

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



Impacto del pastoreo de las cabras sobre la vegetación e infiltración del agua en un pastizal yesoso del Desierto Chihuahuense

Presentado por:

ISMAEL GÓMEZ CRUZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Impacto del pastoreo de las cabras sobre la vegetación e infiltración del agua en un pastizal yesoso del Desierto Chihuahuense

Presentado por:

ISMAEL GÓMEZ CRUZ

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobado por:



Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

Asesor principal



Dr. Miguel A. Mellado Bosque

Sinodal



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla

Sinodal



Dr. José Duenez Alanís
Coordinador de la División Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2016.

DEDICATORIA

A mis padres:

Noé Gómez Gutiérrez

Julita Cruz López

Por su amor, paciencia, consejos y toda una vida llena de esfuerzos para darme siempre lo mejor desde mi infancia para formar un hombre de bien, con valores y principios. Hoy con amor les dedico esta tesis como muestra de agradecimiento y mostrarles una vez más cuanto los quiero, admiro y respeto. Gracias por confiar en mí.

A mis abuelos:

Zenón Cruz Salinas (+) y Agustina Inés López Gómez

Pablo Gómez (+) y Micaela Gutiérrez (+)

Les doy gracias por los consejos ya que han sido esencial en los momentos decisivos en mi vida, he aprendido mucho de ustedes! (Zenón Cruz Salinas, Pablo Gómez y Micaela Gutiérrez; descansen en paz).

A mis hermanos:

Daniel: por su comprensión, respeto y cuidado a mi persona como un hermano menor. Gracias por tu ejemplo de lucha constante, honestidad y trabajo.

Abigail: por el apoyo incondicional ya que sin ella no sería posible alcanzar la meta, mi carrera profesional,

Jair: por ser el motor que me impulsa para prepararme profesionalmente.

Noé: por su amistad y ayuda incondicional.

A mis Tíos:

Quienes me apoyaron en el aspecto moral, impulsando para dar siempre todo lo mejor de mí, especialmente a mi tío, el Ing. Maximino J. Cruz López que con su experiencia y amistad logro transmitir pensamientos positivos a mi persona.

A mi tía Serafina, por su amistad incondicional desde mi infancia.

A mis primos:

Quienes creyeron en mi dándome ánimos para seguir adelante, en especial a los Ing. Dover F. Pérez, Berta Cruz por su apoyo incondicional,

A la Lic. Agustina Amisadaí por su amistad y hermandad desde tiempo atrás y

Al C.P. Uriel Cruz por sus consejos y pláticas constructivas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Primeramente al Creador de Todas las cosas; Él que me ha dado Fortaleza para continuar cuando a punto de caer eh estado, y Él que me ha dado sabiduría para poder alcanzar una de mis metas, porque dice su palabra; “Y si alguno de vosotros tiene falta de sabiduría, pídela a Dios, el cual da a todos abundantemente y sin reproche”. Gracias Dios por tu Fidelidad y tu misericordia, por cuidar de mí hasta en estos momentos y por permitirme conocerte. Estoy agradecido y lo estaré siempre. ¡¡Te amo!!

A mi Alma Mater:

Por la oportunidad que me dio de forjarme en ella para lograr cumplir una meta más en mi vida, estaré eternamente agradecido.

Al Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque:

Por su valiosa colaboración y asesoramiento en la elaboración de este trabajo, se lo agradezco sinceramente.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla:

Por su valiosa colaboración e identificación de la vegetación para ser posible el presente trabajo.

Al Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

Por su tiempo que le dedicó para la revisión al presente trabajo y por formar parte de mi formación profesional.

Al Ing. Marcos

Por su valiosa colaboración en la identificación de las plantas

A mis profesores de la división Ciencia Animal:

Además del compromiso y entrega al impartir sus conocimientos dentro del salón de clases, les agradezco por su amistad y motivación durante mi estancia profesional, los llevare siempre en mi mente.

A mi amigo:

Álvaro Cruz Sánchez muchísimas gracias por tu amistad y ayuda incondicional, porque misma la palabra dice; “Mejores son dos que uno; porque tiene mejor paga de su trabajo. Porque si cayeren, el uno levantará a su compañero”, estaré siempre agradecido de Dios por permitirme conocerte hermano.

A mis amigos:

Por hacerse mis hermanos mostrándome su apoyo incondicional siempre durante mi carrera, a Eric, Cohou, Jorge, Nepo, Iris y Magy, los recordare siempre.

A mis compañeros:

Álvaro, Cohuo, Eric, Nepo, Carmita, Sarita, Carlos y Andrea, que colaboraron en los muestreos, que son parte fundamental en este trabajo.

A Vida Estudiantil de la UAAAN:

Por enseñarme las consecuencias de los buenos modales y por adoptarme como parte de la familia, a Eliazar, Iesue, Carlos, Urbano, Tamayo, Cosme, Fernando, Doni, Mibzar, Vanesa, Yesica, Magda, Alejandra, Betty, Kelly y Yaneth, los llevare en mi corazón. Fue un placer convivir con ustedes.

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, **Ismael Gómez Cruz** estudiante de la carrera de ingeniero Agrónomo Zootecnista, con matrícula **41126087** y autor de la presente tesis, manifiesto que:

1. – Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
2. - Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente tesis, han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
3. – Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactado según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el “copiado y pegado” de dicha información.
4. - Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor, de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
5. - Entiendo que la función y alcance de mi Comité de Asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente tesis, así como el análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionada con el plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

Atentamente



Ismael Gómez Cruz
Tesista de Licenciatura / UAAAN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2016.

Porque escudo es la ciencia, y escudo es el dinero; más la sabiduría
excede, en que da vida a sus poseedores.

- Eclesiastés 7:13

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	IV
MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA.....	VI
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Impacto de pastoreo de los animales domésticos en convivencia con la fauna silvestre.....	4
2.2 Impacto de pastoreo provocado por el ganado caprino	6
2.3 Impacto de pastoreo por Bovinos	9
2.4 Infiltración	11
2.5 Tendencia de la velocidad de infiltración a través del tiempo	12
2.6 Técnicas para medir la velocidad o tasa de infiltración.....	13
2.8 Vegetación común del Desierto Chihuahuense	17
2.8.1 EL hojasén (<i>Flourenzia cernua</i>).....	17
2.8.2 Palo de guajillo (<i>Acacia berlandieri</i>).....	17
2.8.3 La gobernadora (<i>Larrea tridentata</i>).....	18
2.8.4 Nopal rastrero (<i>Opuntia rastrera</i>).....	18
2.8.5 Zacate burrero (<i>Scleropogon brevifolius</i>).....	19
2.9 Características del Desierto Chihuahuense	20
2.10 Descripción y características de suelos yesosos (carbonatos)	22
2.12 Recuperación de suelos yesosos	23
2.13 Descripción de los perritos de la pradera (<i>Cynomys mexicanus</i>)	24
III MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1 Localización geográfica del área experimental	26

3.2 Condición de la localidad “San José del Alamito”	26
3.3 Descripción del hato utilizado y su manejo	26
3.4 Análisis y muestreo de la vegetación.....	28
3.5 Metodología de la Infiltración	28
3.6 Metodología para la obtención de Cobertura aérea (C.A)	29
IV RESULTADOS	30
4.1 Producción de MS/ha (arbustivas, herbáceas, gramíneas) y vegetación total de las cuatro épocas del año	30
4.1.1 Arbustos	32
4.1.2 Herbáceas	34
4.1.3 Gramíneas.....	36
4.2 Producción de MS total a diferentes distancias del sitio donde iniciaba el pastoreo.....	37
4.2.1 Primavera	37
4.2.2 Verano	38
4.2.3 Otoño.....	39
4.2.3 Invierno.....	40
4.3 Infiltrabilidad promedio de los diferentes sitios, en cada época del año	41
4.3 Promedio (%) de la cobertura aérea (CA).....	45
V DISCUSIÓN	46
VI CONCLUSIONES	50
VII LITERATURA CITADA	51
VIII APÉNDICE	57

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Arbustos encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.	33
Cuadro 2. Herbáceas encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.....	35
Cuadro 3. Gramíneas encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.....	36
Cuadro 4. Promedio de MS de la vegetación total en cada sitio, en las cuatro épocas del año.....	41
Cuadro 5. Promedio (%) de la cobertura aérea y desviación estándar de las tres parcelas de cada sitio, durante las cuatro estaciones del año.	45
Cuadro 6. Producción de MS de (arbustos, herbáceas, gramíneas y vegetación total) en las cuatro época del año	57
Cuadro 7. Promedio de velocidad de infiltración de cada sitio cm/h	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método de anillo concéntrico o de Muntz.	14
Figura 2 Simulador de lluvia	15
Figura 3. Región del desierto Chihuahuense y sus tres subregiones.....	21
Figura 4. Área de pastoreo de las cabras ubicado al norte de la comunidad San José del Alamito, durante los meses de marzo-septiembre.....	27
Figura 5. Producción de materia seca/ha de arbustivas, herbáceas, gramíneas y vegetación total del sitio utilizado de cabras con presencia de perros, en las cuatro estaciones del año en un pastizal mediano abierto del desierto Chihuahuense, ubicado en el noreste de Coahuila.....	31
Figura 6. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente a la primavera.....	37
Figura 7. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al verano.....	38
Figura 8. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al otoño.....	39
Figura 9. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al invierno.	40
Figura 10. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 0).	42
Figura 11. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 100).	42
Figura 12. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 200).	43
Figura 13. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 300).	43
Figura 14. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 400)	43
Figura 15. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 500)	44
Figura 16. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 600)	44

RESUMEN

El sobrepastoreo se le atribuye a la constante utilización y a la alta carga animal en un determinado sitio de pastoreo, y se ven reflejadas principalmente en la escasa vegetación y menor tasa de infiltración. Se determinaron ambas variables en un pastizal mediano abierto del desierto Chihuahuense con suelo yesoso en el noreste de Coahuila, durante las cuatro épocas del año. Se evaluaron siete sitios (sitio 0, 100, 200, 300, 400, 500 y 600 metros con relación al punto donde diariamente iniciaban el pastoreo de las cabras). El efecto de la distancia del sitio de pastoreo con relación al sitio donde diariamente iniciaban el pastoreo, se llevó a cabo con regresiones polinomiales. La producción de materia seca en los diferentes sitios independientemente de la estación del año fue de 879.23, 450.52, 1212.31, 427.07, 587.78, 453.74, 815.38. Los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones polinomiales que describieron la producción de la materia seca/ha y la distancia del agostadero con relación al punto más cercano al corral de las cabras varió de **0.09 a 0.06**. Las especies más abundantes fueron: herbáceas; *Machaeranthera pinnatifida*, *Tiquilia canescens*, *Lesquerella fendleri*, *Hymenoxys odorata*, *Verbena bipinnatifida* y *Menodora scabra*; gramíneas; *Scleropogon brevifolius*, *Buchloe dactyloides*; arbustivas; *Coleogine ramosissima* y *Flourensia cernua*. El promedio de cobertura aérea para primavera, otoño, verano e invierno fue de 24.76, 13.62, 14.29 y 11.24, respectivamente. No se encontró diferencias significativas para la infiltración en cuanto a las distancias de los sitios de muestreo con relación al punto de inicio del pastoreo. Se concluyó que bajo el sistema de manejo tradicional de las cabras en el sitio de estudio no existió

evidencia que la carga animal tenga una influencia negativa sobre el pastizal a medida que los sitios se alejen de donde comúnmente se inicia el pastoreo.

I INTRODUCCIÓN

México cuenta con cerca de 197 millones de hectáreas (INEGI, 2010), de los cuales la ganadería constituye el principal uso del suelo en el país ocupando alrededor del 58% del territorio nacional. Del total de la superficie del país, 95 millones corresponden a las zonas áridas y semiáridas donde 80 millones no son susceptibles para la agricultura por lo accidentado de la topografía, escasa precipitación pluvial y tipo de suelo; parte de esta extensión territorial corresponde al Desierto Chihuahuense (DC) que es el más grande en Norteamérica y el segundo con mayor diversidad a nivel mundial. Es un territorio compartido por México y Estados Unidos que se extiende a lo largo de 507,000 km² y está delimitado por los dos sistemas montañosos más grandes de México. (Sánchez, 2011).

El pastoreo de las cabras en el norte de México es muy común, particularmente en el estado de Coahuila con sistemas extensivos muy peculiares. La producción caprina que se concentra en esta región se caracteriza comúnmente por la pobreza, la escasez de agua y la sequía, son sistemas de producción pertenecientes a los productores con escasos recursos y fuertemente dependientes del pastoreo en tierras ejidales, tienen poca productividad y considerablemente contribuyen al sustento de la familia (Sánchez *et al.*, 2011). Esto se debe a que las cabras son capaces de adaptarse en diferentes condición climática y geográficas, a diferencia de otro tipo de ganado. Además, pueden ser explotados bajo sistemas de producción extensiva o bajo un sistema de confinamiento total. Sin embargo, como consecuencia de pastoreo de herbívoros y entre ellas el ganado caprino, en estas regiones se ha visto una disminución de cobertura vegetal, erosión del suelo, y la disminución de la frecuencia de alguna especies vegetales (Serra, 2002). Lo

anterior muchas veces se les ha atribuido a las cabras cuando se trata de grandes cantidades de estos animales en un mismo ejido, ya que la producción de esta especie se ha considerado una actividad destructiva altamente relacionada a áreas marginales y económicamente deprimidas. Se puede ver el efecto negativo al ecosistema completamente relacionado a la cobertura vegetal, compactación del suelo que a su vez limita la infiltración del agua y la sobrepoblación de plantas invasoras. Es necesario implementar nuevas técnicas o alternativas de manejo de las cabras para el incremento de la producción, considerando que sean amigables con el pastizal, y como medida preventiva, tomar en cuenta la capacidad del pastizal para evitar el sobrepastoreo, además de considerar técnicas de rehabilitación de las zonas ya deterioradas.

1.1 Objetivo

Evaluar el impacto de pastoreo de cabras sobre la cobertura vegetal e infiltrabilidad a diferentes distancias de donde se inicia el pastoreo, durante las cuatro estaciones del año, en un pastizal mediano abierto con suelo yesoso del Desierto Chihuahuense.

1.2 Hipótesis

1- El efecto negativo de pastoreo provocado por las cabras a la vegetación y al suelo, es menos intenso a medida que el sitio del agostadero se aleja del corral de estos animales.

2-La producción de forraje varía considerablemente durante las estaciones del año.

3-La infiltración del agua es menor en el sitio más cercano al corral de las cabras, mientras que ésta se incrementa en los sitios más alejados del corral de estos animales.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Impacto de pastoreo de los animales domésticos en convivencia con la fauna silvestre

En las áreas de pastoreo de los animales domésticos, difícilmente pastorea una sola especie, además que estos comparten el sitio con la fauna silvestre. Un caso particular es el perrito de la pradera (*Cynomys mexicanus*).

Hernández (2011), llevó a cabo un estudio para determinar el impacto del pastoreo (vegetación e infiltración) del perro de la pradera en convivencia con cabras y bovinos en la vegetación y tasa de infiltración, en un pastizal mediano abierto. El estudio se realizó, en dos sitios adyacentes de pastizal mediano abierto en el sureste de Coahuila, México. El área de pastoreo ocupada por bovinos con presencia de perros fue de 222 ha bajo un sistema de pastoreo rotacional y se encontró un menor número de especies de plantas (n=50), en comparación con el área ocupada por cabras con presencia de perros, en un área de 500 ha bajo un sistema de pastoreo continuo (n=63).

En ambos sitios se registró la población similar de perros (>100 madrigueras por ha⁻¹), y localizados en terrenos de topografía iguales (valle), a una altura de 2100 msnm. La producción de biomasa se determinó, cortando las plantas en 26 parcelas distribuidas aleatoriamente de 1 m² en ambos sitios utilizados por bovinos y caprinos. Las colecciones se realizaron en invierno, primavera, verano y otoño. Se llevaron a cabo también pruebas de infiltración con un simulador de lluvias.

Se encontró que en el sitio de pastoreo con cabras en convivencia con perros de la pradera, se redujo la vegetación total y se incrementó la cantidad de herbáceas en este terreno, en comparación con el sitio pastoreado por bovinos y

perros de la pradera. Lo anterior se relaciona por el gran impacto que tienen las cabras y perros de la pradera sobre la estructura del pastizal. En el caso de los perros de la pradera, estos eliminan grandes cantidades de la vegetación alrededor de sus colonias, para así tener un panorama amplio y visualizar a sus depredadores, además de facilitar la comunicación entre los individuos de la colonia.

Reséndiz (2004) realizó un estudio con la finalidad de evaluar el impacto de pastoreo de cabras en convivencia de perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*), y de bovinos con presencia de perros, durante las cuatro estaciones del año en el sureste de Coahuila. El hato de cabras utilizado estuvo conformado de 250 animales. Las cabras pastoreaban de 10:00 AM a 6:00 PM. El hato de bovinos estuvo conformado de 150 vacas Charoláis y se hizo uso de los potreros bajo un programa definido de utilización de estos. Para la colecta de biomasa se utilizó un cuadrante de 1 m², se definieron dos bloques en ambos sitios ocupado por cabras y vacas, y en cada bloque 10 parcelas.

Se observó que el sitio de pastoreo por cabras, las arbustivas presentaron una mayor producción de forraje que el sitio utilizado por el ganado bovino en convivencia de perritos. Para el caso de la herbáceas, en primavera no se detectó diferencia entre el sitio de pastoreo de cabras y vacas. Sin embargo, en el resto del año la producción de materia seca de las herbáceas fue marcadamente mayor en el sitio pastoreado por las cabras en convivencia con el perrito de la pradera. La producción de MS total de las gramíneas en la primavera fue superior en los sitios utilizados por las cabras en comparación con el sitio utilizado por las vacas, esta misma tendencia se presentó en las otras estaciones. Este autor concluyó que bajo

un sistema tradicional de pastoreo intensivo de cabras en el área del agostadero conduce una severa degradación en el área del agostadero aledaña al corral de estos animales, dentro de los cambios más marcados que propician este sistema de pastoreo es la disminución de la vegetación, particularmente de las gramíneas.

2.2 Impacto de pastoreo provocado por el ganado caprino

La producción caprina ha sido considerada como una actividad destructiva relacionada a áreas altamente marginadas, biológica y económicamente. La alta presión de pastoreo por las cabras (Severson y DeBano, 1991; Mellado *et al.*, 2003; Jauregui *et al.*, 2008; Bermejo *et al.*, 2012), perjudica el potencial de la regeneración de especies forrajeras (Moser-Norgaard y Denich, 2011; Saumel *et al.*, 2011), y, en menor medida, la riqueza de especies vegetales (Arévalo *et al.*, 2007). El pastoreo de cabras también puede afectar negativamente a la producción semillas (Sigwela *et al.*, 2009). La variabilidad característica en la precipitación pluvial en muchos climas semiáridos suele conducir a frecuentes y prolongadas sequías que aumentan los efectos negativos del pastoreo de la cabra en la producción de biomasa y diversidad de plantas (Archer, 2004; Bermejo *et al.*, 2012; DeMalach *et al.*, 2014). Sin embargo, cuando la densidad de población de las cabras es moderada, la herbivoría caprina puede estimular el crecimiento de arbustos (Oba, 1998) y la producción de biomasa de tallos (Oba y Post, 1999). Además, y de nuevo bajo un pastoreo moderado las cabras pueden desempeñar un papel importante en la dispersión de semillas en diferentes ecosistemas (Baraza y Valiente-Benuet, 2008; García *et al.*, 2012).

Randriamalala *et al.*, (2016) analizaron los efectos del pastoreo caprino y la producción de carbón leñoso sobre la diversidad, estructura, producción y regeneración de los matorrales xerofíticos en el suroeste de Madagascar. Veinte parcelas fueron sometidos a muestreo según el tipo de suelo (arena amarilla y calcárea) e intensidades de perturbación (baja: producción de carbón no pastoreado y sin leña, alta: pastoreo y producción de carbón leñoso). La producción de carbón vegetal redujo la densidad de arbustos y la biomasa y afectó la composición de la tierra de arena amarilla. Por el contrario, el pastoreo de cabras por sí solo no afectó significativamente la diversidad, altura media, biomasa de tallos y hojas o composición de especies de matorrales xerofitas en suelo calcáreo. Sin embargo, la tasa de regeneración de arbusto fue baja tanto en sitios pastoreados como no pastoreados. El pastoreo de cabras con una carga media moderada (~ 1 cabeza/ ha) no afectó la vegetación xerofítica (diversidad de plantas, biomasa, tasa de regeneración).

Valencia *et al.*, (2008) realizaron un trabajo cuyo propósito fue analizar la sustentabilidad del sistema de producción caprina predominante en el norte de México y evaluar la productividad en relación a su sustentabilidad económica. Para su análisis se consideraron variables ambientales, socioeconómicas, inventarios de ganados, producción de leche y cabrito en 52 municipios del norte de México (24° 5' y 29° 53' LN; 99° 50' y 104° 45' LW). Estos autores señalan que la actividad caprina no está relacionada con el sobrepastoreo o erosión del suelo, sino que esta actividad es capaz de desarrollarse bajo condiciones marginales y climas extremadamente secos, aprovechando la diversidad de los agostaderos principalmente del estrato arbustivo, aproximándose a una actividad ecológicamente sustentable. Para el logro de la sustentabilidad económica y

ecológica, ellos mencionan un cambio de una baja a otro de elevada productividad bajo un grado de “artificialización” del sistema de producción. Bajo este sentido, la sustentabilidad del sistema extensivo de producción caprina cuya alimentación es basado en agostaderos áridos en el norte de México podría hacerse posible.

Mellado *et al.*, (2003) llevaron a cabo un estudio con la finalidad de demostrar el impacto del pastoreo de las cabras sobre ecosistemas áridos. Se consideraron dos grupos cabras mestizas donde estuvieron mantenidas en diferentes agostaderos con alta (1.5 ha por cabra) y baja (15 ha por ha) presión de pastoreo, en un matorral parvifolio inerme. Asimismo, se determinó otras variables tales como el efecto de la carga animal sobre la cobertura vegetal, niveles de metabolitos y minerales en la sangre y la fertilidad de las cabras.

Se obtuvo mayor cobertura de vegetación en el sitio correspondiente a la baja presión de pastoreo (38.6 vs 30.4%). Se encontró un porcentaje mayor de arbustos (86.4 vs 72.4 al final del periodo de sequía, 78.6 vs 42.1 al final del periodo lluvioso) en la dieta de las cabras en el terreno con alta densidad, comparado con el sitio de baja densidad de cabras. El porcentaje de las herbáceas fue menor en la dieta de las cabras en el terreno con alta densidad en comparación con el sitio con baja densidad de cabras al final del periodo de sequía.

Se encontraron niveles bajos de glucosa, urea, Zn y Mg en el suero sanguíneo de las cabras sometidas al pastoreo de alta densidad, además de presentar mayor porcentaje de abortos y un menor porcentaje de pariciones (42 vs 55%).

Estos autores concluyeron que en sitios con alta carga animal existe sobrepastoreo y como consecuencia el deterioro de las plantas deseables, por lo

que las cabras se ven obligadas a incrementar su nivel de consumo de plantas de bajo nivel nutricional que comúnmente son resinosas, tóxicas y fibrosas. Este cambio de consumo se refleja en un estado nutricional más bajo, por lo que provoca pérdida de peso y condición corporal en otoño provocando baja productividad y fertilidad en las cabras.

2.3 Impacto de pastoreo por Bovinos

González *et al.*, (2008) realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el cambio de la vegetación en cuatro ranchos en Chihuahua, dos de ellos bajo el sistema de pastoreo de corta duración y el resto en un sistema de pastoreo continuo. El estudio consideró 12 años, realizando tres muestreos (otoño de 1993, 1994 y 2005). Se seleccionaron tres potreros aleatoriamente en cada propiedad, en los cuales se establecieron transectos permanentes. La longitud de los transectos fue de 12 m y las distancias de entre transectos variaron de 250 a 400 m, tomando como punto de referencia a partir del centro del potrero o de la fuente de agua, dependiendo de la forma y tamaño de los potreros de cada propiedad. Las variables de vegetación muestreadas y evaluadas fueron: porcentaje de cobertura basal (herbáceas) y aérea (sufrutescentes y arbustivas) y producción forrajera (kg MS ha⁻¹), para estimar este último, se utilizó un cuadrante de 0.25 m² cortando toda la vegetación a 2.5 cm de altura del suelo. La cubierta basal de los zacates perennes (%) fue la variable más consistente y confiable para establecer un criterio para evaluar los cambios en la vegetación. Los zacates anuales así como las hierbas anuales y las perennes fueron importantes en el primer año pero tendieron a desaparecer en años posteriores. La cobertura basal de los zacates perennes fue

mayor en los sitios del sistema de corta duración del pastoreo en comparación del sistema de pastoreo continuo. Sin embargo, la magnitud de la reducción de la cobertura fue todo lo contrario, este último puede ser atribuido por usar una carga animal más alta en el sistema de pastoreo de corta duración en comparación con el sistema continuo. Aunque la cubierta basal fue mayor en los ranchos bajo el sistema de pastoreo de corta duración, desde el inicio y durante el estudio, no se encontró diferencia estadística al final del estudio al comparar los valores ajustados por el estado inicial de la cobertura basal en los cuatro ranchos evaluados. En el caso de producción de forraje también hubo diferencias entre sistema de pastoreo. Se observó una mayor producción de forraje en los predios bajo el sistema de pastoreo de corta duración y menor en los predios bajo el sistema continuo. Existen varios factores que hacen diferir los resultados de evaluación de producción de forraje, tal como ocurrió en este caso. El efecto de una sequía severa que se presentó en cinco años de los 12 años evaluados, afectó la respuesta de la vegetación, por lo que el efecto de pastoreo fue disminuido. El efecto de pastoreo es más verídico cuando la vegetación es similar, sin embargo en este trabajo muestra que la presencia de zacate africano (*Eragrostis lehmaniana*) en uno de los predios (Rancho Tres) bajo el sistema de pastoreo continuo afectó positivamente la producción de forraje. Se concluyó que la implementación del sistema de pastoreo de corta duración no provee ningún mejoramiento de la vegetación comparado con el sistema de pastoreo continuo, cuando se emplean cargas altas. Además, el uso de cargas altas cuando se encuentran presentes especies indeseables, poco apetecibles y agresivas como el zacate africano, favorece la dispersión, el incremento de la cobertura y la densidad de estas especies, frecuentemente reemplazando especies más deseables.

2.4 Infiltración

La velocidad de infiltración es un parámetro importante para estudios relacionados a los pastizales, y está altamente relacionado con el tipo de plantas que cubren al suelo, presentándose una alta tasa de infiltración donde la cantidad de materia orgánica es abundante (Quiñones *et al.*, 2002).

La infiltración es el movimiento o paso del agua a través de la superficie del suelo, lo cual es un indicador del porcentaje de la humedad del suelo (Wood y Blackburn, 1981), ya que cuando el porcentaje de humedad del suelo es alta la tasa de infiltración será menor, y al contrario, cuando el porcentaje de humedad es menor, la tasa de infiltración será mayor (Hernández, 2006). Por otra parte, la infiltración puede ser definida como la cantidad de agua absorbida por el suelo por unidad de tiempo (Branson, 1984). Así mismo, es conceptuada como el proceso por medio del cual el agua pasa del medio ambiente externo al interior del suelo a través del mismo (Aguirre, 2013).

Con el objetivo de evaluar el impacto ejercido por el pastoreo de cabras en relación con la tasa de infiltración (TI), Ramirez *et al.*, (2016) realizaron un estudio en un área localizada a 460 msnm con precipitación de 294 mm y una temperatura promedio de 23°C. El suelo predominante era de textura franco-arcillosa. El sitio de estudio corresponde a una pradera de zacate buffel de temporal donde se establecieron cinco potreros de una hectárea cada uno, 4 de estos fueron utilizados en un pastoreo rotacional por estación del año durante tres años consecutivos (1987-1989) y utilizando una carga animal de 4 ha por UA (6 cabras), quedando un potrero excluido de pastoreo para su comparación. El tiempo de infiltración (cm/hr) TI fue determinado con un infiltrómetro de anillos concéntricos. Para cada prueba

de infiltración se midió ha: 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. El análisis de la información obtenida correspondiente a diferentes periodos no presentó diferencias entre el área excluida respecto a las que si fueron pastoreadas, presentando los siguientes valores de $21.6 + 1.95$ vs $18.98 + 1.95$ cm/hr a los 5 min, $13.94 + 0.82$ vs $12.60 + 0.82$ cm/hr a los 30 min y $11.92 + 0.92$ vs $9.95 + 0.92$ cm/hr a los 60 min, en las áreas excluidas y con pastoreo, respectivamente. Se concluyó que bajo las condiciones y durante el tiempo de investigación, el pisoteo de las cabras durante el pastoreo no existió efectos negativos sobre la permeabilidad de la costra del suelo en base a la comparación de tiempo de infiltración del potrero excluido y de los potreros que si fueron pastoreados.

Méndez *et al.*, (2013) compararon dos trabajos de investigación en dos zonas, una con pastoreo caprino y otra sin pastoreo caprino, y un trabajo sobre tratamiento mecánico del suelo, con la finalidad de determinar si el pastoreo caprino y el tratamiento mecánico se relacionaba con el deterioro de la costra biológica del suelo que afecta la infiltración y que a su vez se vuelve más susceptible a escurrimientos hídricos del lugar provocando un cambio drástico del ambiente del lugar. Los resultados de este análisis mostraron que el sobrepastoreo caprino no tuvo relación con la erosión de la costra del suelo.

2.5 Tendencia de la velocidad de infiltración a través del tiempo

La velocidad de infiltración, es máxima al inicio del riego o lluvia y generalmente va disminuyendo en forma progresiva a través del tiempo, ya sea al

aumentar el contenido de humedad en el suelo o a media que las arcillas se expanden o taponan parcialmente los poros o cuando se presentan horizontes con tendencia a taparse. Cuando el valor de la velocidad de infiltración se vuelve constante se dice que se alcanzó la infiltración básica, parámetro que se utiliza para realizar los cálculos de diseño de riego. Por la facilidad para su determinación, el método más empleado para determinar la velocidad de infiltración es el de cilindro doble, donde se emplea un cilindro de 25 a 30 cm de diámetro y 30 a 40 cm de altura y otro cilindro de 55-65 cm de diámetro y 20 a 30 cm de altura, los que se instalan de forma concéntrica; en el cilindro interior se efectúan las mediciones mientras que el cilindro exterior tiene como objetivo evitar el flujo radial del agua durante la prueba de infiltración.

2.6 Técnicas para medir la velocidad o tasa de infiltración.

Se han desarrollado diversas técnicas para el estudio de la tasa de infiltración las cuales se describen a continuación.

El infiltrómetro de doble anillo; es uno de los equipos experimentales más simples para la medición de la capacidad de infiltración de suelos es el denominado infiltrómetro de doble anillo. Este procedimiento también conocido como método de Muntz (Custodio y Llamas, 1976) permite obtener mediciones directas de infiltración en áreas reducidas (puntuales). El equipo consiste en dos anillos concéntricos de chapa, de diámetros en relación de 2 (por ej. 50 cm y 25 cm, ó 40 cm y 20 cm) cuya altura ronda entre 40 y 50 cm, y que en su parte inferior se hallan biselados para permitir su hincapié en el suelo. Este hincapié debe estar comprendida entre los 10 y 15 cm aproximadamente. Parte de la idea de que colocados los dos anillos y obtenida

la situación de saturación, la diferencia de nivel del agua en los anillos interior y exterior provoca un flujo de agua que será de entrada hacia el anillo interior, si la altura es mayor en el tubo exterior, o de salida si es inferior (Ibañez y Moreno, 2016). El terreno donde se realiza esta prueba debe estar nivelado, con su superficie libre de avances que obstaculicen el desarrollo normal de la prueba. Al colocar los cilindros se debe buscar que estos no dañen demasiado la estructura del suelo, lo que se consigue asegurándose que estos estén verticales al momento de clavarlos. Los cilindros deben quedar concéntricos. Para iniciar la prueba se llena con agua el espacio definido por los dos cilindros, para lo cual se deja infiltrar el agua durante 10 minutos. Pasando este tiempo se llena hasta una altura conocida el cilindro interno y se toman medidas de la lámina infiltrada a intervalos de tiempo regulares. Con estas parejas de datos se construye la gráfica de velocidad de infiltración vs tiempo, para obtener el valor de la infiltración básica (Zambrano, 2013).



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Método de anillo concéntrico o de Muntz.

Simuladores de lluvia. Los simuladores de lluvia son instrumentos de investigación diseñados para aplicar agua de forma similar a los episodios de lluvias naturales. Son útiles para obtener datos de erosión, infiltración, escorrentía superficial y transporte de sedimentos (Weber, 2015). Las principales características de la lluvia natural que han de conseguir los simuladores de lluvia son las siguientes: a) distribución del tamaño de las gotas de lluvia similar a la de la lluvia natural, b) velocidad del impacto similar a la velocidad terminal de las gotas en la lluvia natural, c) intensidad de lluvia correspondiente a las condiciones naturales, d) energía cinética similar a la de la lluvia natural, e) lluvia uniforme y distribución aleatoria de las gotas (Navas *et al.*, 1990)

El equipo (figura 1) consta de una estructura metálica, de caño de acero de sección cuadrada (2 m de altura y 1 m de lado) cerrada con cortinas rompevientos. El sistema de alimentación está compuesto por dos tanques, uno de alimentación solamente y el otro de alimentación y regulación de intensidad. (Weber, 2015)



Figura 2 Simulador de lluvia

Fuente: https://www.researchgate.net/publication/280237581_una_comparacion_entre_los_metodos_del_doble_anillo_y_del_simulador_de_lluvia_en_la_medicion_de_la_capacidad_de_infiltracion

2.7 Relación cobertura vegetal-tasa de infiltrabilidad

Quiñones *et al.*, (2002) realizaron una investigación para determinar la relación que existe entre la cobertura vegetal y la velocidad de infiltración (cm/hr). El área de estudio contaba con un solo cerco experimental por lo que existía presencia de ganado bovino todo el año. La vegetación del área de estudio correspondía en su mayor extensión al matorral desértico micrófilo (matorral espinoso) con vegetación halófila y de pastizal inducido. Entre las especies vegetales dominantes estaban el zacate toboso (*Hilaria mutica*) y mezquite (*Prosopis laevigata*). Los tipos de suelos dominantes eran yermosos háplico (Yh) y en menor extensión takirico (Yt), de textura fina y fase química sódica, alguna áreas con salinidad de ligera a moderada. Se seleccionaron de manera sistemática cinco sitios de estudio los cuales fueron geoposicionados con un GPS y en cada sitio se ubicaron tres puntos, uno en el espacio entre macollos de zacate, otro sobre un macollo de zacate y el tercero debajo de la copa del mezquite y sobre el montículo formado por los tallos del mismo. En cada uno de los puntos se realizó la prueba de infiltración utilizando un infiltrómetro de doble anillo. Se obtuvieron las menores tasas y, consiguientemente, los mayores tiempos de infiltración en los espacios desnudos. La velocidad de infiltración estuvo altamente relacionado con la cantidad de materia orgánica por lo que se obtuvo mayores tasas de infiltración debajo de los mezquites.

2.8 Vegetación común del Desierto Chihuahuense

2.8.1 EL hojásén (*Flourenzia cernua*)

Es una especie dominante en zonas semiáridas y alta presencia en algunas áreas de Desierto Chihuahuense (Mauchamp y Janeau, 1993), por eso mismo se ha considerado una especie invasora (Herbel y Gould, 1980) junto a la gobernadora (*Larrea tridentata*) en algunas zonas semidesérticas en el sur de Nuevo México (Gile, 1998). El hojásén (*Flourenzia cernua*) es actualmente subutilizada en los pastizales del desierto de Chihuahuense con pastoreo del ganado. Este arbusto es la principal especie arbórea sobre los suelos arcillosos fértiles de aproximadamente 35 millones de hectáreas del Desierto de Chihuahua (Schmidt, 1979). El hojásén ocurre en aproximadamente el 21% (> 6,75 millones de ha) de las porciones sur y centro-sur de Nuevo México; sin embargo, también se encuentra en Arizona, Texas y Norte de México (O'Laughlin, 1975).

Esta planta constituye un porcentaje importante de la dieta de las cabras en el Desierto Chihuahuense (Estell *et al.*, 2016; Mellado, 2016). Son varios los compuestos que han sido encontrados y asociados a la prevención de problemas digestivos e infecciones y enfermedades carcinogénicas (ácidos clorogénico, p-coumaroil-quinico, methil clorogénico, glucósidos de rutina y luteolina) (González, 2011).

2.8.2 Palo de guajillo (*Acacia berlandieri*)

Es un arbusto nativo en el noreste de México (González, 2010), y es considerado una planta tóxica que puede llegar a ser consumido en periodos de

sequía cuando las plantas apetecibles por el ganado son escasas, provocando ataxia locomotriz y efectos negativos en la fertilidad masculina; son cuatro aminas fenólicas responsable de lo anterior (*N*-methyl- β -phenethylamine, tyramine, *N*-methyltyramine, and hordenine) además de (*N*-methyl- β -phenethylamine) ha mostrado impacto negativo a la fertilidad de hembras en cabras Angora. Así mismo, esta arbustiva contiene 29 alcaloides y aminas no letales en los animales domésticos, entre ellos la nicotina, nornicotina, la mescalina, mimosina, y cuatro anfetaminas (Beverly y Clemente, 1997). Sin embargo, esta planta es muy consumida y con una gran avidez por las cabras (Mellado *et al.*, 2003, 2004^a; Haenlein y Ramírez, 2007; Foroughbakhch *et al.* 2013).

2.8.3 La gobernadora (*Larrea tridentata*)

Es un arbusto altamente extendido en áreas del suroeste de Estados Unidos y norte de México (Vasek, 1980.), extensión territorial que ocupa el DC. Dentro de sus características principales, la gobernadora tiene en sus hojas una resina que le permite estar siempre verde a pesar de largos periodos de sequía, y se caracteriza por tener varios compuestos, entre ellos, arbutina, quercetina, florotina, avicularina, floroglucinol, catequina y epicatequina (González, 2011). Esta planta constituye una pequeña porción de la dieta de las cabras (Mellado *et al.*, 2005).

2.8.4 Nopal rastrero (*Opuntia rastrera*)

El género *Opuntia* perteneciente de la familia Cactaceae, se describe como uno de los más exitosos o adaptables dentro de esta familia, por lo que tiene una

amplia distribución, y capaces de ser especies dominantes de muchas comunidades vegetales (González, 2015). Por otra parte, este grupo de plantas sigue siendo uno de los menos entendidos de la familia debido a las dificultades taxonómicas que presenta (Rebman, 2001; González, 2015). Por eso mismo se ha planteado la necesidad de la revisión de la clasificación de este género usando un conjunto de herramientas: moleculares, morfológicas y biogeográficas. (Massimo *et al.*, 2003; González, 2015). Los estados más importantes por su diversidad de especies y alto endemismo corresponden a los estados de San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas con 17 géneros (43.6% del total) y 229 especies de cactáceas (69.8% del total) se encuentran restringidos geográficamente a esta región, se confirma que el Desierto Chihuahuense se reconoce por su alta tasa de endemismo (Hernandez *et al.* 1858).

2.8.5 Zacate burrero (*Scleropogon brevifolius*)

Comúnmente conocido como zacate burro, cola de zorra, o burrograss en inglés, es un zacate nativo de México y perenne de la familia de las poaceae perteneciente al grupo de las gramíneas (CONABIO, 2009). Se encuentra distribuido desde del suroeste de Estados Unidos al centro de México, también en Chile y Argentina. En México, se ha registrado en, Ags, Chih, Coah, Dgo, Hgo, N.L, Puebla, S.L.P, Son, Tams, Ver, y Zac. (McVaugh, 1983). Se encuentra en los valles de México de los 2,300 a los 2,600, en el oeste de los 1700 a los 2500 y raramente desde los 1000 msnm. Es un pasto con las flores femeninas y masculinas diferentes que pueden estar juntas en la misma espiguilla (con las masculinas abajo y las femeninas arriba), o en espiguillas separadas (ya sea en la misma planta o en

plantas distintas); las espiguillas femeninas presentan 3 largas aristas (de hasta 15 cm) en las lemas, las flores inferiores de las espiguillas femeninas presentan pelos y un callo evidente en la base. Sus hojas están agrupadas cerca de la base. Este pasto forma colonias grandes en regiones áridas, su hábitat es en matorrales y pastizales sobre todo en superficies perturbadas o sobre pastoreadas. Se menciona que no es un buen pasto forrajero, se propaga a través de rígidos estolones y crece en amplias colonias. (CONABIO, 2009).

2.9 Características del Desierto Chihuahuense

El desierto chihuahuense (DC) es el de mayor extensión en Norteamérica y se considera como una de las regiones secas con mayor riqueza de especies del mundo. Entre sus vastas planicies se presentan montañas aisladas de elevada altitud y sometidas a la fuerte influencia del desierto, lo que ha generado los gradientes de vegetación y clima típicos de esta gran unidad ecogeográfica. El DC ocupa una extensión de 507,000 km² y se extiende desde el centro del país (en los estados de Hidalgo, Guanajuato y Querétaro) hasta en el norte, en el sur de Texas, Nuevo México y una pequeña porción de Arizona. Está delimitado hacia el occidente por la Sierra Madre Occidental y por la Sierra Madre Oriental al oriente.

Se ha propuesto la existencia de tres sub regiones en el DC, debido a la amplitud de distribución de especies de cactáceas endémicas: La primera subregión o principal está constituida por extensas planicies áridas y semiáridas entremezcladas con áreas no desérticas (montañas aisladas), donde las asociaciones xerofíticas se entremezclan con tipos de vegetación más méxicos. Las áreas de transición dominadas por pastizales y bosques de pino-encino-

enebro, localizadas en las partes bajas de la Sierra Madre Occidental, se consideran parte de esta subregión. La segunda subregión, la Meridional, constituida por varias depresiones y valles secos aislados, ha sido denominada como la zona árida Queretana-Hidalguense (Barranca de Metztitlán, Valle del Mezquital, Valle de Actopan, en Hidalgo, y Río Extóraz, en Querétaro), pero se extiende a las porciones secas del estado de Guanajuato (Xichú y Atarjea) y una pequeña porción en el extremo sur de San Luis Potosí. La tercera subregión, denominada Oriental, incluye los valles y cañones intermontanos localizados dentro de la Sierra Madre Oriental (valles de Rayones, Jaumave y Aramberri) que constituyen los límites de distribución de varias especies endémicas de la familia Cactaceae, y el extremo sureste de la subregión principal.



Figura 3. Región del desierto Chihuahuense y sus tres subregiones.

Az=Arizona NM= Nuevo México, TX= Texas, Chih= Chihuahua, Coah= Coahuila, Tamps= Tamaulipas, Dgo= Durango, Zac= Zacatecas, SLP= San Luis Potosí, Gto= Guanajuato, Qro= Querétaro.

Fuente: Rev. Chapingo. Serie Ciencia Forestales y del ambiente. Vol 17.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttextpid=S0186-32312011000400011

En los climas áridos, el crecimiento y la supervivencia de las plantas dependen principalmente de la cantidad de agua en el suelo y de las raíces (Mauchamp, 1993). La precipitación media anual varía de 175 mm, en los valles de Coahuila, hasta 300-400 mm en las montañas localizadas en los límites occidental y sur. Entre el 65 y 80 % de la lluvia cae durante los meses de verano, entre junio y septiembre, con una ligera precipitación de octubre a diciembre. Entre enero y mayo el área es muy seca; las temperaturas diurnas en verano son de 5.5 a 11 °C, inferiores a las del desierto de Sonora. (Sánchez, 2011).

2.10 Descripción y características de suelos yesosos (carbonatos)

Los suelos cálcicos ocupan 5.3% del territorio nacional, son de colores claros semejante al blanco, y de ellos se obtienen productos como el yeso y la cal para la construcción. Con riego y drenaje son muy productivos para la agricultura. Se encuentran en las zonas áridas del noreste del país y en la región de rocas calizas de la península de Yucatán. Los suelos yesíferos son más escasos y se encuentran donde existe agua subterránea rica en sulfatos, como en las llanuras de Coahuila de Zaragoza, Nuevo León y San Luis Potosí (INEGI, 2016).

Los suelos con contenido superior al 25% de yeso interfieren en el crecimiento de las plantas, y el material del suelo a continuación carece plasticidad y no se coagula convirtiéndose inestable en el agua y por consecuencia la erosión de los suelos yesíferos puede resultar muy severa. Estos tipos de suelos son comunes en las zonas áridas del planeta (FAO, 2016).

A los alrededores del municipio de Matehuala, SLP, existe presencia de suelos yesos cuyo origen puede atribuirse a dos causas: 1) a la precipitación o

cristalización a partir de aguas marinas, ocurridas en periodos geológicos antiguos en una cuenca cerrada, y 2) a un origen relativamente contemporáneo (pleistoceno) y dadas las características de dominancia de largos periodos de aridez, las condiciones climáticas de mayor humedad necesarias para atribuir una solubilidad de estratos de yeso distantes y su deposición en el lugar que ahora incide. Habría que situarlas en los periodos de glaciación, cuyas variaciones de temperatura ocasionaron primero, una mayor captación de agua en su fase sólida en las partes altas y posteriormente, como consecuencia de variaciones de temperatura, una fusión de la misma, originando de este modo la solubilidad y posterior deposición de yeso en los abanicos aluviales yesíferos actuales (López *et al.*, 2016)

2.12 Recuperación de suelos yesosos

La recuperación vegetal puede verse limitada, junto a la falta de agua, por la escasez de semillas o la pobreza biológica de los suelos degradados. En este último aspecto, las micorrizas arbusculares desempeñan un importante papel en ecología y nutrición vegetal. Los hongos micorrízicos forman asociaciones mutualistas con más del 90% de las especies vegetales de zonas semi áridas y está aceptada su capacidad de estimular la captación de algunos nutrientes, en especial fósforo, y de incrementar la biomasa vegetal. Por ello, puede ser fundamental en la rehabilitación de suelos degradados tanto la implantación de especies vegetales, con la adecuada capacidad germinativa, como la introducción de las micorrizas que puedan facilitar su re instauración. Las técnicas que deben ensayarse son: la introducción de inóculo esporal de micorrizas arbusculares y la

aplicación de un acolchado de residuos vegetales, junto a la siembra de una mezcla de herbáceas de rápido crecimiento (Badia y Dalmau, 1994).

2.13 Descripción de los perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*)

Comúnmente conocido como perro llanero o tuza, actualmente es considerado en peligro de extinción. El Perro llanero mexicano es una de las especies de mayor tamaño del género *Cynomys*, aunque un poco menor que *C. ludovicianus*. Es un roedor, pariente de las ardillas de tierra. Ambas especies presentan apariencia similar, tienen el cuerpo robusto y las patas y la cola cortas, las orejas son pequeñas, la coloración de *C. mexicanus* varía entre pardo amarillento y pardo rojizo, y se encuentra salpicada con algunos pelos negros, lo que le da una apariencia más oscura, la coloración del vientre es más clara y la última parte de la cola es negra, el cráneo es ancho y angular. Las hembras tienen ocho mamas (cuatro pectorales y cuatro inguinales). Su dieta está constituido de un 90% de gramíneas o arbustos dependiendo de la época del año, y el resto está constituido de insectos (SEMARNAT, 2009). Las especies más importantes corresponden a *Bouteloua chesei*, *Muhlenbergia villosa* y *Bouteloua dactyloides* (Pérez et al., 2003). Su apareamiento ocurre a mediados de enero hasta principios de febrero. Se desconoce el tiempo de gestación, aunque se cree que dura entre 28 a 32 días, como en otras especies de perritos llaneros como el *C. Ludovicianus*. Los nacimientos tienen lugar a mediados de febrero hasta principios de marzo; la lactancia va de febrero a abril y los juveniles emergen de las madrigueras en abril. El sonido característico que emiten es parecido a un ladrido, característica por lo cual se les conoce como perritos. Son animales sociales, formando colonias

capaces de ocupar grandes extensiones de terrenos. Las colonias están formados por cientos de individuos y se encuentran bien organizados en varios grupos familiares con una compleja interacción social entre los individuos. Habitan en complicados túneles hechos por ellos mismos conectados entre sí, y la superficie del terreno habitados por perros se encuentra formada por montículos, lo que le da una apariencia muy peculiar al paisaje. Cada montículo es utilizado como puesto de observación y de vigilancia de sus depredadores. Es una especie endémica de México con una distribución bastante restringida a una pequeña región aproximadamente a 286 km², localizada entre los límites de Coahuila, Nuevo León y San Luis Potosí. La distribución está limitada al norte y al este por la Sierra Madre Oriental, y al sur y oeste por lomeríos y planicies con vegetación árida. (SEMARNAT, 2009)

El perrito de las praderas se encuentra estrechamente asociado a valles y pastizales en las montañas, caracterizados por pastos y plantas rasantes de menos de 5 cm de altura, con escasa o nula pendiente y con suelos bien drenados (Ceballos, 1990). Su hábitat se encuentra en elevaciones entre 1,600 y 2,200 msnm, principalmente habita en praderas, llanos o planicies con nula o poca vegetación arbustiva, ocupando así terrenos áridos y semiáridos preferentes de suelos profundos libres de rocas y con vegetación de tipo xerófilo (SEMARNAT, 2004)

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica del área experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en una comunidad rural “San José del Alamito” ubicada en el Noreste del país, Municipio de Saltillo, Coahuila, México (24 ° 54 N y 100 ° 46 W; 1870 msnm de altitud). La propiedad comunal abarca una zona de pastoreo de aproximadamente 3,000 ha. El clima es semiárido, con una precipitación media anual de 393 mm, con un tipo de suelo yesífero. La temperatura media anual es de 19.2 °C.

3.2 Condición de la localidad “San José del Alamito”

La población total de San José del Alamito es de 117 personas localizadas en 27 hogares. La principal actividad económica de esta localidad es la ganadería contando con bovinos, equinos y mayormente la producción de cabritos. Para la explotación bovina y equina cuentan con potreros donde permanecen confinados y escasamente estos animales comparten la misma área de pastoreo con las cabras.

3.3 Descripción del hato utilizado y su manejo

Para la explotación caprina los habitantes han adoptado el sistema tradicional que consiste en que los animales obtienen su alimentación directamente en el campo, guiados por un pastor durante el día, y en la noche son guardados en pequeños corrales rústicos cerca del hogar del propietario para ser defendidos de sus depredadores. Los corrales son de piso de tierra y cercados de ramas, tela de

maya y láminas. El horario establecido para el pastoreo de las cabras, es entre 11:00 AM a 5:00 PM, la distancia del corral al punto donde finalmente llegan pastoreando es de por lo menos seis km rectos, por lo que si se considera el verdadero camino y el regreso al corral de las cabras se convierten aproximadamente 12 km diarios. Esta actividad debe ser considerada por el alto desgaste energético de los animales. Las cabras dependen exclusivamente de la vegetación nativa, sin suplemento de sales ni concentrados.

Son dos hatos que pastorean en esta área sumando un total de 300 cabras, cada hato corresponde a propietarios diferentes, pero comparten la misma área de pastoreo, incluso casi todos los días los hatos son unidos para el pastoreo con la finalidad de que un solo propietario los conduzca a pastorear.

Los animales poseen aspectos característicos mayormente al Bóer y algunos otros a Alpina, Saanen y un menor número con aspectos muy peculiares de los animales criollos. Se tiene dos áreas de pastoreo, uno al norte y el otro al sur de la localidad, para este estudio se tomó en cuenta el primero donde se pastorea los meses de marzo-agosto.



Figura 4. Área de pastoreo de las cabras ubicado al norte de la comunidad San José del Alamito, durante los meses de marzo-septiembre.

3.4 Análisis y muestreo de la vegetación

Para evaluar la composición botánica y los cambios de vegetación (producción de forraje) por el pastoreo, en relación con la distancia a partir donde comúnmente inician el pastoreo, se colocaban cuadrantes de 1 m², utilizando tres repeticiones por distancia. La composición botánica fue determinada durante las cuatro estaciones del año (primavera, verano y otoño 2015 e invierno 2016). Se definió 7 sitios a partir donde comúnmente inicia el pastoreo, cada sitio estuvo conformado por tres parcelas, la distancia entre parcelas fue de 50 m y entre sitios de 100 m, obteniéndose así 21 parcelas en total. El sitio cero corresponde al más cercano del corral y el 7 al más lejano. La producción de biomasa se determinó en los 21 parcelas cortando al ras del suelo todas las plantas presentes dentro del cuadrante de 1m². El material colectado se secó en una estufa de flujo de aire a temperatura constante de 60°C, durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante con el fin de estimar la producción de biomasa total de cada especie/ha en las cuatro estaciones del año.

3.5 Metodología de la Infiltración

Las pruebas de infiltración solo fueron realizadas en el invierno, cuando las cabras ya no eran pasadas en el sitio de estudio para ser pastoreadas a la dirección norte de la comunidad. Se utilizó un solo muestreo porque la infiltración del agua típicamente no varía con la estación del año.

Para dichas pruebas de infiltración, se usó el método de infiltrómetro de anillos concéntricos. La lectura de infiltración fue tomada a uno, dos, cuatro, cinco,

seis, ocho, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 45 minutos después de vaciar el agua en los anillos. Estas pruebas se realizaron a un lado de donde se estuvo muestreando la vegetación, obteniéndose 21 pruebas de infiltración (tres pruebas por distancia).

Con la finalidad de determinar si existía o no el impacto al suelo que a su vez afecta a la velocidad de infiltración, se llevó a cabo un análisis de varianza usando el procedimiento GLM de SAS (SAS Institute, Cary, NC, USA). Los datos fueron analizados y comparados por los siete sitios del estudio con el fin de evaluar las diferencias de la velocidad de infiltración.

3.6 Metodología para la obtención de Cobertura aérea (C.A)

Antes de ser cortado la vegetación de cada parcela, se estimó la cobertura aérea. Se estimó observando desde arriba la parte aérea ocupada por la vegetación respecto al cuadrante, utilizando un rango de 0 a 100%, la diferencia del 100% y el porcentaje de CA corresponde al porcentaje del suelo desnudo. La importancia de esta variable, es que funciona como un indicador más del nivel del impacto sobre la estructura del pastizal, afectando así mismo a la tasa de infiltración, ya que cuando se cuenta con una C.A apropiada, el suelo cuenta con más residuos orgánicos que ayuda a que la tasa de infiltración sea más alta, y al contrario, cuando el suelo no tiene la suficiente cobertura puede ser indicador que ha tenido mayor impacto y por consecuencia tiene una superficie más compacta que está relacionada totalmente con tasa de infiltración limitada. Un suelo al estar expuesto a la intemperie es más propenso a la erosión ya que la C.A evita que los vientos afectan directamente al suelo y que el residuo orgánico se deslice fácilmente por las lluvias.

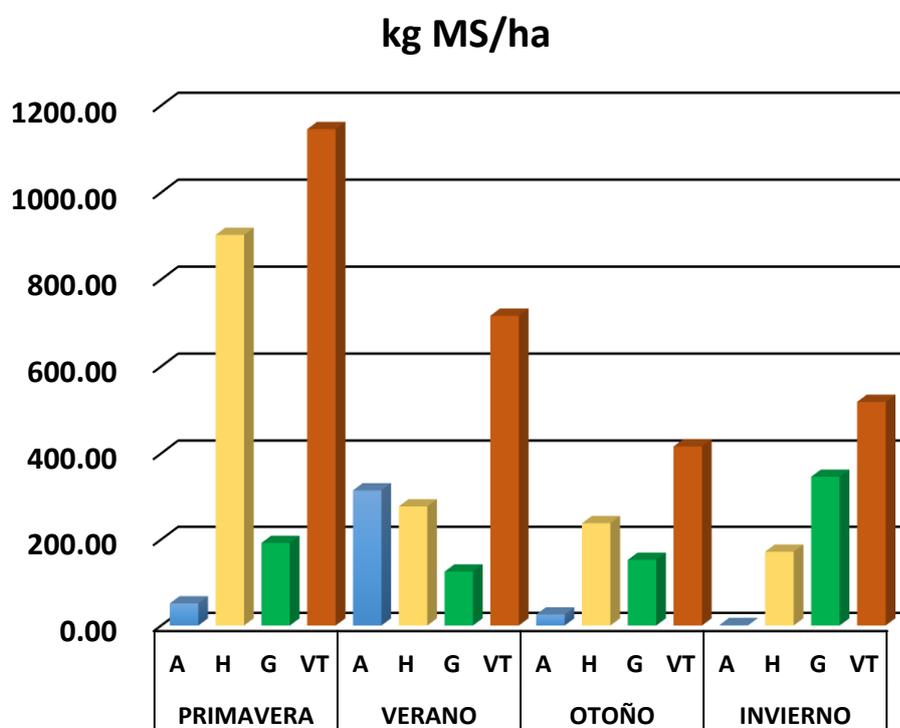
IV RESULTADOS

4.1 Producción de MS/ha (arbustivas, herbáceas, gramíneas) y vegetación total de las cuatro épocas del año

Se encontraron un total de 50 especies (37 herbáceas, 8 arbustos y 5 gramíneas) durante las cuatro estaciones del año, notándose una tendencia negativa de la producción total de MS en las estaciones primavera-verano, en comparación con el otoño-invierno (Fig 5.). La producción de materia seca total fue 2.8 veces más alta ($P < 0.01$) en la primavera comparada con el otoño. Las herbáceas fueron las plantas que mostraron mayor variación en la producción de MS. Durante la primavera y debido a las precipitaciones de invierno, la producción de MS de las herbáceas fue 5 veces más alta que la observada en el invierno. Las arbustivas fueron las especies que menos contribuyeron a la producción total de biomasa. Lo anterior se explica porque los suelos yesosos tienen poca fertilidad (Meyer *et al.*, 1992) y esto limita el crecimiento de las arbustivas, no así de una gran gama de especies herbáceas.

La menor producción de biomasa total encontrada en el otoño, se atribuye a la ocupación y al paso constante de las cabras durante siete meses del año (marzo-septiembre) por el sitio de estudio, además que en es la época donde la mayoría de las plantas anuales entran en el periodo de latencia. El incremento de la MS observado en el invierno se debe al crecimiento de las gramíneas, en particular el zacate burro (*Scleropogon brevifolium*). Se observó siempre una escasa producción de zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*). EL tipo de vegetación dominante encontrada en la primavera, corresponde al grupo de las herbáceas siendo *Hymenoxys odorata* la especie más representativa junto a *Ambrosia*

psylostachia y *Lesquerella fendleri*. La producción total fue disminuyendo, siendo el verano la segunda estación con mayor producción de MS; sin embargo, la vegetación dominante en esta época corresponde a los arbustos en particular al comúnmente llamado blackbrush (*Coelogyne ramosissima*), con el hecho que solo fue muestreado en esta estación no significa que en el resto del año no estuviera presente, ya que se trata de arbustos perennes.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Producción de materia seca/ha de arbustivas, herbáceas, gramíneas y vegetación total del sitio utilizado de cabras con presencia de perros, en las cuatro estaciones del año en un pastizal mediano abierto del desierto Chihuahuense, ubicado en el noreste de Coahuila

4.1.1 Arbustos

Durante las cuatro estaciones del año, se registró un total de nueve arbustos de los cuales no todos tuvieron presencia en los muestreos correspondiente a las cuatro época del año, además que la producción de MS total varió considerablemente entre estaciones, encontrándose mayor producción total de MS y mayor número de arbustos en el verano. En el muestreo del verano se registró siete arbustos encontrados, comparado con primavera y otoño con tres especies, e invierno con solo dos.

Acacia berlandieri fue único arbusto que se presentó en las cuatro estaciones del año, sin embargo, no representó una producción considerable (1.03 kg/ha/año) ya que se trató de pequeñas plantas de escasamente 10 cm de longitud. Esto no concuerda con los especímenes que se encuentran en otras zonas del Desierto Chihuahuense, donde esta planta es un arbusto que puede medir más de 2 m de altura. Se cree que las condiciones adversas del suelo del sitio de estudio limitó el desarrollo de esta planta arbustiva. Se encontró mayor ($P < 0.05$) producción de MS en el otoño, una producción similar en primavera e invierno y menor producción en verano.

La gobernadora, es un arbusto importante en algunas áreas del pastizal, sin embargo, se registró una escasa producción de MS en el área de estudio (12.35 kg/ha/año). Se considera que el intenso pastoreo y el pisoteo de estos animales reducen la regeneración de este arbusto, ya que durante los recorridos de pastoreo de las cabras que se realizó, la gobernadora era un arbusto representativo de algunas áreas de este pastizal. Se cree, también, que las condiciones de este

pastizal, caracterizado por su alto contenido de sulfato de calcio, limitó el crecimiento y dispersión de este arbusto.

El hojásén, además de su amplia distribución y ser un arbusto importante en el Desierto Chihuahuense, tuvo una producción de MS muy baja (19.17 kg MS/año), correspondiendo al 19.54 % de la producción total de los arbusto (98.11 kg/MS/año). Cabe recalcar que en el área de estudio se observó una escasa densidad del hojásén; sin embargo, este arbusto muestra una población considerable en los agostaderos del Desierto Chihuahuense. Considerando que el área de estudio, lugar donde comúnmente comienza el pastoreo (marzo-septiembre) de las cabras con presencia de perros de la pradera, a este último se le puede atribuir la ausencia de la vegetación.

Cuadro 1. Arbustos encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.

Arbustos	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	kg MS/año
<i>Acacia berlandieri</i>	0.48	0.12	3.12	0.42	1.03
<i>Acacia spp.</i>	0.48	-	0.66		0.28
<i>Atriplex confertifolia</i>	-	1.00	-	-	0.25
<i>Buddleja scordioides.</i>	-	-	-	0.78	0.20
<i>Coleogine ramosissima</i>	0.00	255.66	-		63.92
<i>Flourensia cernua</i>	50.48	4.32	21.88	-	19.17
<i>Larrea tridentata</i>	-	49.40	-	-	12.35
<i>Opuntia rastrera</i>	-	0.02	-	-	0.00
<i>Sapindaceae sapindus</i>	-	3.63	-	-	0.91
TOTAL	51.43	314.14	25.66	1.20	98.11

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Herbáceas

Se encontró mayor producción de biomasa total y de herbácea en la primavera, época donde la mayoría de plantas rebrotaron por la presencia de lluvias de invierno, además que el área de estudio no había sido pastoreada por las cabras durante los cinco meses anteriores. Las herbáceas más importantes en términos de su producción de MS en las diferentes épocas del año fueron: **primavera:** *Hymenoxys odorata*, *Tiquilia canescens*, *Lesquerella fendleri*, *Ambrosia psilostachya*, *Amaranthus powellii* y *Lesquerella fendleri*; **verano:** *Ambrosia psilostachya*, *Hymenoxys odorata*, *Lesquerella fendleri*, *Menodora scabra*, *Tiquilia canescens*; **otoño:** *Lesquerella fendleri*, *Machaeranthera pinnatifida*, *Verbena bipinnatifida*; **invierno:** *Machaeranthera pinnatifida* y *Menodora scabra*.

Cuadro 2. Herbáceas encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.

Herbáceas	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Promedio
<i>Achillea millefolium</i>	1.90	-	-	-	0.08
<i>Acourtia nana</i>	1.43	0.13	0.84	-	0.37
<i>Alternanthera repens</i>	-	1.13	0.31	0.22	0.53
<i>Amaranthus powellii</i>	36.67	14.70	-	-	6.17
<i>Ambrosia deltoidea</i>	10.48	0.84	-	-	0.69
<i>Ambrosia psilostachya</i>	59.52	68.55	-	-	24.32
<i>Anthemideae spp</i>	19.44	-	-	-	0.78
<i>Grindelia spp.</i>	402.86	-	-	-	16.11
<i>Descurainia spp</i>	17.14	-	-	-	0.69
<i>Ceratoides lanata</i>	-	0.41	-	-	0.13
<i>Ipomea purpurea</i>	-	0.50	-	-	0.15
<i>Descurainia pinnata</i>	-	0.27	-	-	0.09
<i>Descurainia spp</i>	10.95	-	-	-	0.44
<i>Dyschoriste linearis</i>	-	4.90	9.33	0.93	4.85
<i>Endemydeae spp</i>	2.86	-	-	-	0.11
<i>Ephedra spp.</i>	-	0.08	-	-	0.03
<i>Euphorbia prostrata</i>	-	1.13	-	-	0.36
<i>Fabaceae spp.</i>	0.95	-	-	-	0.04
<i>Gaura coccinea</i>	-	-	2.27	0.21	0.79
<i>Geranium spp</i>	2.78	-	-	-	0.11
<i>Ribes spp.</i>	-	0.19	-	-	0.06
<i>Hydrocotyle moschata</i>	0.56	-	-	-	0.02
<i>Hymenoxys odorata</i>	136.67	57.01	9.04	0.78	26.85
<i>Lesquerella fendleri</i>	46.67	44.90	39.89	6.26	31.00
<i>Machaeranthera pinnatifida</i>	-	0.39	53.61	60.45	36.62
<i>Malvaceae spp</i>	0.48	-	-	-	0.02
<i>Menodora scabra</i>	16.67	26.40	15.46	38.81	26.48
<i>Oenothera rosea</i>	-	-	10.88	8.13	6.08
<i>Peganum harmala</i>	3.33	-	0.45	-	0.28
<i>Pinaropappus roseus</i>	-	-	15.56	0.92	5.27
<i>Salix spp.</i>	3.81	-	-	-	0.15
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	4.29	0.58	-	-	0.36
<i>Sphaeralcea hastulata</i>	-	-	1.01	0.68	0.54
<i>Stanleya spp.</i>	9.52	0.25	-	-	0.46
<i>Tiquilia canescens</i>	116.67	54.54	14.81	27.41	35.63
<i>Verbena bipinnatifida</i>	-	-	63.36	19.38	26.48
<i>Verbena canescens</i>	-	-	0.99	7.24	2.63
TOTAL	902.38	276.83	237.82	171.45	255.65

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Gramíneas

De los tres tipos de plantas encontradas en el área de estudio, las gramíneas ocupan el segundo lugar en producción de MS ($P < 0.05$). En la cuadro 3 se observa que durante la primavera al verano la producción total decreció, sin embargo durante otoño a invierno hay un incremento considerable de producción de MS de pastos, presentándose así en invierno una producción aun mayor que las herbáceas. Los dos pastos más importantes que se presentaron en el área de estudio fueron el zacate burro y el zacate búfalo (*Scleropogon brevifolium* y *Buchloe dactyloides*), de los cuales, el primero estuvo presente en casi todo el año, excepto en el verano y contribuyó a la mayor producción de biomasa (122.95 kg/ha/año).

Buchloe dactyloides es un género monotípico de plantas herbáceas perteneciente a la familia poaceae, originara de las praderas de Norteamérica corresponde a la única gramínea que se presentó en las cuatro estaciones, mostrando una producción de biomasa decreciente en el transcurso del año ($P < 0.05$).

Cuadro 3. Gramíneas encontrados durante las cuatro estaciones del año, producción total de MS de cada una y producción total de MS encontrados en cada época del año.

Gramíneas	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	T/MS/año
<i>Aristida sp.</i>	-	-	12.52	-	3.13
<i>Buchloe dactyloides</i>	160.48	45.37	14.91	1.87	55.66
<i>Muhlenbergia repens</i>	-	80.03	0.16	-	16.22
<i>Scleropogon brevifolius</i>	22.86	-	125.05	343.87	122.95
<i>Stipa clandestina</i>	8.57	0.15	-	-	2.18
TOTAL MS	191.90	125.55	152.65	345.74	200.13

Fuente: Elaboración propia

4.2 Producción de MS total a diferentes distancias del sitio donde iniciaba el pastoreo

4.2.1 Primavera

En la Figura 6 se muestra la producción de biomasa total (Y), a diferentes distancias con respecto al sitio del inicio del pastoreo (X), correspondientes a la época de la primavera. Considerando que las cabras son pastoreadas en dos direcciones (al norte “marzo-septiembre” y al sur de la comunidad “octubre-febrero”), siendo el primero que corresponde al área de estudio.

Se encontró que la producción de biomasa total de cada sitio no depende precisamente a medida que los sitios se alejen del punto donde comúnmente inicia el pastoreo ($R^2 = 0.09$). Se observó que en el sitio 200, se produjo mayor cantidad de biomasa total (3476.67 kg MS) caracterizado dicho sitio, por 11 herbáceas, 0 arbusto y ninguna gramínea, hallando mayor producción en *Grindelia spp.* (270.3 kg MS) de la familia de las Asteraceae.

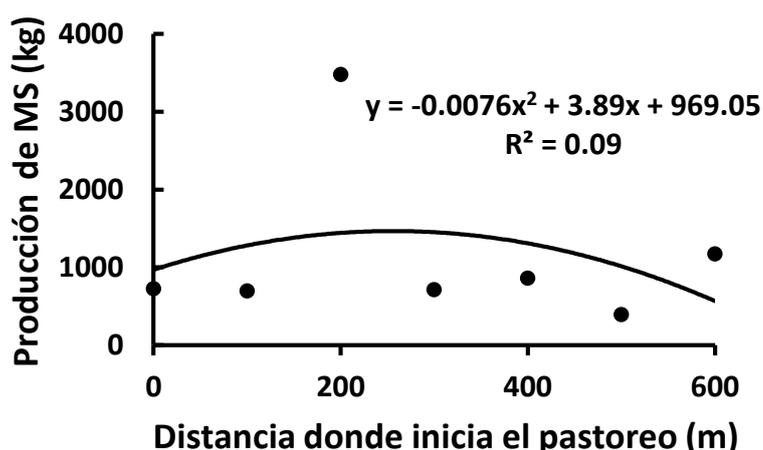


Figura 6. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente a la primavera.

4.2.2 Verano

En la Figura 7 se observó una leve tendencia ascendente de producción de biomasa a medida que los sitios se alejan del punto de partida de pastoreo, a partir del sitio 100, denotándose una relación moderada de la producción de MS con la distancia donde comúnmente inicia el pastoreo. Estos datos indican que el 66% de la variación de la producción de biomasa total, depende de las distancias con respecto al lugar donde inicia el pastoreo de las cabras. De hecho, estos datos muestran que la mayor producción de biomasa en esta época del año se presenta en el área más cercana al corral de las cabras, lo que indica, claramente, que la presión de pastoreo de las cabras en las zonas aledañas al corral de las cabras es insuficiente para cambiar la producción de forraje en el agostadero. En el sitio cero, se incrementó la producción de MS debido a la presencia de *Coleogine ramosissima*, un arbusto que está presente en el área de estudio. Dicho lo anterior, aunque las cantidades encontradas no muestran diferencia, se presenta una mayor producción de MS a medida que el sitio se aleja del punto donde comúnmente inicia el pastoreo.

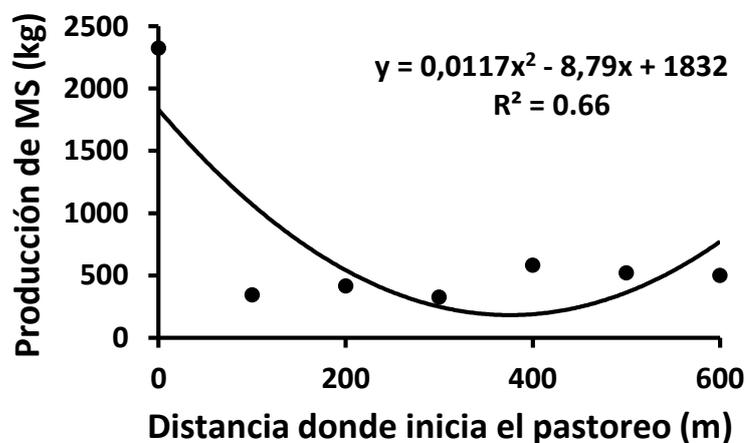


Figura 7. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al verano.

4.2.3 Otoño

Este muestreo se realizó cuando las cabras ya no pastoreaban el área de estudio, sin embargo, se observó una tendencia cuadrática con mayor producción de biomasa a mayor distancia con respecto al sitio donde se iniciaba el pastoreo de las cabras. El sitio cero, siendo el más cercano donde comúnmente iniciaba el pastoreo, se presentó mayor cantidad de biomasa total que el sitio 100, siendo *Verbena bipinnatifida* de mayor importancia, cabe recalcar que esta herbácea se presentó en los sitios 0, 100, 200, 300 y 400. En la Figura 8, se aprecia una producción de biomasa ascendente a partir del sitio 100 al 500, concluyendo así que la producción de MS escasamente depende a medida que los sitios se alejen del punto donde comúnmente inicia el pastoreo ($R^2 = .41$).

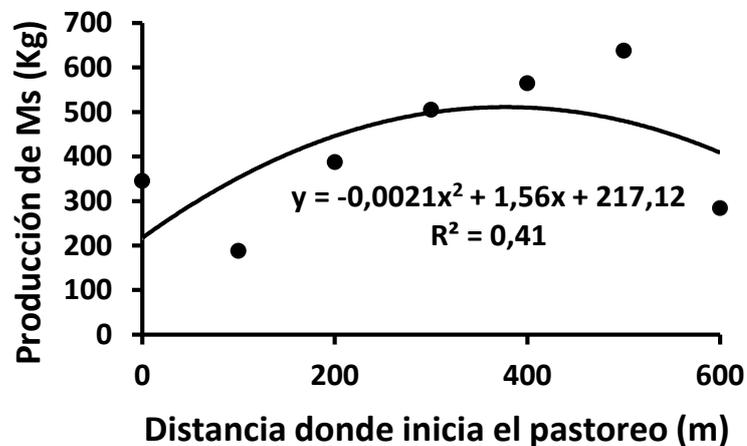


Figura 8. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al otoño.

4.2.3 Invierno

Este muestreo, al igual que en otoño, se realizó cuando las cabras ya no se pastoreaban a esta dirección. En la figura 9 se muestra que la producción de MS total se relacionó moderadamente con la distancia del sitio de pastoreo con relación al sitio de inicio del pastoreo de las cabras ($R^2=0,43$). El sitio 600 muestra mayor producción debido a la mayor abundancia de *Scleropogon brevifolium*.

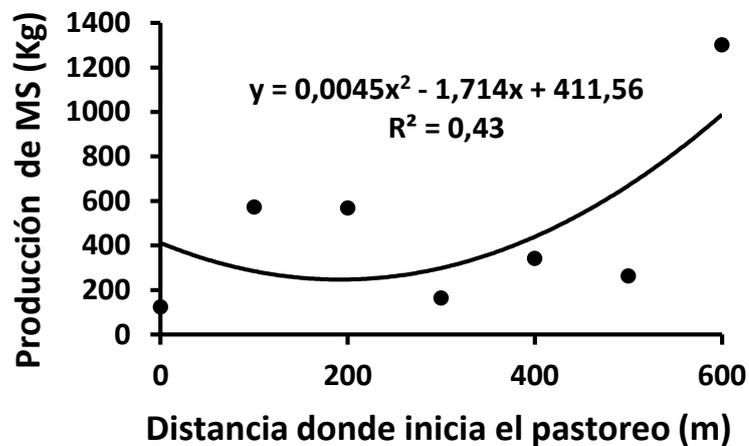


Figura 9. Producción de MS total a diferentes distancias del punto donde iniciaban su pastoreo las cabras, correspondiente al invierno.

En el cuadro 4 se muestra el total de biomasa encontrada en los siete sitios de cada época del año, los cuales muestran que no existe relación ascendente de biomasa en ninguna de las estaciones mientras que los sitios son alejados, sino más bien se ve una producción muy heterogénea. Estos resultados muestran una vez más que la primavera es la época con mayor producción de biomasa y el otoño e invierno con menor producción. Los promedios de cada sitio de las cuatro estaciones muestran una vez más la heterogeneidad de la cantidad de biomasa encontrada.

Cuadro 4. Promedio de MS de la vegetación total en cada sitio, en las cuatro épocas del año

	Primavera	Verano	Otoño	Invierno	Promedio
0	723.33	2324.31	345.13	124.13	879.23
100	696.67	344.80	187.73	573.27	450.62
200	3476.67	416.57	387.70	568.30	1212.31
300	713.33	325.50	505.47	163.97	427.07
400	860.00	583.47	564.87	342.80	587.78
500	393.33	519.77	637.90	263.97	453.74
600	1173.33	501.30	284.07	1302.80	815.38

4.3 Infiltrabilidad promedio de los diferentes sitios, en cada época del año

Los resultados de este estudio de Infiltración, muestran que el tiempo influyó marcadamente la velocidad de infiltración en la mayoría de los sitios ($R^2 > 0.50$), excepto en el sitio cero. Aunque los sitios 100 y 500 se presentaron valores menores ($R^2= 0.42$ y 0.46) se considera que el tiempo es un factor que determina parcialmente la velocidad de infiltración. Lo anterior indica que en los primeros minutos la tasa de infiltración es alta, y esta disminuye a través del paso del tiempo, cuando el suelo empieza a saturarse.

Así mismo, se llevó a cabo un análisis de varianza para la tasa de infiltración de los diferentes sitios, los cuales muestran que **no hubo** diferencias significativas ($P>0.05$). Lo anterior se realizó con la finalidad comprobar si existe mayor impacto al suelo por el pisoteo constante de las cabras en los sitios más cercanos del punto de partida del pastoreo, que a su vez es posible que afecte la velocidad de infiltración.

De acuerdo a lo obtenido, se concluye que el pisoteo de las cabras a diferentes distancias (sitios) donde comúnmente se inicia el pastoreo no afecta a la tasa de infiltración.

Se debe considerar que en el invierno, las cabras ya no eran pastoreadas en esta dirección de la comunidad, por lo que las cabras ya no fueron pasados en el área de estudio, sin embargo se tomó a consideración que el impacto producido durante los meses que ocuparon esta área del pastizal, debió ser reflejado en esta época del año.

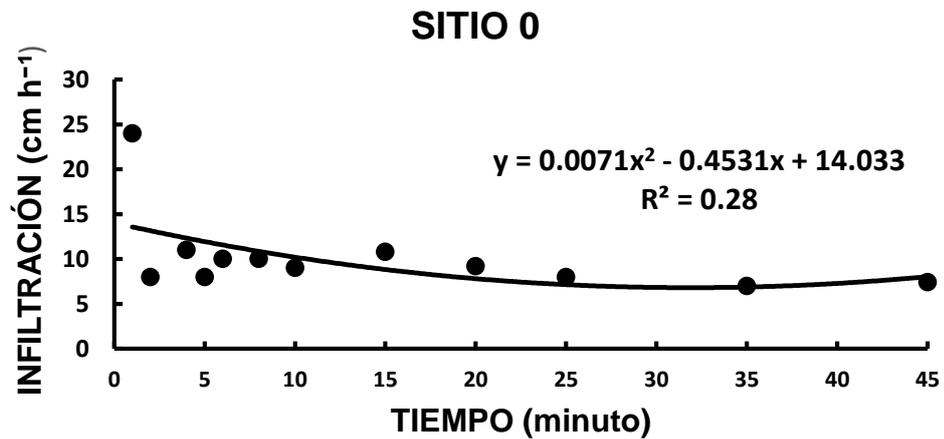


Figura 10. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 0).

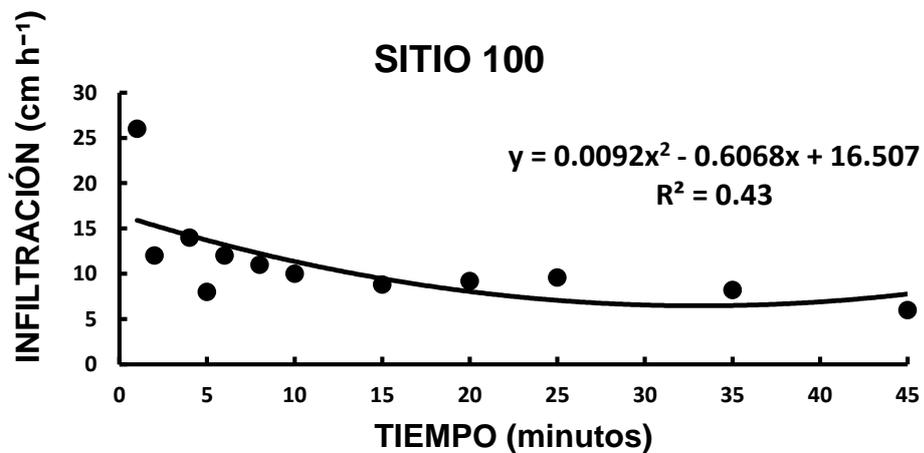


Figura 11. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 100).

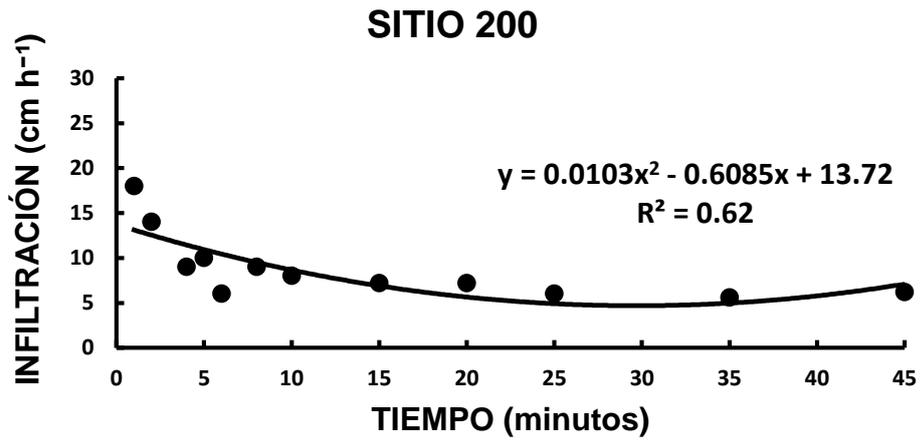


Figura 12. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 200).

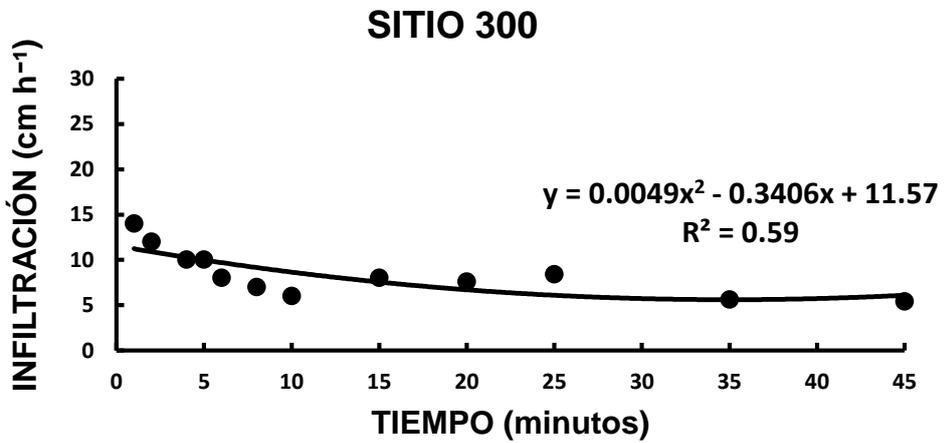


Figura 13. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 300).

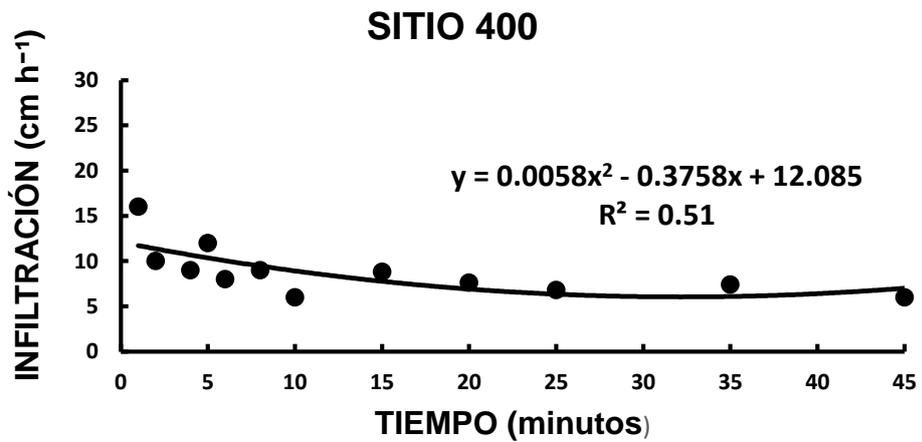


Figura 14. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 400)

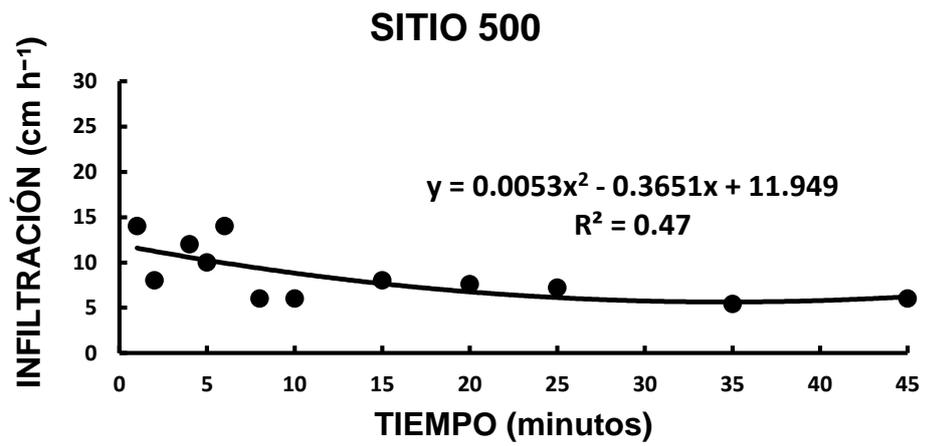


Figura 15. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 500)

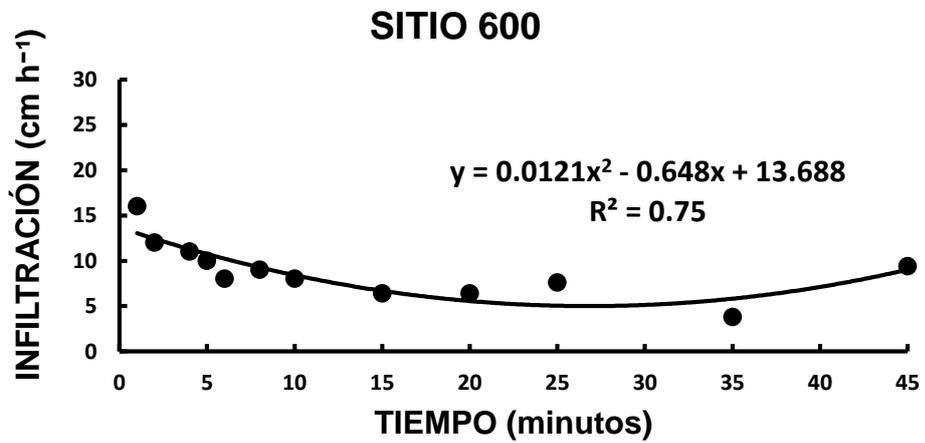


Figura 16. Tendencia de la tasa de infiltración (sitio 600)

4.3 Promedio (%) de la cobertura aérea (CA)

En la cuadro 5 se muestra el promedio y desviación estándar de la cobertura vegetal de cada sitio de muestreo. Se encontró que no existió relación ascendente de CA a medida que los sitios se alejan del corral en ninguna época del año ($P>0.05$), registrándose mayor cobertura aérea en la primavera y escasa en invierno. La desviación estándar muestra el grado de variabilidad de los porcentajes de CA de las tres parcelas de cada sitio, el cual indica que los porcentajes de CA de cada parcela varían ampliamente entre sí.

Cuadro 5. Promedio (%) de la cobertura aérea y desviación estándar de las tres parcelas de cada sitio, durante las cuatro estaciones del año.

Sitio (m)	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
0	38.33±38.19	13.33±14.43	6.33±1.54	2.67±1.53
100	31±38.22	8.33±2.89	4±1	14±22.52
200	25.33±24.48	19±14.93	18.33±27.47	23.33±15.27
300	11±9.64	4.67±2.52	30±25	12±9.85
400	20.33±17.21	33.33±44.81	26±26.51	9±6.56
500	13±8.89	10±8.66	13.33±18.77	2±1.73
600	34.33±48.23	6.67±2.87	2±0	15.67±12.10
Promedio	24.76±26.12	13.62±13.02	14.29±14.27	11.24±9.94

Fuente: elaboración propia

V DISCUSIÓN

Los cambios de vegetación fueron notorios durante las cuatro épocas del año, presentándose menor producción de MS en otoño. Quiñones *et al.* (1986) afirman que los cambios de vegetación son relevantes al transcurso del año, y esta se ve reflejada cuando existe escasez de forraje que comúnmente ocurre un poco antes del invierno y a mitad de primavera. Por lo tanto se hace evidente recurrir a nuevas técnicas o a la necesidad de suplementar a los animales. La presente investigación muestra una tendencia similar al estudio antes mencionado, siendo el otoño e invierno con menor producción de MS, viéndose un incremento en la última época del año debido a la abundancia de *Scleropogon brevifolius* y escasa producción de *Buchloe dactyloides*. El primero, conocido como Zacate burrero o Burrograss en inglés, pertenece al grupo de las gramíneas (perenne) y es encontrado comúnmente en las áreas perturbadas y sobre pastoreadas de las zonas áridas y semiáridas (CONABIO, 2009), soportando dicha sobreutilización debido a su peculiar forma reproductiva por medio de estolones, y son capaces de formar grandes colonias en el pastizal prefiriéndose bajo los arbustos. *Buchloe dactyloides*, comúnmente llamado zacate búfalo, se presentó durante todo el año y se trata de pequeños pastos de escasamente 5 cm. Son pastos tolerantes al calor de regiones áridas y semiáridas y el que más resiste a la sequía, tampoco requiere alta fertilización y es muy rustico. Se ha encontrado un incremento de pastos cortos a medida que se incrementa el pastoreo (Hart, 2001). La alta tolerancia del zacate búfalo al pastoreo intenso parece deberse a su sistema radicular poco profundo, lo que le permite a este pasto utilizar la escasa y poco profunda humedad en la época de lluvia. Además se ha reportado que la defoliación intensa de este pasto no afecta su masa y corona de la raíz (Bartos y Sims, 1974).

Los resultados generalmente mostraron escasa producción de MS de la vegetación común del Desierto Chihuahuense, lo cual se le atribuye principalmente a la utilización de las cabras (Moser-Norgaard y Denich, 2011; Saumel *et al.*, 2011). Un caso particular es de la gobernadora ya que se trata de un arbusto altamente extendido en áreas del suroeste de Estados Unidos y norte de México (Vasek, 1980), sin embargo no fue común en el área de estudio. Lo anterior se ve relacionado a los resultados de un trabajo experimental, llevado a cabo en el Rancho Los Ángeles, propiedad de la UAAAN en áreas con alta carga animal (cabras). Para este estudio la gobernadora (*Larrea tridentata*) presentó al menos 20% de ramas muertas, además que se registró la corteza de algunas plantas removidas parcialmente (Téllez, 2002). Esto es común en áreas con intenso pastoreo y pisoteo. Considerando lo anterior es probable que las cabras hayan perjudicado fuertemente a este arbusto a través de su paso constante durante décadas de utilización, ya que durante los recorridos de pastoreo con las cabras que se realizó, se observó que la gobernadora es un arbusto representativo de algunas áreas del pastizal. Además cabe recalcar que esta planta constituye una pequeña porción de la dieta de las cabras (Mellado *et al.*, 2005). Cuando la densidad de población de las cabras es moderada, la herbivoría caprina puede estimular el crecimiento de arbustos (Oba, 1998) y la producción de biomasa de tallos (Oba y Post, 1999).

No se encontró mayor producción de MS en los sitios más alejados del sitio donde iniciaban el pastoreo las cabras. Lo anterior parece indicar que la presión de pastoreo de las cabras en este sitio está por debajo de la capacidad de sustentación del agostadero. Esto se deduce porque en otros casos con exceso de caprinos en los ejidos, la vegetación alrededor de las comunidades ejidales se encuentra

severamente deteriorada por el paso diario de las cabras por estos terrenos. Este caso no se observó en el presente estudio, sin embargo, debe considerarse que el tipo de vegetación donde fue llevado el presente trabajo, presenta una vegetación muy heterogénea y además con una presencia considerable de madrigueras de perritos de la pradera, por eso mismo los resultados obtenidos no pueden ser determinantes del impacto de pastoreo de las cabras.

Hernández (2011) encontró mediante un estudio, en sitios de pastoreo de cabras con perros de la pradera, que la vegetación total se redujo significativamente. Esto se relacionó al gran impacto de las cabras con perros de la pradera sobre la estructura del pastizal. Además existe información que indica que los perros de la pradera eliminan grandes cantidades de la vegetación para facilitar la comunicación entre ellos y obtener un panorama amplio para escapar de sus depredadores.

Otro factor responsable de la escasa vegetación en el area de estudio es el tipo de suelo yesoso del lugar. Meyer *et al.* (1992), afirma que los suelos con altos porcentajes de yeso están relacionados con una baja producción de forraje. Los suelos con contenido superior al 25% de yeso interfieren en el crecimiento de las plantas, y el material del suelo carece de plasticidad y no se coagula convirtiéndose inestable en el agua y por consecuencia, la erosión de los suelos yesíferos puede ser muy severas. Estos tipos de suelos son comunes en las zonas áridas del planeta (FAO, 2016).

No se encontró diferencias significativas de la velocidad de infiltración entre los siete sitios muestreados, lo cual indica que el pisoteo de las cabras no fue un factor determinante para cambiar la estructura del suelo. Méndez *et al.*, (2013)

compararon dos trabajos de investigación en dos zonas, una con pastoreo caprino y otra sin pastoreo caprino, y un trabajo sobre tratamiento mecánico del suelo, con el fin de determinar si el pastoreo caprino y el tratamiento mecánico está relacionado con el deterioro de la costra biológica del suelo que afecta la infiltración, además que el suelo se vuelve más susceptible a escurrimientos hídricos provocando un cambio drástico del ambiente del lugar. Los resultados de este análisis mostraron que el sobrepastoreo caprino no tuvo relación con la erosión de la costra del suelo.

La velocidad de infiltración fue máxima al inicio de las pruebas de infiltración y generalmente fue disminuyendo en forma progresiva a través del tiempo, debido que fue aumentando la humedad del suelo o a medida que las arcillas se expanden o taponean parcialmente los poros. Esta tendencia es observada en todas las pruebas de infiltración independientemente del tipo del suelo. El factor directo que determina la velocidad de infiltración corresponde a la cantidad de materia orgánica. Quiñones *et al.* (2002), realizó un estudio con el fin de determinar la velocidad de infiltración en diferentes sitios con distinto porcentaje de materia orgánica, uno en el espacio entre macollos de zacate, otro sobre un macollo de zacate y el tercero debajo de la copa del mezquite y sobre el montículo formado por los tallos del mismo, concluyó que la velocidad de infiltración estuvo altamente relacionado con la cantidad de materia orgánica por lo que se obtuvo mayores tasas de infiltración debajo de los mezquites.

VI CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye que bajo este sistema de manejo tradicional de las cabras en el sitio de estudio, **no** existió evidencia que tenga una influencia negativa sobre el pastizal, a medida que los sitios son alejados del lugar donde comúnmente inicia el pastoreo, presentando una producción de biomasa muy heterogénea en las cuatro época del año.

Tampoco existe evidencia que la velocidad de infiltración se ve afectada por el pastoreo de las cabras en las condiciones del presente estudio.

La primavera es la estación con mayor cobertura vegetal y el otoño con la menor.

Se recomienda llevar a cabo este tipo de estudio en pastizales con vegetación homogénea, asegurándose que no haya factores secundarios que influyan en los resultados.

VII LITERATURA CITADA

- Aguirre, G. O. 2013. El pastoreo como factor de cambio en el uso del suelo y su impacto en el contenido de nitrógeno y carbono del pastizal semi árido. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 4.
- Archer, E.R. 2004. Beyond the “climate versus grazing” impasse: using remote sensing to investigate the effects of grazing system choice on vegetation cover in the eastern Karoo. *J. Arid. Environ.* 57: 381-408.
- Arevalo, J.R., China y E., Barquin, C. 2007. Pasture management under goat grazing on Canary Islands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 118: 291-296.
- Badia, V. D. y Dalmau, C. M. 1994. Mejora del valor pastoral y medio-ambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de revegetación, remicorrización y acolchado, I. Aplicación en suelos Yesosos. *Lucas Mallada* 6: 17-35.
- Baraza, E. y Valiente-Benuet, A. 2008. Seed dispersal by domestic goats in a semiarid thornscrub of Mexico. *J. Arid. Environ.* 72: 1973-1976.
- Bartos D. L. y Sims, P. L. 1974. Root dynamics of the shortgrass ecosystems. *J. Range Manage.* 27: 33-36
- Bermejo, L.A., de Nascimento, L., Mata, J., Fernández-Lugo, S., Camacho, A. y Arevalo, J.R., 2012. Responses of plant functional groups in grazed and abandoned areas of a Natural Protected Area. *Basic Appl. Ecol.* 13: 312-318.
- Beverly A. y Clemente, C.M. 1997. Toxic amines and alkaloids from *Acacia berlandieri*. *Phytochem.* 46: 249-254.
- Branson, F. 1984. Evaluation of "Impacts of grazing Intensity and specialized Grazing Systems on Watershed Characteristics and Responses". In: *Developing Strategies for Rangeland Management.* 985-1000 pp.
- Ceballos, G. 1990. Distribución y estatus de los perros llaneros (*Cynomys mexicanus* y *C. ludovicianus*) en México. Áreas naturales protegidas en México y especies en extinción. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 327-324 pp.
- CONABIO, 2009. *Scleropogon brevifolius* Phil. Zacate de burro. Obtenido en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/scleropogon-brevifolius/fichas/ficha.htm>
- Custodio, E. y Llamas, M. R. (Eds.). 1976. Hidrología subterránea. Ediciones Omega. Barcelona. 1194.

- DeMalach, N., Kigel, J., Voet, H. y Ungar, E.D., 2014. Are semiarid shrubs resilient to drought and grazing? Differences and similarities among species and habitats in a long-term study. *J. Arid. Environ.* 102: 108-115.
- Estell, R.E., Anderson, D.M., James y D.K. 2016. Defoliation of *Flourensia cernua* (tarbush) with high-density mixedspecies stocking. *J. Arid Environ.* 130: 62-67.
- FAO. 2016. Manejo del suelo. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/manejo-del-suelo/es/>
- Foroughbakhch, R., Hernández-Piñero, J. L., Carrillo-Parra, A. y Rocha Estrada, A. 2013. Composition and animal preference for plants used for goat feeding in semiarid northeastern México. *J. Anim. Plant Sci.* 23: 1034–1040.
- García, R. R., Celaya, R. U. y Osoro, K. 2012. Goat grazing, its interactions with other herbivores and biodiversity conservation issues. *Small Rumin. Res.* 107: 49-64.
- Gile, R. P. 1998. Soil-induced variability in root systems of creosotebush (*Larrea tridentata*) and tarbush (*Flourensia cernua*). *J. Arid Environ.* 39: 57-63.
- González, F., Mukaddes, D. y Nuñez, O. 2008. Vegetation Changes in Private Farms with different Grazing Schemes after 12 years. *Agrofaz.* 8: 61-72.
- González, H. R. 2010. Seasonal plant water relationships in *Acacia berlandieri*. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 343-357.
- González, G .A. 2011. Analizan beneficios de la gobernadora y el hojaseén. Obtenido de: <http://www.2000agro.com.mx/tecnologia/analizan-beneficios-de-la-gobernadora-y-el-hojasen/> (5 de noviembre, 2016)
- González, E. M. 2015. Florística de las cactáceas de Durango. Informe final. El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (SNIB-CONABIO) proyecto No. JF032. México. D.F: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional - Unidad Durango. 3-4.
- Haenlein, G. F. W. y Ramírez, R. G. 2007. Potential mineral deficiencies on arid rangelands for small ruminants with special reference to Mexico. *Small Ruminant Research* 68: 35–41.
- Herbel, C. H. y Gould, W. L. 1980. Managing semidesert ranges of the southwest. New Mexico Cooperative Extension Service Circular 456. New Mexico, Las Cruces. p. 48.
- Hart, R. H. 2001. Plant biodiversity on shortgrass steppe after 55 years of zero, light, moderate or heavy cattle. *Plant. Ecol.* 155: 111-118.
- Hernandez, H. H. Gómez. H. C. y Goettsch. 1858. Checklist of Chihuahuan desert cactaceae. *Cactac. Bound.* 9: 52-68.

- Hernández, L. H. 2006. Efecto de pisoteo, pendiente e infiltrabilidad en características del suelo y vegetación del Municipio de Saltillo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 10.
- Hernández, A. O. 2011. Análisis de la dieta de *Cynomys mexicanus* en convivencia con rumiantes su impacto en el agostadero. Tesis de Doctorado. Montecillo, Texcoco, Edo. Mexico. 67-76.
- Ibañez, I. S. y Moreno, M. H. 2016. Características del infítrómetro de doble anillo (anillos de Munz). Obtenido de:
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/7840/AD%20Infiltrometro.pdf?sequence=3> (12 de noviembre de 2016).
- INEGI. 2010. Extensión territorial de México. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de:
<http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/extension/default.aspx?tema=T>
- INEGI. 2016. Suelos con yeso o carbonatos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Obtenido de:
<http://cuentame.inegi.org.mx/hipertexto/suelo/yeso.html>
- Jauregui, B. M., Rosa-García, R., García, U., WallisDeVries, M. F., Osoro, K. y Celaya, R. 2008. Effects of stocking density and breed of goats on vegetation and grasshopper occurrence in heathlands. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123: 219-224.
- López, R. G., Xolocotzi, E. H., Herrera, N. A., y Boulaine, J. 2016. Morfología y génesis de suelos yesíferos de Matehuala, S. L. P. Obtenido de
http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/1934/Agrociencia%20v1n2_1967_130-146.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Massimo L., Grassi F. G., Bardini M. y Imazio S. 2003. Genetic Relationship in the genus *Opuntia* Mill. (Cactaceae) detected by molecular marker. *Plant Science.* 165: 1130-1136 pp.
- Mauchamp, A., y Janeau, J. L. 1993. Water funnelling by the crown of *Flourensia cernua*, a Chihuahuan Desert shrub. *J. Arid. Environ.* 5: 299-306.
- Mellado, M., Valdez, R., Lara, L.M. y López, R. 2003. Stocking rate effects on goats: a research observation. *J. Range Manage.* 56: 167-173.
- Mellado, M., Olvera, A., Dueñez, J. y Rodríguez, A. 2004. Effects of continuous or rotational grazing on goat diets in a desert rangeland. *J. Appl. Anim. Res.* 26: 93-100.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Villarreal, J. A., Rodríguez, R., Salinas, J. y López, R. 2005. Gender and tooth wear effects on diets of grazing goats. *Small Rumin. Res.* 57: 105-114.
- Mellado, M. 2016. Dietary selection by goats and the implications for range management in the Chihuahuan Desert: a review. *Range. J.* 38: 331-341.

- Meyer, S. E., García-Moya, E. y Lagunes, L. D. 1992. Topographic and soil surface effects on gypsophile plant community patterns in central Mexico. *J. Veget. Sci.* 3: 429–438.
- McVaugh, R. 1983. *Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico.* The University of Michigan Press, Ann Arbor, Michigan. . 14: pag.
- Méndez, R. U., Castellanos Pérez, E., Martínez Ríos, J. J., Figueroa Viramontes, R. y Garcia de la Peña, C. 2013. Effect of overgrazing on the biological crust in the north of México: A bibliographic analysis. *Agrofaz* 13: 87-90.
- Moser-Norgaard, P.M. y Denich, M. 2011. Influence of livestock on the regeneration of fodder trees along ephemeral rivers of Namibia. *J. Arid. Environ.* 75: 371-376.
- Navas, A., Alberto, F., Machín, J. y Galán, A. 1990. Design and operation of a rainfall simulator for field studies of runoff and soil erosion. *Soil Technol.* 3: 385-397.
- Oba, G. 1998. Effects of excluding goat herbivory on *Acacia tortilis* woodland around pastoralist settlements in northwest Kenya. *Acta Oecol.* 19: 395-404.
- Oba, G. y Post, E. 1999. Browse production and off take by free-ranging goats in an arid zone, Kenya. *J. Arid. Environ.* 43: 183-195.
- O'Laughlin, T. C. 1975. The distribution and productivity of *Flourensia cernua* DC. in southern New Mexico. Master of Science Thesis. New Mexico State University, Las Cruces. New MexicoBadia. 74 pp.
- Pérez, R. L., González, D. J., Hernández, I. I y González, A. S. 2003. Distribution of prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colonies related to landscape Los Angeles Ranch. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Recursos Naturales. 1975-2003
- Quiñones, V. J., Valencia, C. M., Sánchez, T., Montañez, R. 1986. Variables que influyen sobre la vegetación de leche de caprinos en pastoreo de malezas y esquilmos en la Comarca Lagunera. Memoria II Reunión Nacional sobre caprinocultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah.
- Quiñones, V. J., Sánchez, O. T., Quiroz, S. F. 2002. Efecto de la cobertura vegetal sobre la Infiltración de agua en un Pastizal Halófilo. Memoria de la XIV Semana Internacional de la Agronomía. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia, Venecia, Dgo. pp. 272-275
- Ramírez, M. F., Rivera, M. A. y Ortega G. C. 2016. Effect of rotational grazing with goats on the infiltration rate in buffel grass prairies. Obtenido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX9400762>
- Randriamalala, J. R., Radosy, H. O., Razanaka, S., Randriambanona, H., Hervé, D. 2016. Effects of goat grazing and woody charcoal production on xerophytic thickets of southwestern Madagascar. *J. Arid Environ.* 128: 65-72.

- Rebman, P. 2001. *Opuntia* cacti of North America-An overview. Florida Etomolol. 84: 472-483
- Reséndiz, V. H. 2004. Impacto del pastoreo de cabras y bovinos en combinacion con el perrito de la pradera, sobre la produccion de forraje de un pastizal mediano abierto. Tesis de Licenciatura. Universidad Atonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. 10 p.
- Saumel, I., Ziche, D., Yub, R., Kowarik, I., Overdieck, D. 2011. Grazing as a driver for *Populus euphratica* woodland degradation in the semi-arid Aibi Hu region, northwestern China. J. Arid. Environ. 75: 265-269.
- Sánchez, D. G. 2011. Ecología de la vegetacion del desierto Chihuahuense. Revista Chapingo, serie ciencias forestales y del ambiente, 17: 111-130.
- Sánchez, L. M., Wurzinger, M., López, F. P., Salinas, H., Sölkner, J., Iñiguez, L. 2011. The goat and goat production systems of small-scale producers of the Comarca Lagunera, in northern Mexico. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 17, 235-246.
- SAS Institute Inc. 1989. SAS/STAT user's guide. Edition. SAS Inst. inc., Carry, N.C.
- Schmidt J. R. 1979. A climatic delineation of the 'real' Chihuahuan Desert. J. Arid. Environ. 2, 243-250.
- SEMARNAT. (2004). Proyecto de Protección, Conservación y Recuperación del perrito de la lanero. *Cynomys mexicanus*, PREP núm.13. SEMARNAT. México. 50 pp.
- SEMARNAT. 2009. FICHA 17 / Especies Prioritarias / JCAYG-LAS / Revisó: ERH-MPL. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Comisión Nacional de Areas Protegidas, 1-6 pp.
- Severson, K. E., DeBano, L. F. 1991. Influence of Spanish goats on vegetation and soils in Arizona chaparral. J. Range Manag. 44: 111-117.
- Serra, O.M. 2002. Impacto del pastoreo rotacional o continuo de las cabras sobre la cobertura vegetal del matorral parvifolio inerme". Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 34.
- Sigwela, A. M., Kerley, G. I. H., Mills, A. J. y Cowling, R. M. 2009. The impact of browsing induced degradation on the reproduction of subtropical thicket canopy shrubs and trees. S. Afr. J. Bot. 75: 262-267.
- Téllez, H. V. 2002. Impacto de la presión del pastoreo de las cabras sobre el matorral Parvifolio Inerme. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. 75.
- Valencia, C. M., Quiñones Vera, J. J., Cortés Zorrilla, J., Jiménez González, G., Martínez Ríos, J. J., Castellanos Pérez, E. y Meza Herrera, C. A. 2008. Sustainability of extensive goat production systems based on arid rangelands. Agrofaz 8: 13-18.

- Vasek, F. C. 1980. Creosote bush: long-lived clones in the mojave desert. *American Journal of Botany*. 67: 246-255.
- Villas, D. B. y Dalmau, C. M. 1994. Mejora del valor pastoral y medio-ambiental de zonas semiáridas degradadas mediante técnicas de Revegetación, Remicorrización y Alcochado I. Aplicación en suelos yesosos. *Lucas Mallada*, 6: 17-35.
- Weber, J. F. 2015. Una comparación entre los métodos del doble anillo y del simulador de lluvia en la medición de la capacidad de infiltración. https://www.researchgate.net/publication/280237581_una_comparacion_entre_los_metodos_del_doble_anillo_y_del_simulador_de_lluvia_en_la_medicion_de_la_capacidad_de_infiltracion (20 de noviembre 2016)
- Wood, M., Blackburn, W. 1981. Grazing Systems: Their influence on infiltration rates in the Rollin Plains, Texas. *J. Range Manage.* 38: 331-335..
- Zambrano, G. C. 2013. Hidrología. <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/30172/modulo%20hidrologia/identificacin.html> (12 de noviembre de 2016).

VIII APÉNDICE

Cuadro 6. Producción de MS de (arbustos, herbáceas, gramíneas y vegetación total) en las cuatro época del año

PRIMAVERA	A	51.43
	H	902.38
	G	191.90
	VT	1145.71
VERANO	A	314.14
	H	276.83
	G	125.55
	VT	716.53
OTOÑO	A	25.66
	H	237.82
	G	152.65
	VT	416.12
INVIERNO	A	1.24
	H	171.45
	G	345.74
	VT	518.42

Cuadro 7. Promedio de velocidad de infiltración de cada sitio cm/h

Tiempo acumulado	S 0	S 100	S 200	S 300	S 400	S 500	S 600
0	0	0	0	0	0	0	0
1	24	26	18	14	16	14	16
2	8	12	14	12	10	8	12
4	11	14	9	10	9	12	11
5	8	8	10	10	12	10	10
6	10	12	6	8	8	14	8
8	10	11	9	7	9	6	9
10	9	10	8	6	6	6	8
15	10.8	8.8	7.2	8	8.8	8	6.4
20	9.2	9.2	7.2	7.6	7.6	7.6	6.4
25	8	9.6	6	8.4	6.8	7.2	7.6
35	7	8.2	5.6	5.6	7.4	5.4	3.8
45	7.4	6	6.2	5.4	6	6	9.4