AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

LA CONTRIBUCIÓN DEL ZACATE LIEBRERO (*BOUTELOUA BARBATA* VAR. *ROTHROCKII*) A LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN EL MATORRAL ARBOSUFRUTESCENTE DEL CENTRO DE SONORA

Fernando A. Ibarra Flores[1], Martha H. Martín Rivera[1], Jaime Jaime Rodríguez[2], Salomón Moreno Medina[3], Rafael Retes López[1] y Jorge E. Hernández Hernández[4]

Contribution of rothrock's grama (*Bouteloua barbata* var. *rothrockii*) to forage production in the Arbosufrutescent Scrub of central Sonora

ABSTRACT

Rothrock's Grama (*Bouteloua barbata* var. *rothrockii*) is a perennial, native plant that is an important component of the vegetation in the Sonoran Desert, however there is not much information indicating the possible contribution of the grass to the diet of animals. The study was carried out in three ranches in the center of Sonora to evaluate the productive characteristics of the species and its possible contribution to the diet of animals. Three scenarios were considered: 1) 80% of the total forage produced by Rothrock´s grama during the year is used to feed livestock and wildlife, 2) It is considered that only 27% of the forage produced by the plant is used during the spring of according to previous studies, and 3) It is considered that only 10.25% of the forage produced by the plant during the summer is used. The results show that the contribution of Rothrock's grama during a year of excellent rainfall and considering 80% utilization varies from 556 to 756 kg of DM/ha. The stocking rate with these values varies from 6.5 to 8.9 ha/AU/year and the economic contribution in pesos varies between $492.1 and $673.8 pesos per hectare. In the second scenario, where the hare grass contributes 27% of the diet, the production of available dry forage varies from 187.65 to 255.15 kg of DM/ha. The stocking rate with these values varies from 19.31 to 26.26 ha/U.A./year and the economic contribution of the pasture varies between $166.8 and $226.82 pesos per hectare. In the third scenario where the grass contributes 10.25% of the diet, the production of available dry forage varies from 71.23 to 96.86 kg of DM/ha. The stocking rate with these values varies from 50.87 to 69.17 ha/U.A./year and the economic contribution of the pasture varies between $63.32 and $86.10 pesos per hectare. This is probably the most realistic scenario on ranches when precipitation is normal or well below average. It is concluded that the quantity of dry matter produced by Rothrock's grama plants during the study year was high because of the extraordinary rainfall received and varies from 695 to 945 kg of dry matter per hectare. The economic contribution of grass to livestock is influenced by the amount and distribution of rainfall and can fluctuate among sites and years between $492.1 and $673.8 to $63.32 and $86.10 pesos per hectare.

Key Words: Rothrock's Grama, rangelands, overgrazing, forage production, Sonoran Desert.

RESUMEN

El zacate liebrero (*Bouteloua barbata* var. *rothrockii*) es una planta perenne, nativa que es componente importante de la vegetación del desierto de Sonora, sin embargo, no existe mucha información que indique la posible aportación por el consumo del pasto en la dieta de los animales. El estudio se realizó en tres predios ganaderos del centro de Sonora para evaluar las características productivas del pasto y su posible contribución en la dieta de los animales. Se consideraron 3 escenarios: 1) El 80% del forraje total producido durante el año se aprovecha en la alimentación del ganado y la fauna silvestre, 2) Se considera que se aprovecha solamente

[1] Profesores del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. E-mail: hortencia.martin@unison.mx.
[2] Estudiante de Agronomía del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. E-mail: a219218769@unison.mx.
[3] Profesor Investigador del Departamento de Administración Agropecuaria. División de Ciencias Administrativas, Sociales y Agropecuarias. Unidad Regional Norte de la Universidad de Sonora. Carretera Internacional y 16 de Septiembre. Santa Ana, Sonora, México. C.P. 84600. Tel. y Fax (641) 324-12-42.
[4] Profesor del Departamento de Administración. Grupo de Investigación en Zootecnia y Bienestar Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. E-mail ovichi18@hotmail.com

el 27% del forraje producido por la planta durante la primavera de acuerdo con previos estudios y 3) Se considera que se aprovecha solamente el 10.25% del forraje producido por la planta durante el verano. Los resultados muestran que la contribución del zacate liebrero durante un año de excelente lluvia y considerando un 80% de utilización varía de 556 a 756 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varía de 6.5 a 8.9 ha/U.A./año y la contribución económica en pesos varía entre $492.1 y $673.8 pesos por hectárea. En el segundo escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 27% de la dieta la producción de forraje seco disponible varía de 187.65 a 255.15 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varía de 19.31 a 26.26 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $166.8 y $226.82 pesos por hectárea. En el tercer escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 10.25% de la dieta, la producción de forraje seco disponible varia de 71.23 a 96.86 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varia de 50.87 a 69.17 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $63.32 y $86.10 pesos por hectárea. Este probablemente es el escenario más real en los ranchos cuando la precipitación es normal o está muy por debajo de la media. Se concluye que la cantidad de materia seca producida por las plantas de zacate liebrero durante el año de estudio fue significativa como consecuencia de las altas precipitaciones recibidas y varía de 695 a 945 kg de materia seca por hectárea. La contribución económica del pasto a la ganadería esta influenciado por la cantidad y distribución de las lluvias y puede fluctuar entre sitios y años de entre $492.1 y $673.8 a $63.32 y $86.10 pesos por hectárea.

Palabras Clave: zacate liebrero, agostaderos, sobrepastoreo, producción de forraje, Desierto de Sonora.

INTRODUCCIÓN

Alrededor del 50% de la superficie terrestre del mundo es apta sólo para aprovecharse mediante el pastoreo de ganado doméstico y la fauna silvestre mayor y menor. Los agostaderos han representado a través del tiempo una fuente muy importante y diversa para la producción de productos y servicios a la sociedad (Lien *et al*., 2015). Estos ecosistemas proporcionan una amplia gama de bienes y servicios que incluyen alimento para el hombre y apoyo como medios de vida para millones de personas además de brindar importantes servicios ecosistémicos (Godde *et al*., 2020), así como forraje, suministro de agua, conservación de suelo, biodiversidad y recursos genéticos, industria y producción de plantas medicinales, purificación de aire, servicios recreativos, ecoturismo, fauna silvestre y variados productos que se extraen tales como la miel de abeja, madera, leña, carbón, bacanora, chiltepín y muchos más (Havstad *et al*., 2007; Lien *et al*., 2015). De acuerdo con Godde *et al*. (2020), cualquier disminución en la biomasa vegetal y fluctuaciones en el pastoreo afecta la disponibilidad y sería motivo de preocupación para la producción de alimentos y la integridad y funcionalidad del ecosistema.

El mal manejo de los recursos naturales combinado con problemas de sequias prolongadas y otros factores ha ocasionado que muchas áreas de matorrales áridos del Desierto de Sonora que una vez fueron productivas se encuentran deterioradas y presenten bajo potencial de producción de forraje. Algunas de las áreas menos impactadas, aún presentan una buena densidad y cobertura de especies forrajeras importantes, por lo que tienen potencial de recuperación a través de la aplicación de diversas prácticas de manejo como: ajuste de carga animal y rotación y descanso de potreros (Ibarra *et al*., 2007; Heady y Child, 1994; Heady, 2019). Muchas otras áreas, sin embargo, presentan un deterioro más severo y requieren de trabajo adicional, siendo en la mayoría de los casos la siembra de especies de pastos, arbustos y árboles forrajeros, la opción más inmediata para recuperar su productividad (Lovich y Bainbridge, 1999; Monsen, 2004).

REVISIÓN DE LITERATURA

Los pastizales en diversas partes del mundo están experimentando cambios ecológicos y sociales muy acelerados. Esto es especialmente evidente para los países en desarrollo, donde los impulsores de cambio más importantes incluyen: (a) el crecimiento de la población humana y el uso insostenible asociado de los recursos naturales (Briske *et al*., 2020). Los pastizales en los países desarrollados también se enfrentan a grandes desafíos, con temas prioritarios que incluyen: (a) aumentar calentamiento atmosférico y variabilidad climática, b) desarrollo extraurbano, (c) preferencia de la sociedad por los servicios que no son de aprovisionamiento, (d) el envejecimiento y la lentitud intergeneracional reemplazo de poblaciones ganaderas, y (e) bajos márgenes de beneficio para la producción ganadera en agostadero.

En las comunidades del Desierto de Sonora las especies arbóreas y arbustivas juegan un papel muy importante porque además de proteger al suelo y servir de protección y alimento al hombre y a la fauna silvestre menor y mayor prestan otros servicios importantes como son: la producción de oxígeno y calidad del aire y del agua, además de que sirven en la construcción y elaboración de una serie de productos útiles para la sociedad (MacMahon y Wagner, 1985; McAuliffe, 1994; Elmendorf, 2008). El hombre ha usado los matorrales desde la prehistoria para muy diversos fines, pero hasta muy recientemente se han venido realizando estudios sobre su comportamiento e incremento de sus poblaciones (Barth y Klemmedson, 1982; Phillips *et al*., 2015). Se estima que el impacto del hombre sobre los desiertos del mundo no está bien documentado y requiere de mucha investigación.

El deterioro de las áreas de pastoreo se debe a la combinación de factores tales como cambios climáticos, sobrepastoreo, tala inmoderada, extracción excesiva de productos naturales tales como madera, leña, carbón, plantas de uso artesanal, alimenticio, medicinal e industrial, sequías frecuentes y prolongadas, fuegos accidentales (Ibarra *et al*., 1996; Heady, 2019), destrucción masiva de vegetación causada de acuerdo con Heady y Child (1994) e Ibarra *et al* (2007); por inundaciones y volcanes, apertura y posterior abandono de tierras para siembra de diversos cultivos agrícolas de riego y temporal, crecimiento desmedido de la población, predios con limitada superficie para producir y la escasa infraestructura en los ranchos, entre otros, que en conjunto deterioran los recursos y no permiten hacer un manejo adecuado del suelo y la vegetación.

Frecuentemente, la carga ganadera en los agostaderos áridos y semiárido es varias veces mayor que su capacidad de pastoreo, lo que ha reducido la biodiversidad y provocado deterioro en la vegetación más deseable y en los suelos trayendo como consecuencia efectos negativos al agostadero (Ibarra *et al*., 2004). En condiciones tan severas de historial de mal manejo y continuo sobrepastoreo, es difícil que la vegetación se recupere aún si se reduce la presión de pastoreo, lo que conducirá a una mayor pérdida de vegetación.

La mayoría de los agostaderos que son utilizados para la producción de ganado, principalmente se manejan por productores en el sistema vaca-becerro o vaca cría, o la parte del ganado que produce terneros que se venden como animales jóvenes para engorde y acabada por la alimentación comercial de ganado. De acuerdo con Havstad *et al.*, (2007), la industria ganadera en agostaderos extensivos ha cambiado en las últimas décadas debido a un entorno ambiental cada vez mayor, una población ganadera comercial que envejece, conversión de propiedades del rancho al desarrollo extraurbano, bajos márgenes de utilidad y pequeñas escalas individuales de producción.

De acuerdo con (Ibarra *et al*., 2007), de todas las alternativas de manejo y mejoramiento de recursos, la rehabilitación de agostaderos mediante la siembra parcial o total de especies forrajeras herbáceas, arbustivas ó arbóreas es una de las prácticas más riesgosas y costosas, razón por la cual, es la que menos se realiza en la mayoría de los predios ganaderos. La siembra de especies forrajeras en agostaderos requiere normalmente de una preparación de cama de siembra adecuada para el establecimiento de plantas, semilla de buena calidad, de una siembra y manejo posterior adecuado para asegurar el establecimiento y la persistencia de las especies (Monsen y Stevens, 2004; Heady, 2019).

El zacate liebrero es un pasto perenne considerado como de corta vida que se comporta como anual y bianual, no tiene rizomas ni estolones. Es nativo, de crecimiento de verano que se le conoce también como zacate navajita liebre, navajita de agua y navajita voladora. Se le encuentra en laderas rocosas, mesas arenosas, bajíos, lomeríos y planicies en pastizales y matorrales áridos, bosque de táscale y encino, a elevaciones que van de los 700 a los 1600 msnm. Se reproduce rápidamente por semilla y aumenta en pastizales sobre pastoreados. Se le encuentra distribuido en los Desiertos de Sonora, Chihuahua y de Mojave. En la República Mexicana se le encuentra en los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Baja California, Coahuila, Nuevo León, Durango, Jalisco, San Luis Potosí, Zacatecas. En los estados Unidos se le encuentra en California, Nevada, Arizona, Colorado, Utah, Nuevo México y Texas (Halldorson, 2022; Granite Seed, 2023).

Su valor forrajero es regular. No es un pasto muy palatable, pero es importante en los pastizales desérticos del noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos donde se le considera uno de los pastos forrajeros más importantes en los agostaderos del desierto de Sonora (Schmutz *et al*., 1991). El zacate es apetecible cuando crece activamente en el verano, aunque menos nutritivo que la mayoría de los pastos grama perennes en la misma etapa de crecimiento (Halldorson, 2022). Pierde su valor nutritivo cuando está seco, por lo que en agostaderos donde este es el pasto principal deben ser pastoreados principalmente durante los meses de verano cuando la planta está en crecimiento activo (Barth y Klemmedson, 1982; Phillips y Wentworth, 2000). En la mayoría de los agostaderos, el zacate liebrero es reemplazado por pastos mejores bajo un manejo adecuado del pastizal. El pasto es muy susceptible a la sequía y su abundancia puede fluctuar mucho de un año a otro, dependiendo de las condiciones climáticas (Halldorson, 2022; Granite Seed, 2023).

De acuerdo con Hitchcock, (1971) y Beetle *et al*. (1991), la planta presenta culmos o tallos falsos en macollos pequeños, erectos o raramente decumbentes en la base, ramificándose, de 20 a 60 cm de altura, hojas de 2 a 3 mm de ancho; eje de 10 a 25 cm de largo; raramente más cortos, glabros; vainas más cortas que los entrenudos, glabras; lígula ciliada de 1 mm de largo; laminas planas, acuminadas, 5 a 15 cm de largo, 1 a 3 mm de ancho, escabrosas, los márgenes papiloso-ciliados hacia la base. Espiguillas de 40 a 50, de unos 5 mm de largo. Ramas espigadas 4-8, apresadas a abiertas, 1.5 a 4 cm de largo, el raquis escabroso; primera gluma hialina, 1 a 5 mm de largo, segunda gluma más ancha, 3 mm de largo, pubescente, aristada cortamente entre los dientes cortos e irregulares; lema 3 mm de largo, densamente vellosa con pelos divergentes sobre parte del dorso y los márgenes, las aristas de 2 a 3 mm de largo; rudimento 1.5 mm de largo, barbado en la base, los lóbulos en forma de capucha, las aristas cerca de 3 mm de largo.

El zacate liebrero juega un papel importante en la alimentación de animales en los agostaderos. Sin embargo, se desconoce su participación en la alimentación y en la composición de la dieta alimenticia de los animales en agostaderos en diferentes ambientes agroecológicos. Por lo anteriormente mencionado se inició este estudio en el verano del 2022 en tres predios ganaderos con la finalidad de 1) Estimar la capacidad de producción de forraje del pasto liebrero bajo tres posibles escenarios y determinar su posible contribución en la alimentación de ganado y fauna silvestre considerando un 80, un 27 y un 10.25% de uso en el consumo de los animales. 2) En los tres escenarios propuestos, estimar la posible participación económica del pasto en la alimentación del ganado en los matorrales del Desierto de Sonora.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en tres ranchos localizados en la región central de Sonora (Cuadro 1). Los predios fueron rancho el Tabaco, localizado 110 km al norte de Hermosillo, Sonora, sobre la carretera que comunica a esa ciudad con la ciudad de Santa Ana. Rancho el Mezquite, ubicado a 90 km al norte de Hermosillo, sobre la carretera No. 15 que comunica a esa ciudad con la ciudad de Nogales. El predio del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (DAG – Unison), localizado 21 km al poniente de la ciudad de Hermosillo sobre la carretera que comunica a esa ciudad con Bahía de Kino, Sonora. Los sitios se protegieron durante el verano del pastoreo del ganado.

Cuadro 1.- Localización y características geográficas y climatológicas de los sitios de estudio. Datos tomados durante 2022. (CESAVE-SIAFESON. 2023; REMAS, 2023)

Predio	Coordenadas	Elevación msnm	Temperatura media anual ºC	Precipitación anual mm
El Tabaco	30º 01’ 51.7” Lat. N 111º 04’ 34.9” Long. O	670	20.3	654.9
El Mezquite	29º 53’ 9.1” Lat. N 111º 05’ 48.5” Long. O	575	21.8	579.0
DAG - Unison	29º 01’ 41.8” Lat. N 111º 08’ 32.3” Long. O	151	22.5	352.9

Todos los sitios de estudio se localizan en un tipo de vegetación identificado como Matorral Arbosufrutescente, el cual presentaba una condición de regular a buena (COTECOCA, 1982). La topografía es uniforme e incluye planos y lomeríos bajos con pendientes que varían de 3 a 25% y elevaciones que van de 50 a 700 m. El suelo es de origen granítico de formación aluvial y coluvial, con más de 60 cm de profundidad y de textura franco-arenosa. El clima varía de cálido seco BSo HW (*x*) (*e*) a muy árido o muy seco semicálido BW hw (x´) con una precipitación promedio anual que varía de 320 a 350 mm y una temperatura media anual de 22 a 24 ºC (García, 1973).

La vegetación en los tres ranchos corresponde a un sitio de Matorral Arbosufrutescente en condición de regular a buena (COTECOCA, 1988). Es una asociación de arbustos y subarbustos de talla media con hojas no esclerosas y tallos leñosos. Este tipo de vegetación se localiza en la parte central del estado en los municipios de: Hermosillo, Carbó, Benjamín Hill, Pitiquito, Opodepe, Rayón, Mazatán, Navojoa, Suaqui Grande, Cucurpe, Magdalena, Santa Ana, La Colorada, Guaymas, Empalme, Bácum, Cajeme y Quiriego (COTECOCA, 1982; COTECOCA, 1988). La producción forrajera del sitio en condición buena varia de 150 a 290 kg de materia seca por hectárea.

El tipo de vegetación está compuesta en su estrato inferior por plantas pequeñas inferiores a 1.5 metros donde destaca el zacate liebrero (*Bouteloua barbata* var. *rothrockii*), grama china (*Cathestecum brevifolium*), aceitilla (*Bouteloua aristidoides*), zacate de semilla (*Aristida adscensionis*), tres barbas (*Aristida* spp.), zacate salado (*Leptochloa filiformis*), zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), así como las herbáceas quelite (*Amaranthus palmeri*), estafiate (*Ambrosia confertiflora*), hierva ceniza (*Tidestromia lanuginosa*), golondrina (*Euphorbia* spp.), pintapán (*Anoda* spp.) y hojasén (*Casia covesii*). El estrato superior está dominado por arbustos y árboles de 1 a 6 m de altura, entre los que predominan la rama blanca (*Encelia farinosa*), papache borracho (*Randia thurberi*), piojito (*Caesalpinia pumila*), salicieso (*Lycium andersonii*), cósahui del norte (*Calliandra eriophylla*), cosahui del sur (*Krameria grayi*), zámota (*Coursetia glandulosa*), cholla (*Opuntia fulgida*), uña de gato (*Mimosa laxiflora*), sibiri (*Opuntia arbuscula*), pitaya (*Lemaireocereus thurberi*), mezquite (*Prosopis juliflora*), tésota (*Acacia occidentalis*), palo dulce (*Eysenhardtia orthocarpa*), palo blanco (*Ipomoea arborescens*), ocotillo (*Fouquieria splendens*), palo fierro (*Olneya tesota*), guayacán (*Guayacum coulteri*), palo verde (*Cercidium microphyllum*) y (*Cercidium floridum*), mauto (*Lysiloma divaricata*) y vinorama (*Acacia constricta*) (COTECOCA, 1982; COTECOCA, 1988).

Las variables evaluadas fueron: Densidad de plantas, altura, cobertura basal, cobertura aérea, número de tallos por planta, número de espiguillas por tallo, número de espiguillas por planta, número de semillas por espiguilla y por planta, producción de semilla por planta y producción de forraje. El número de plantas se determinó en cada sitio cuantificando el total de plantas presentes en 20 cuadrantes de 1 m^2, seleccionados al azar. La altura de las plantas se determinó en cada cuadrante utilizando una cinta métrica, midiendo la longitud de la superficie del suelo al ápice de estas. La cobertura basal y aérea se estimó midiendo con una cinta métrica lo largo y lo ancho de estas a la superficie del suelo para la primera; y a la altura del dosel la segunda.

El número de tallos se determinó contando los tallos en cada una de las plantas. La longitud de las espiguillas se determinó midiendo con una cinta métrica la longitud de 20 espiguillas seleccionadas al azar en cada cuadrante. El número de espigas por planta se cuantificó sumando las espigas por tallo y multiplicando por el número de tallos en cada planta. El número de semillas por espiga se determinó en el laboratorio con la ayuda de un estereoscopio contando el número de almendras por espiga. La producción de forraje se determinó mediante cortes, en veinte cuadrantes de 1 m^2 seleccionados al azar en cada parcela. Los cortes de producción se realizaron al final del periodo de crecimiento activo de las plantas. El forraje cosechado se secó a 65 ºC en estufas de aire forzado por 72 horas. Los resultados logrados se expresaron en base a materia seca.

Todas las variables evaluadas se compararon entre sitios de muestreo. En cada sitio de evaluación se utilizó un diseño completamente al azar con 20 repeticiones. Cada variable evaluada se analizó mediante un análisis de varianza al 95% de confiabilidad (Steel y Torrie, 1980) utilizando la prueba de Rangos Múltiples de Tukey para la comparación de medias.

Para estimar la contribución del zacate liebrero en la alimentación del ganado se consideraron 3 escenarios: 1) El 80% del forraje total producido durante el año se aprovecha en la alimentación del ganado y la fauna silvestre; se asume que un 20% es dejado en el terreno para protección del suelo y reincorporación del mismo para participar en la fabricación de nutrientes. 2) En el escenario 2 se considera que se aprovecha solamente el 27% del forraje producido por la planta durante la primavera de acuerdo con estudios reportados por Galt *et al*. (1982), y 3). En el escenario 3 se considera que se aprovecha solamente el 10.25% del forraje producido por la planta durante el verano de acuerdo con resultados encontrados por Galt *et al.* (1982), donde se analizaron los contenidos ruminales del ganado pastoreando en matorrales desérticos del Desierto de Sonora.

Para estimar la cantidad de alimento en cada escenario se multiplicó la cantidad de forraje seco logrado en cada sitio de estudio por el factor de utilización asumido en cada escenario, el resultado es el número de kg de materia seca disponibles por hectárea. Para determinar el ajuste de carga se divide 4,927.5 kg (que es la cantidad de forraje seco que requiere una unidad animal de 450 kg durante un año, asumiendo un consumo diario del 3% de su peso vivo) entre la contribución del pasto liebrero en kilogramos de materia seca en cada escenario (resultante del cálculo anterior).

El resultado indica las hectáreas por animal por año requeridas para su mantenimiento. Finalmente se determina la contribución monetaria que el pasto representa en pesos por ha, considerando que el costo diario de alimentación en el agostadero es de $12.00 por unidad animal por día (UGRS, 2023), el cual al multiplicarse por los 365 días del año resulta en $4,380.00 anuales por animal. Cuyo valor se divide entre el resultado del cálculo anterior referente a las hectáreas por animal por año requeridas para su mantenimiento. Este valor resultante final es la contribución en pesos por hectárea del pasto en cada escenario.

RESULTADOS

La precipitación pluvial total registrada durante el verano del 2022, en los tres sitios de estudio, estuvo muy por arriba de la media regional (~ 320 mm) ya que casi duplicó la media normal de precipitación (Cuadro 1). La cantidad de lluvia recibida estuvo 105, 81 y 10% arriba de la media en los predios El tabaco, El mezquite y DAG-UNISON, respectivamente (REMAS, 2023; CESAVE-SIAFESON. 2023). Esta precipitación resultó suficientemente buena para producir un crecimiento suculento de las plantas en todos los sitios de estudio.

La densidad de plantas promedió 15.6, 12.4 y 13.7 individuos por m^2 para el Tabaco, el Mezquite y el DAG-UNISON y fue similar ($P \geq 0.05$) entre localidades (Cuadro 2). La altura de las plantas fue mayor ($P \leq 0.05$) en el Tabaco con 84.6 cm y significativamente inferior en el Mezquite y el DAG con 79.5 y 72.5 cm, respectivamente. La cobertura basal del pasto fue superior ($P \leq 0.05$) el Tabaco y el Mezquite y promedió 1.62 y 1.85%, respectivamente y fue inferior en el DAG con 1.43%. La cobertura aérea de igual manera fue superior ($P \leq 0.05$) el Tabaco y el Mezquite y promedió 11.7 y 10.1%, respectivamente y fue inferior en el DAG con 7.6%. La producción de forraje del pasto fue similar en todos los sitios de estudio ($P \geq 0.05$) y promedió 945, 860, y 695 kg de materia seca por hectárea (kg M.S./ha)

Cuadro 2. Características agronómicas del zacate liebrero en los sitios de muestreo seleccionados en el estudio. Evaluaciones realizadas durante septiembre de 2022.

Predio	Densidad (p/m^2)*	Altura (cm)	Cobertura basal (%)	Cobertura aérea (%)	Producción de forraje (kg M.S./ha)
El Tabaco	15.6 a	84.6 a	1.62 a	11.7 a	945 a
El mezquite	12.4 a	79.5 b	1.85 a	10.1 a	860 a
DAG -Unison	13.7 a	72.5 b	1.43 b	7.6 b	695 a

*Medias entre sitios para cada variable seguidas por literales distintas son diferentes ($P \leq 0.05$) de acuerdo con Tukey.

Ramoelo *et al*. (2015), indican que la producción de forraje o de biomasa en los agostaderos (tanto de árboles como de pastos) se pueden utilizar como indicadores de la calidad y la cantidad de los pastizales, respectivamente, lo que puede proporcionar información para la planificación y la gestión por parte de los productores ganaderos, los responsables de la toma de decisiones, los planificadores y los administradores de la tierra. Desafortunadamente, la cantidad y calidad de la biomasa cambia en tiempo y espacio y es muy variable entre localidades y años por efectos de diversidad en la vegetación, así como del clima y del manejo (Havstad *et al*., 2007; Elmendorf, 2008). Por otro lado, no todas las especies del agostadero tienen el mismo índice de preferencia por el ganado y la fauna silvestre y para gran cantidad de ellos no se cuenta con información precisa que indique que plantas y en que cantidades son realmente aprovechadas por los animales (Martin, 1973; Martin, 1983; Phillips *et al*., 2015).

McGinnies y Arnold (1939), indican que el zacate liebrero es una planta de las más eficientes en el uso del agua durante el verano. Canfield (1957), en un estudio de 17 años en Arizona reporta densidades de planta de 29 plántulas/m^2/año en áreas pastoreadas y 16 plántulas/m^2/año en parcelas sin pastoreo. El pasto es considerado de corta vida ya que persiste solamente de 3 a 5 años en el agostadero (Canfield, 1957; Van Deren, 1993). Otros estudios reportan que la especie se comporta como anual y está directamente influenciada por los años lluviosos (Martin, 1973). Trabajos en agostaderos áridos de Arizona bajo condiciones de carga animal moderada indican en veinte años de seguimiento, la composición de especies de pastos perennes ha mejorado, sin embargo, el zacate liebrero disminuyó en más de dos tercios su densidad y cobertura (Rivers y Martin, 1980). El matorral desértico en sus sitios de menor lluvia ha sido manejado con 57.8 ha/UA/Año; en sus sitios de lluvia moderada con 46.2 ha/UA/Año; y en los sitios con la mejor lluvia con 22.9 ha/UA/Año.

El número de tallos basales en plantas de zacate liebrero fue superior ($P \leq 0.05$) en el Tabaco con una media de 8.5 tallos/planta y similar en los predios mezquite y DAG-UNISON con 6.5 y 6.2 tallos por planta, respectivamente (Cuadro 3). El número de espigas por tallo también fue diferente ($P \leq 0.05$) entre sitios con plantas con mayor número de espigas en el Tabaco y DAG-UNISON con 6.5 y 6.8 espigas por tallo, seguidas por el Mezquite con 5.9 espigas por tallo. El número de espigas por planta fue superior en el Tabaco con 55.25 espigas por planta seguidas por el Mezquite y DAG-UNISON con 38.35 y 42.16 espigas por planta. La longitud de espigas fue similar entre localidades y varió de 2.4 a 2.6 cm. El número de espiguillas por espiga también fue similar entre localidades ($P \geq 0.05$) y varió de 38.0 a 40.6. La producción de semilla fue similar entre plantas a través de todas las localidades y varió de 0.96 a 1.25 kg/ha.

Cuadro 3. Características del zacate liebrero en cuanto a tallos basales, producción de inflorescencias, número y longitud de inflorescencias por tallo, longitud de espigas y producción de semilla

Predio	Tallos basales (no./planta)*	Espigas (número/t)	Espigas (número/ planta)	Longitud de la Espigas (cm)	Espiguillas por espiga	Producción de semilla (kg/ha)
El Tabaco	8.5 a	6.5 a	55.25 a	2.5 a	40.6 a	1.25 a
El mezquite	6.5 b	5.9 b	38.35 b	2.6 a	38.5 a	0.96 a
DAG -Unison	6.2 b	6.8 a	42.16 b	2.4 a	38.0 a	1.1 a

*Medias entre sitios para cada variable seguidas por literales distintas son diferentes ($P \leq 0.05$) de acuerdo con Tukey.

No existe suficiente información en relación con las características agronómicas del pasto. Los resultados disponibles en cuanto a su capacidad de respuesta al clima y al pastoreo también son algo contradictorios. En un estudio donde se compararon los cambios vegetativos entre un pastizal árido del desierto en el sureste de Arizona con y sin protección del pastoreo durante 28 años se encontró que el zacate liebrero aumentó significativamente en cobertura y distribución tanto en las áreas pastoreadas como protegidas, indicando una tendencia de mejora en el pastizal (Smith y Schmutz, 1975). Martin (1983), en otro estudio donde probó el fuego controlado indica que el zacate liebrero representó entre el 64.4 y 77.3% de la composición botánica de las especies en el sitio durante el año de la quema y 4 años después su cobertura se redujo y varió de 25.9 a 50.2%.

Martin y Severson (1988), analizaron cambios en vegetación en agostaderos del desierto de Sonora con la aplicación del sistema de pastoreo continuo y el sistema rotacional Santa Rita, un sistema de rotación diseñado para los pastizales desérticos del sudoeste de EE. UU. donde la mayoría del forraje se produce a mediados o finales del verano. Reportan al zacate liebrero como una de las especies que más aumentó su cobertura. El zacate liebrero se reproduce rápidamente a partir de semillas si hay espacio disponible y las precipitaciones de verano son altas, la planta avanza y cubre espacios vacíos en el agostadero. Otros estudios realizados en Arizona para evaluar el trasplante de diversos zacates en el Desierto de Sonora indican que la supervivencia de total de las especies es aproximadamente tres veces mayor dentro del área totalmente protegida que cuando se protegió solamente del ganado (Barr, 1955). Sin embargo, en años de escaza lluvia el zacate liebrero falló a persistir después del trasplante. Evaluaciones 20 años posteriores al trasplante indican que las plantas de zacate liebrero desaparecieron de las parcelas por lo que se le considera una especie con problema de persistencia después del trasplante.

Los resultados de este estudio muestran que el zacate liebrero tiene un alto potencial de producción en años con buena precipitación donde se pueden lograr rendimientos de forraje que varían de 695 a 945 kg de M.S./ha (Cuadro 4). También se reportan bajas producciones de forraje de la misma especie en años con precipitación por abajo de lo normal (Barr, 1955; Humphrey, 1958). Aunque se sabe de antemano que no es una especie muy apetecida por el ganado y fauna silvestre puede contribuir en la alimentación del ganado y fauna silvestre.

Cuadro 4. Producción de forraje del zacate liebrero y contribución económica en los 3 sitios de estudio, considerando 1) el 80% de la producción de forraje del verano, 2) considerando el 27% de consumo durante la primavera y 3) considerando el 10.25% del forraje en la dieta durante el verano de acuerdo con Galt *et al.*, (1982). Evaluaciones realizadas durante septiembre de 2022

Variable	El Tabaco	El Mezquite	DAG - Unison
Producción de forraje (kg M.S./ha)	945 a*	860 a	695 a
Contribución al 80% de utilización (kg M.S./ha)	756	688	556
Ajuste carga (ha/UA/año)	6.51	7.16	8.9
Contribución (pesos/ha)	673.8	611.7	492.1
***Contribución al 27% de la dieta (kg M.S./ha)**	255.15	232.2	187.65
Ajuste carga (ha/UA/año)	19.31	21.2	26.26
Contribución (pesos/ha)	226.82	206.6	166.8
***Contribución al 10.25% de la dieta (kg M.S./ha)**	96.86	88.15	71.23
Ajuste carga (ha/UA/año)	50.87	55.9	69.17
Contribución (pesos/ha)	86.10	78.35	63.32

*Medias entre sitios para cada variable seguidas por literales distintas son diferentes ($P \leq 0.05$) de acuerdo con Tukey.

El zacate liebrero cuenta con una calidad nutritiva aceptable normalmente de regular a buena durante la primavera y verano cuando el follaje esta verde y de baja calidad nutritiva durante el otoño e invierno. No presenta un alto índice de preferencia animal y se reporta además un bajo índice de relación hoja tallo (Humphrey, 1958; Halldorson, 2022). Estudios realizados en el Matorral Arbosufrutescente de Sonora por Velázquez, (1997) indican que el contenido de proteína cruda en el zacate liebrero es de 4.9% en primavera, 7.9% en verano, 6.2% en otoño y 6.1% en invierno. El contenido de fosforo es de 0.08% en primavera, 0.21% en verano, 0.08% en otoño y 0.06% en invierno. El contenido de calcio es de 0.40% en primavera, 0.23% en verano, 0.35% en otoño y 0.29% en invierno. El contenido de grasa es de 0.97% en primavera, 1.67% en verano, 1.66% en otoño y 1.69% en invierno. Mientras que la digestibilidad es de 46.5% en primavera, 51.5% en verano, 49.3% en otoño y 48.2% en invierno.

Analizando los 3 escenarios, la contribución del zacate liebrero durante un año de excelente lluvia y considerando un 80% de utilización varía de 556 a 756 kg de M.S./ha, y efectivamente son cantidades muy altas de forraje comparada con las reportadas en otros estudios. La carga animal con estos valores varía de 6.5 a 8.9 ha/U.A./año y la contribución económica en pesos varía entre $492.1 y $673.8 pesos por hectárea. En el segundo escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 27% de la dieta la producción de forraje seco disponible varia de 187.65 a 255.15 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varia de 19.31 a 26.26 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $166.8 y $226.82 pesos por hectárea. En el tercer escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 10.25% de la dieta, la producción de forraje seco disponible varia de 71.23 a 96.86 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varía de 50.87 a 69.17 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $63.32 y $86.10 pesos por hectárea. Este probablemente es el escenario más real en los ranchos cuando la precipitación es normal o está muy por debajo de la media.

Galt *et al*. (1982), indican que el porcentaje de zacate liebrero en la dieta de ganado bovino promedió 17 y 37% durante la primavera en agostaderos con mezquite y sin mezquite, respectivamente; en el verano el porcentaje del pasto en la dieta fue de 4 y 16% en áreas con y sin mezquite; pero no fue significativo durante el otoño e invierno. Lo anterior indica que la presencia de mezquite no favorece el consumo del zacate liebrero y que durante la primavera se consumió 117.6% más zacate liebrero por el ganado en áreas donde no había mezquite que donde si había. Durante el verano, este efecto fue aún mayor ya que los animales consumieron 300% más liebrero en áreas donde no había mezquite que donde si había. Lo anterior muestra la importancia del zacate liebrero en la dieta aumenta a medida que disminuye la disponibilidad de forraje verde de mezquite. En promedio el zacate liebrero representa el 27% de la dieta de bovinos durante la primavera y 10.25% en la dieta de bovinos durante el verano. Alcalá-Galván y Krausman (2012), en estudios realizados en el Desierto de Sonora, reportan contenidos de zacate liebrero hasta de 4.4% en la dieta del venado bura y hasta de 9.4% en la dieta del ganado vacuno en 4 predios del centro de Sonora.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente trabajo se concluye que: la calidad de materia seca producida por las plantas de zacate liebrero durante el año de estudio fue muy significativa como consecuencia de las altas precipitaciones recibidas y varió de 695 a 945 kg de materia seca por hectárea. La contribución del zacate liebrero durante un año de excelente lluvia y considerando un 80% de utilización varía de 556 a 756 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varía de 6.5 a 8.9 ha/U.A./año y la contribución económica en pesos varía entre $492.1 y $673.8 pesos por hectárea. En el segundo escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 27% de la dieta la producción de forraje seco disponible varia de 187.65 a 255.15 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varia de 19.31 a 26.26 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $166.8 y $226.82 pesos por hectárea. En el tercer escenario donde el zacate liebrero contribuye en el 10.25% de la dieta, la producción de forraje seco disponible varia de 71.23 a 96.86 kg de M.S./ha. La carga animal con estos valores varía de 50.87 a 69.17 ha/U.A./año y la contribución económica del pasto varía entre $63.32 y $86.10 pesos por hectárea. Este probablemente es el escenario más real en los ranchos cuando la precipitación es normal o está muy por debajo de la media. Se requiere seguir investigando en varios ambientes y en años con escaza precipitación para ver hasta donde baja la producción de forraje y analizar el posible potencial de producción de los predios ganaderos bajo estas circunstancias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcala-Galvan C. H. and P. R. Krausman. 2012. Diets of desert mule deer in altered habitats in lower Sonoran Desert. California Fish and Game 98(2):81-103.

Barr, G. V. 1955. A comparison of the survival over a twenty-year period of several native Arizona grasses. Master Thesis. University of Arizona. Tucson Arizona, USA. 34 p.

Barth, R. C. and J. O. Klemmedson. 1982. Amount and distribution of dry matter, nitrogen, and organic carbon in soil-plant systems of Mesquite and Palo Verde. Journal of Range Management 35(4):412- 418.

Beetle, A. A., D. Johnson G., A. Navarro, C., y R. Alcaraz F. 1991. Gramíneas de Sonora. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Gobierno del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora. 174 p.

Briske, D. D., D. L. Coppock, A. W. Illius and S. D. Fuhlendorf. 2020. Strategies for global rangeland stewardship: assessment through the lens of the equilibrium-non-equilibrium debate. Journal of Applied Ecology 57(6):1056-1067.

Canfield, R. H. 1957. Reproduction and life span of some perennial grasses of southern Arizona. Journal of Range Management 10:199-203.

CESAVE-SIAFESON. 2023. Red de Estaciones Meteorológicas Automatizadas de Sonora. www.siafeson.com/ remas. Hermosillo, Sonora, México.

COTECOCA. 1982. Metodología de tipos de vegetación, sitios de producción forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 370p.

COTECOCA. 1988. Tipos de vegetación, sitios de productividad forrajera y coeficientes de agostadero del estado de Sonora. 361 p.

Elmendorf, W. 2008. The importance of trees and nature in community: A review of the relative literature. Arboriculture and Urban Forestry 34(3):152-156.

Galt, H. D., B. Theurer and S. C. Martin. 1982. Botanical composition of steer diets on mesquite-free Desert Grassland. Journal of Range Management 35(3):320-325.

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen adaptado a las condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 71p.

Godde, C. M., R. B. Boone, A. J. Ash, K. Waha, L. L. Sloat, P. K. Thornton and M. Herrero. 2020. Global rangeland production systems and livelihoods at threat under climate change and variability. Environmental Research Letters 15:1-15.

Granite Seed. 2023. *Bouteloua rothrockii* Rothrock's Grama. ttps://graniteseed.com/seed/grass-species/bouteloua-rothrockii/ Consultado en diciembre de 2022.

Halldorson, M. 2022. Arizona Cooperative Extension Service. *Bouteloua rothrockii* Rothrock's Grama.https://cals.arizona.edu/yavapaiplants/SpeciesDetailGrass.php?genus=Bouteloua&species=rothrockii. Consultado en noviembre de 2022.

Havstad, K. M., D. P. C. Peters, R. Skaggs, J. Brown., B. Bestelmeyer, E. Fredrickson, J. Herrick, and J. Wright. 2007. Ecological services to and from rangelands of the United States. Ecological Economics 64:261-268.

Heady, H. F. 2019. Rangeland Ecology and management. eBook Published. New York, USA. 540 p.

Heady, H. F. and R. D. Child. 1994. Rangeland Ecology and Management. Westview press, Inc. Boulder, Colorado, USA. 519 p.

Hitchcock, A. S. 1971. Manual of the grasses of the United States - Volume I. Second Ed. Dover Publications. New York, USA. 569 p.

Humphrey, R. R. 1958. Arizona Range Grasses. University of Arizona Press. Tucson, Az. Bulletin 298. 104 p.

Ibarra, F. F. A., M. H. Martin R., y F. Ramírez. M. 2004. El subsoleo como practica de rehabilitación de praderas de zacate Buffel en condición regular en la región central de Sonora, México. Técnica Pecuaria en México 42(1):1-16.

Ibarra, F. F., M. Martín, R., A. Encinas, B. y S. Pérez. 2007. Recomendaciones para el mejoramiento forrajero de los agostaderos de Sonora, mediante técnicas de rehabilitación y manejo. Publicación Especial. Fundación Produce, Sonora, A. C. Hermosillo, Sonora, México. 21p.

Lien, A. M., J. L. Neeley, G. B. Ruyle and L. López-Hoffman. 2015. The effects of federal policies on rangeland ecosystem services in the Southwestern United States. Rangelands 37(4):152–157.

Lovich, J. and D. Bainbridge. 1999. Anthropogenic degradation of the Southern California Desert Ecosystem and prospects for natural recovery and restoration. Environmental Management 24(3):309–326.

MacMahon, J. A. and F. H. Wagner. 1985. The Mojave, Sonoran and Chihuahuan Deserts of North America. Pp 105–202. In: M. Evenari, I. Noy-Meir and D.W. Goodall (Eds.), Ecosystem of the World 12A: Hot Deserts and Arid Shrublands, A. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.

Martin, S. C. 1973. Responses of semidesert grasses to seasonal rest. Journal of Range Management 26(3):165-170.

Martin, S. C., and K. E. Severson. 1988. Vegetation response to the Santa Rita grazing system. Journal of Range Management 41(4):291-295.

Martin, S. C. 1983. Responses of semidesert grasses and shrubs to fall burning. Journal of Range Management. 36:604-610.

McAuliffe, J. R. 1994. Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert bajadas. Ecological Monographs 64(2): 111-148.

McGinnies, W. G. and J. F. Arnold. 1939. Relative water requirements of Arizona range plants. Ariz. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 80.

Monsen, S. B. 2004. Restoration or rehabilitation through Management or artificial treatments. Pp 25-32. *In:* S. B. Monsen., R. Stevens and N. L. Shaw (Comp.). Restoring western ranges and wildlands. USDA. For. Serv. Rocky Mountain Research Station. Gen.Tech. Report RMRS-GTR-136-Vol. 1.

Monsen, S. B. and R. Stevens. 2004. Seedbed preparation and seedling practices. Pp. 121-154. In: S. B. Monsen, R. Stevens and N. L. Shaw (Comp.) Restoring western ranges and wildlands. USDA Forest Service. Rocky Mountain Research Station. Gen. Tech. Report RMRS-GTR-136. Vol. 1.

Phillips, S. J. and P. Wentworth. 2000. A natural history of the Sonoran Desert. University of California Press. First Edition. 628 p.

Phillips, S. J., P. W. Comus, M. A. Dimmity and L. M. Brewer. 2015. A natural history of the Sonoran Desert. University of California Press. Second edition. USA. 592 p.

Ramoelo, A., M. O. Cho., R. Mathieu, S. Madonsela., R van de Kerchove, Z. Kaszta and E. Wolff. 2015. Monitoring Grass nutrients and biomass as indicators of rangeland quality and quantity using random forest modelling and WorldView-2 data. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 43:43-54.

REMAS, 2023. Red de estaciones meteorológicas automáticas de Sonora. https://www.siafeson.com/remas/index .php/Consulta/estadisticas. Consultado el 3 de Septiembre de 2023.

Rivers, W. J. and S. C. Martin. 1980. Perennial grass improves with moderate stocking. Rangelands 2(3):105-106.

Schmutz, E. M., Smith, E. L., Ogden, P. R., Cox, M. L., Klemmedson, J. O., Norris, J. J., and L. C. Fierro. 1991. Desert grassland, p. 337-362. **In*:*** R.T. Coupland (ed.) Natural Grasslands: Introduction and Western Hemisphere. Elsevier, New York.

Smith, D. A., and E. M. Schmutz. 1975. Vegetative changes on protected versus grazed Desert Grassland Ranges in Arizona. Journal of Range Management 28(6):453-458.

Steel, R. G. D., and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.

UGRS. 2023. Unión Ganadera Regional de Sonora. Departamento de Comercialización. Hermosillo, Sonora, México.

Van Deren, K. J. 1993. The influence of invasive Lehmann lovegrass on two native grasses in the semi-desert grassland. Thesis. University of Arizona. Tucson, Arizona, USA. 69 p.

Velásquez, C. J. 1997. Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora. Editorial UNISON. Hermosillo, Sonora, México. 106 p.

Artículo recibido el día 12 de Mayo 2023 y aceptado para su publicación el día 05 de Octubre de 2023.