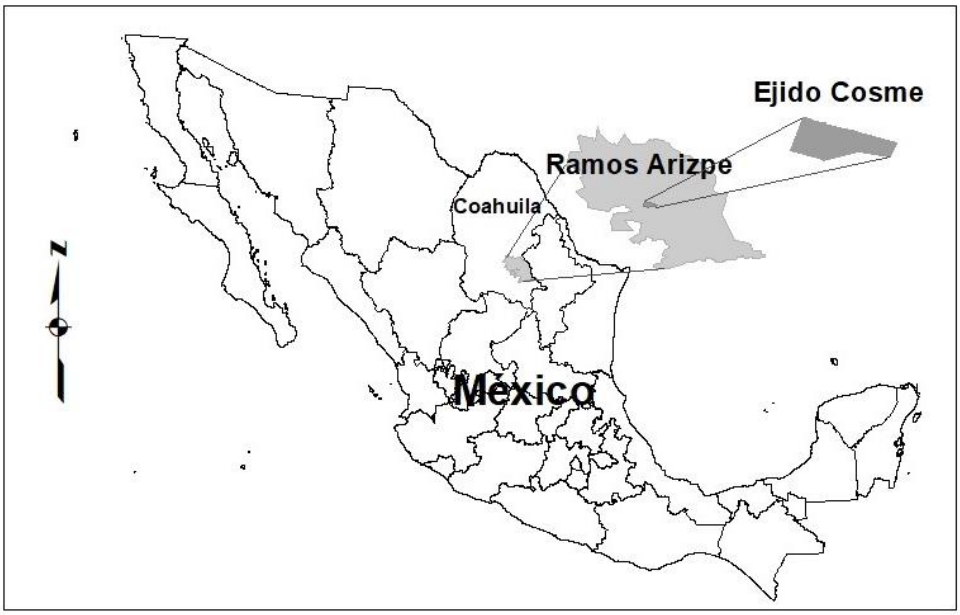


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio en el ejido Cosme municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Características del área de estudio previo a la aplicación de los tratamientos. Ejido Cosme, Ramos Arizpe, Coahuila, México.

estudio corresponde a un matorral desértico micrófilo (Rsedowski, 1978), con una condición pobre del agostadero, caracterizado por la presencia de especies arbustivas indeseables para el ganado, como: gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Coville, Coyonoxtle (*Opuntia imbricata* (Haw.) DC), hojasén (*Flourensia cernua* DC), nopal rastrero (*Opuntia rastrera* F.A.C. Weber) entre otras.

Tratamientos y densidad de siembra. El experimento se estableció en el mes de mayo 2020, previo del inicio de las de lluvias de verano bajo condiciones de temporal. Los tratamientos consistieron en la evaluación de cinco prácticas de manejo de suelo para el establecimiento de la pradera en el pastizal. Los tratamientos consistieron en: 1) Barbecho, 2) Barbecho + Subsoleo, 3) Subsoleo, 4) Rastra, y 5) Sin labranza (Testigo), sin siembra; más la siembra de zacate Buffel. Cada una de las prácticas se realizó de manera mecanizada (tractor), y el implemento agrícola apropiado (arado de discos o arado de subsuelo). Primeramente, se delimitó cada área bajo tratamiento y se realizó la distribución de los mismos completamente al azar en dicha área, para poder realizar la acción correspondiente. Para el barbecho se usó un arado de discos para cortar, romper y voltear el suelo a profundidades de hasta 30 cm; para subsoleo de tres picos ya que solo permite romper el suelo sin voltearlo ni cambiarlo de posición a profundidades de hasta 80 cm; y para el proceso rastra se usó una rastra de discos dentados trabajando el suelo hasta 25 cm de profundidad. Al final de cada preparación se realizó la siembra en cada uno de los tratamientos esparciendo al voleo la semilla sobre el área bajo cada tratamiento, a excepción del testigo, con una densidad de siembra de 10 kg ha^{-1} de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Posteriormente se realizó un paso de rastra con ramas para cubrir la semilla. Los tamaños de las parcelas experimentales fueron de 20 m x 20 m (400 m^2). La toma de datos se realizó en septiembre de 2021, después del período de lluvias de verano.

Variables evaluadas. Los atributos evaluados después del establecimiento son: 1) Cobertura basal (%). Esta variable, se determinó empleando la línea de Canfield modificada a método de marco de puntos, mediante un cuadrante de 20 puntos separados a una equidistancia de 10 cm entre cada aguja (Bonham, 1989). Se registró el contacto de la aguja a nivel basal para cada uno de los 20 puntos. Las variables de cobertura consideradas fueron cobertura basal del estrato herbáceo, mantillo orgánico, suelo desnudo, grava y roca. Se realizaron muestreos de esta variable para cada uno de los tratamientos y repeticiones, al final, la cobertura basal se transformó a porcentaje considerando los 20 puntos del marco como 100 % para cada muestreo, y de ahí, cada categoría a su porcentaje correspondiente. 2) Producción de materia seca (MS) expresado en $kgha^{-1}$. En cada parcela se realizó el corte del crecimiento de la parte aérea del pastizal, en una superficie de 1.0 m^2. El corte se realizó a ras del suelo utilizando una rozadera, posteriormente cada una de las muestras de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones se llevaron al laboratorio para su secado con la ayuda de una estufa a 55°C por 72 h y/o hasta alcanzar peso constante con una precisión de 0.001 g y finalmente se cuantificó la producción de MS por tratamiento y repetición. 3) Capacidad de carga. En la determinación de la capacidad de carga animal existe un criterio básico; se debe considerar que la unidad animal (UA), está representada por una vaca con su cría menor o igual a seis meses de edad, y que según Bonham (1989), y NRCS (1997), la UA consume el 3% de su peso vivo, equivalente a 13.5 kg de $MSdía^{-1}$. Con éstos datos se calcula el consumo del forraje disponible, por lo que el consumo de un mes sería de 405 kg de MS y por seis meses sería el equivalente a 2,430 kg de MS. Por ésta razón debe estimarse la producción total de cada uno de los tratamientos y repeticiones, y en consecuencia permitir que sólo el 60% del forraje disponible sea consumido, lo anterior con fines de conservación de la cobertura sobre el suelo (Gutiérrez *et al.,* 2018).

Análisis estadístico. El experimento se estableció bajo un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos distribuidos al azar con cuatro repeticiones. Los datos se analizaron empleando el software estadístico R Core Team (RCT, 2014).

Resultados

Establecimiento y cobertura basal (CB), de praderas con zacate Buffel. El resultado del establecimiento de la pradera en el pastizal a un año de la siembra del experimento fue variable de

acuerdo a los tratamientos evaluados a través de la técnica de la línea de Canfield modificada a método de marco de puntos que arrojó los siguientes valores de porcentaje de cobertura en función del tratamiento empleado: T1= 15.31, T2= 19.06, T3= 13.43, T4= 12.18 y T5=1.56 (Testigo). Estos resultados muestran que todas las prácticas tuvieron efecto en el establecimiento de la pradera en comparación al testigo, es decir, cualquier práctica de manejo de suelo ayuda al establecimiento de la pradera. Sin embargo, el impacto en el establecimiento de éstas entre sí es diferente, en este sentido se observó que el tratamiento T2 correspondiente al uso de Barbecho + Subsoleo + siembra de zacate Buffel fue el que permitió un mayor establecimiento acorde a la cobertura máxima expresada que fue de 19% en comparación a 1.56% del testigo. Por lo tanto, el Barbecho + Subsoleo + siembra de zacate Buffel es el tratamiento más sobresaliente desde el punto de vista ecológico ya que mostró mayor funcionalidad con relación a la protección y conservación del suelo, dado que la CB funciona como un filtro y propicia el paso lento del agua y por ende reduce los escurrimientos superficiales e incremento de la infiltración del agua; así mismo, impide la separación de las partículas del suelo y lo protege del impacto directo de las gotas de lluvia (INIFAP, 2019), además, la CB trae consigo otros beneficios como el impacto directo de la lluvia sobre el suelo desnudo, dado que sus agregados son reducidos en partículas pequeñas, que cierran los poros que provocan el escurrimiento superficial y reducen la capacidad de infiltración del agua de lluvia (Derpsch *et al.*, 1991). Por otro lado, la cobertura vegetal es un indicio que puede apoyar para establecer la condición del pastizal en un sitio; asimismo, puede poner en evidencia el impacto que tiene el ganado sobre la vegetación (Navarro et al., 2002), además es esencial para mantener la hidrología del pastizal, como protección del suelo (Gutiérrez *et al.*, 2007).

Ibarra *et al.* (2004), señalan que el subsoleo como práctica de rehabilitación tiene un impacto positivo en la mejora de la cobertura basal en contraste al testigo, donde observaron que valores iniciales de 3.1-8.0% en las áreas subsoladas y de 2.4 a 4.4% en el testigo, los incrementos entre 31-121% en comparación al testigo. En el presente trabajo, la mejor respuesta del tratamiento Barbecho + Subsoleo + siembra de zacate Buffel, en el establecimiento pudiera deberse por un lado a que el barbecho genera una condición más favorable en rugosidad del suelo que impide el movimiento de semilla por el aire y por el otro, el subsoleo permite una mayor retención de humedad y disponibilidad por mayor tiempo al infiltrase a mayor profundidad, lo que permite una germinación más uniforme en toda el área bajo este tratamiento tal como se aprecia en la figura 3. En esta misma figura se aprecia que el barbecho es fundamental para el establecimiento de la pradera, ya que es el segundo mejor tratamiento en cuanto a cobertura de suelo, en general se aprecia que solo se requiere un

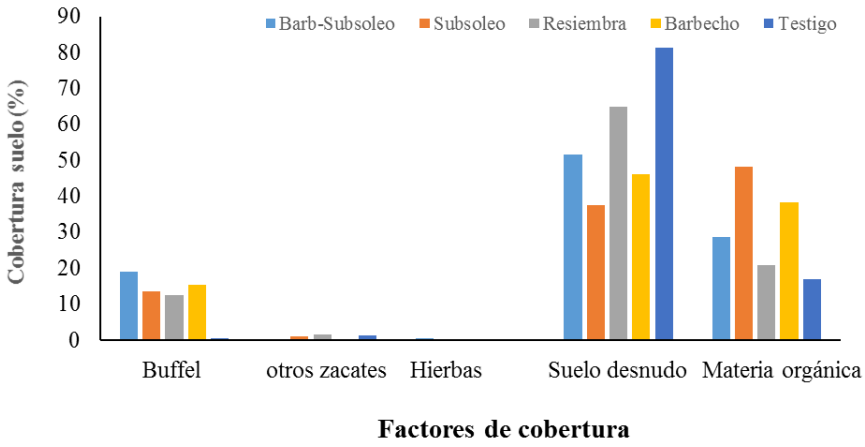


Figura 3. Porcentaje de cobertura de zacate Buffel, otros pastos, hierba y suelo desnudo en función de la práctica evaluada en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

rompimiento de la superficie del suelo para dejar agregados gruesos lo que origina huecos que protegen la semilla del arrastre el viento, y esto ayuda a que la germinación sea mayor en contraste a cuando las partículas son más finas como la rastra, tratamiento que propicia mayor superficie de suelo desnudo después del testigo.

En la figura 4, se muestra la densidad de plantas asociadas a cada tratamiento en contraste al testigo, se aprecian diferencias estadísticas significativas respecto al tratamiento sin manejo. Aquí se puede observar que no se guarda una relación del número de plantas por unidad de superficie respecto a la cobertura que estas expresan, lo que confirmaría que la cobertura estaría asociada al crecimiento aéreo como una respuesta indirecta a la acumulación de humedad en el suelo y por ende mayor disponibilidad a través del tiempo.

Producción de materia seca (MS). La producción de materia seca (forraje), se vio favorecida con todos y cada uno de los tratamientos de manejo de suelo en contraste al testigo (sin manejo de suelo ni siembra). Los resultados a un año del establecimiento, en relación a la producción de MS en función del tratamiento son: T1= 21, 026.45 kg ha^{-1}, T2= 15,221.1 kg ha^{-1}, T3= 10,4245 kg ha^{-1}, T4= 7,203 kg ha^{-1} y T5= 12.5 kg ha^{-1}, donde el mejor tratamiento resultó el T1= Barbecho (21ton ha^{-1}), comparado con el testigo que presentó una producción de 12.5 kg ha^{-1} (Figura 5), sin embargo, cualquier práctica de manejo mejora el establecimiento y producción de MS.

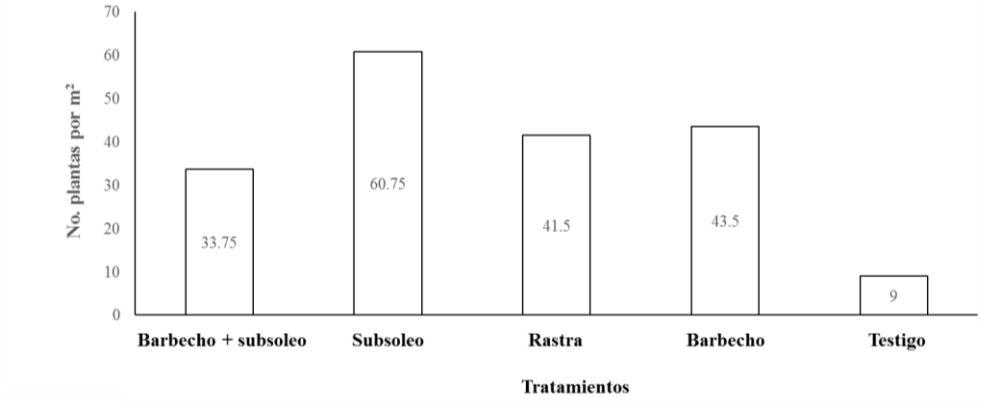


Figura 4. Plantas de zacate de Buffel por metro cuadrado en función de la práctica evaluada en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

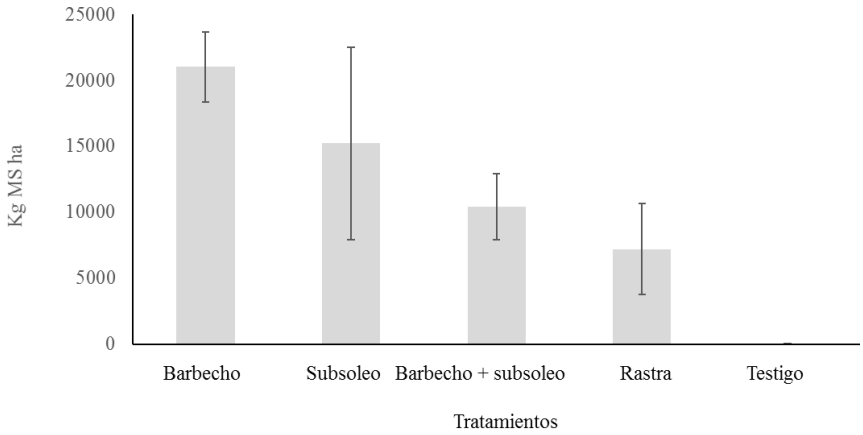


Figura 5. Producción de materia seca de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes prácticas de manejo de suelo para establecimiento de praderas bajo condiciones de zonas áridas en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

Los resultados en este estudio muestran que las prácticas de manejo de suelo tuvieron efectos positivos dado que, favorecieron la producción de MS del zacate Buffel de hasta 21, 026.45 kg MS ha^{-1} . Por lo anterior, se puede considerar que las prácticas de manejo en las camas de siembra, trae consigo cambios en la estructura del suelo: dado que la estructura afecta directamente a la aireación y facilita la infiltración del agua en el suelo, y dichos cambios, favorecen el crecimiento radicular y facilita la absorción de agua y nutrientes y por ende el desarrollo óptimo de las plantas (FAO, 2022); por lo tanto, hay una relación importante entre la estructura del suelo y el crecimiento de las plantas (Torres-Guerrero *et al*., 2013). Con los resultados obtenidos en este estudio con respecto a la producción de MS este tipo de áreas podrían ser más rentables comparadas con las áreas en donde no se utiliza este tipo de prácticas.

En estudios realizados por Castillo *et al*. (2012), en la rehabilitación de área agrícolas abandonadas para región sur de Coahuila con el uso de barbecho y la siembra de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* var. molopo obtuvieron una producción de MS 2,422 kg de ha $año^{-1}$ casi un 90% menor a los resultados obtenidos en esta investigación. En otros estudios realizados para la rehabilitación de praderas con el uso del rodillo aereador con la siembra de zacate Buffel para el norte de Tamaulipas obtuvieron una producción de forraje 3,150 kg ha^{-1} mientras que el testigo (1, 650 kg ha^{-1}). Estudios realizados por Loredo-Osti *et al*., 2005), para las zonas desérticas de San Luis Potosí, establecieron zacate buffel en microcuencas con una relación área de siembra-escurrimiento de 1:4 obtuvieron una producción de MS de 4, 000 kg ha^{-1}; todos los trabajos anteriormente mencionados estuvieron muy por debajo de los resultados en el presente estudio.

Capacidad de carga animal (CCA). La producción de materia seca por tratamiento se vio afectada positivamente con el impacto de la práctica de manejo del suelo, lo que implica diferencias significativas en el número total de dietas, lo cual está positivamente correlacionada con la producción total de MS con el tratamiento utilizado. Considerando un consumo de 13.5 kg de MS por unidad animal (UA), el número de dietas disponibles son las siguientes para T1 = 1,557, T2= 771, T3 = 1127, T4 =533 y sin manejo solo una dieta (Figura 6).

Los resultados anteriores se convierten en un soporte de la capacidad de carga animal (CCA), por unidad de superficie, considerando solo el 60% de la materia seca disponible como forraje, dejando un remanente de 40% de la producción de forraje, con

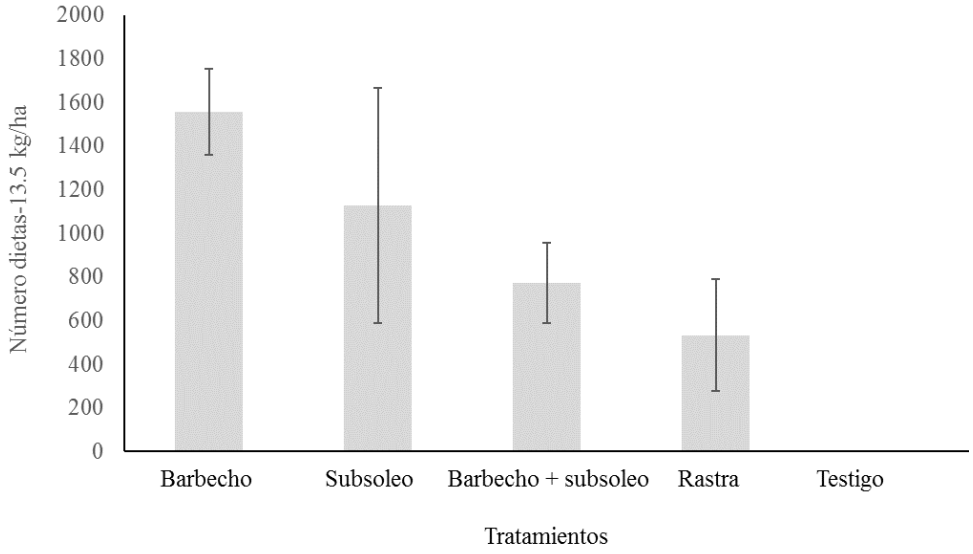


Figura 6. Número de dietas obtenidas por producción de materia seca de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) bajo diferentes prácticas de manejo de suelo en el establecimiento de praderas bajo condiciones de zonas áridas en el ejido Cosme, municipio de Ramos Arizpe, Coahuila, México.

el propósito de proteger los meristemos de crecimiento del zacate y favorecer el rebrote posterior a una defoliación y como referencia un peso de 180 kg y un tiempo de pastoreo de 6 meses se expresa la siguiente distribución de la CCA en función del tipo de práctica evaluada:T1= 8.65, T2= 6.27, T3= 4.27, T4=2.97 y T5= 0.016 UA., donde el mejor tratamiento resultó ser el T1 (Tabla 1). Esta información es muy útil dado que, permite realizar el ajuste de carga animal, así como la definición de un sistema de pastoreo que optimice el uso del forraje según Alcalá-Galván (2018).

Tabla 1. Capacidad de carga animal utilizando el 60% de la producción aérea en meses por hectárea.

Tratamiento	Kg MS ha^{-1}	Capacidad de Carga Animal en meses de una UA al 60% de la producción de MS
Barbecho	21, 026.45	8.65
Barbecho + Subsoleo	15,221.1	6.27
Subsoleo	10,4245	4.27
Rastreo	7,203	2.97
Testigo	12.5	0.016

Conclusiones

Las prácticas de manejo para el acondicionamiento de las camas de siembra de zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), benefician el establecimiento, desarrollo y la producción de esta especie, así mismo permiten incrementar la producción por unidad de superficie, considerando que todas las prácticas evaluadas fueron superiores al testigo.

El uso del barbecho fue la práctica más adecuada y accesible para la rehabilitación de pastizales y donde se obtuvieron los mejores resultados en las variables evaluadas.

La preparación de camas de siembra y el empleo del zacate Buffel en zonas áridas y semiáridas permite aumentar la producción de forraje y en consecuencia incrementar la capacidad de carga animal y rentabilidad del pastizal.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento a través de Proyecto Núm. 9554735165 “Evaluación productiva de prácticas de manejo de suelo para la rehabilitación de pastizales en zonas áridas”.

Referencias

Alcalá-Galván, C. H., Barraza-Guardado, R. H., Ayala-Álvarez, F., Rueda-Puente, O. 2018. Uso sustentable de agostaderos y el sistema vaca-cría en el noroeste de México. Agronomía Mesoamericana. 29 (2), 433-447. DOI: https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29185

Angers, D.A., Caron, J. 1998. Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry* 42: 55-72.https://link.springer.com/article/10.1023/A:1005944025343

Bonham, Ch.D. 1989. Biomass. Cap. 6. Pp 199-255. In: Measurements for terrestrial vegetation. John Willey and Sons, Inc. New York., USA. 338 pp.

Castillo-Quiroz, D., Narcia-Velasco, M., Berlanga-Reyes, C.A. 2012. Tecnología para la implantación de praderas con gramíneas y arbustivas en áreas agrícolas abandonadas al cultivo en la región sureste de Coahuila. Folleto Técnico 49. CIRNE INIFAP. Campo Experimental Saltillo, Saltillo, Coah. 37 p.

Derpsch, R., Roth, C.H., Sidiras, N., Köpke, U. 1991: Controle da erosão no Paraná, Brasil: Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo. Sonderpublikation der GTZ, No. 245 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf, 272 pp.

Echavarría-Cháirez, F.G., Serna-Pérez, A., Rubio-Aguirre, F.A., Rumayor-Rodríguez, A.F., Salinas-González, G. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio. *Técnica Pecuaria en México*. 2009 47(1):93-106. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2782320

Organización de las Naciones Unidades para la alimentación y la agricultura (FAO). 2022. Portal de Suelos de la FAO. https://www.fao.org/soils-portal/soil-management/es/

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, Segunda Edición. Instituto de Geografía. UNAM. 146 p.

Gutiérrez, L.R., Velásquez, M.A.V., Sánchez, I.C., Gutiérrez, D.L., Martínez, G.T. 2018. Aprovechamiento sostenible de pastizales a través del ajuste de carga animal en zonas secas. Centro de Investigación Regional Norte Centro Campo Experimental Zacatecas Calera de V.R, Zacatecas. Folleto Técnico No. 94. 59 p. ISBN: 978-607-37-1069-5.

Gutiérrez, L.R., Medina, G.G., Amador, R.M.D. 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en Zacatecas (cuarto trimestre del 2007). Folleto informativo No.46. Centro de Investigación Regional Norte-Centro Campo Experimental Zacatecas. 37 p.

Ibarra, F.F.A., Martin, R.M.H., Ramírez, M.F. 2004. El subsoleo como practica de rehabilitación de praderas de zacate buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Tec. Pec. Mex. 42(1): 1-16. https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1261/1256

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2019. Cobertura vegetal para la conservación del suelo en pastizales. https://www.gob.mx/inifap/prensa/cobertura-vegetal-para-la-conservacion-del-suelo-en-pastizales

INE-SEMARNAT. 2003. Intensidad del pastoreo en pastizales y matorrales naturales de México. Fuente: Dirección General de Ordenamiento y Conservación de Ecosistemas, INE, SEMARNAT, México.

Jurado, G.P., Velásquez, M.M., Sánchez, R.A.G., Álvarez, H.A., Domínguez, M.P.A., Gutiérrez, R.L., Garza, C.R.D., Luna, M.L., Chávez, M.G.R. 2021. Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias Vol. 12 supl.3. Mérida nov. 2021 Epub 24-Ene-2022.

Krogh, S.N., Zeisset, M.S., Jackson, E., Whitford, W.G. 2002. Presence/absence of a keystone species as an indicator of rangeland health. Journal of Arid Environments 50, 513-519. https://doi.org/10.1006/jare.2001.0900

Loredo-Osti, C., Beltrán L.S., Villanueva D.J., Urrutia, M.J. 2005. Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión. Folleto Técnico No. 26 INIFAP-CIRNE. Campo Experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 32 p.

NRCS. 1997. National Range and Pasture Handbook, Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C. 472 pp.

Navarro, J.M., Galt, D., Holecheck, J., McCormick, J., Molinar, F. 2002. Longterm impacts of livestock grazing on Chihuahuan Desert rangeland. J. Range Manage 55:400-405.

Rsedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México D.F. 432 p.

R Development Core Team (2014) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. URL http://www.R-project.org/.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2016. Conoce las técnicas para rehabilitación de agostaderos. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/conoce-las-tecnicas-para-rehabilitacion-deagostaderos#:~:text=Trazar%20bolsas%20en%20los%20terrenos,erosi%C3%B3n%20(desgaste%20del%20suelo).

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).2019. Rehabilitación de agostaderos, práctica sustentable y productiva. https://www.gob.mx/agricultura/articulos/rehabilitacion-de-agostaderos-practica-sustentable-y-productiva

Torres-Guerrero, C.A., Etchevers, B.J.D., Fuentes-Ponce, M.H., Govaerts, B., De León-González, F., Herrera, J.M. 2013. Influencia de las raíces sobre la agregación del suelo. *Terra Latinoamericana* Vol.31 No.1 Chapingo 71-84. http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v31n1/2395-8030-tl-31-01-00071.pdf

Velásquez, V. M. A., de Alba, A.A., Gutiérrez, R.L., Gerardo, E.G.F. 2012. Prácticas de restauración de suelos para la conservación del agua. Folleto Técnico Núm. 46. INIFAP-CIRNOC.CEZAC. 97 p.