

**PRODUCCIÓN DE MS, COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO Y TASA DE INFILTRACIÓN, DESPUÉS DE 25 AÑOS DE EXCLUSIÓN AL PASTOREO Y ELIMINACIÓN DE ARBUSTOS (EXCEPTO *Atriplex canescens*) EN UN MATORRAL PARVIFOLIO INERME EN EL NORTE DE MÉXICO**

**ELISEO BERNABEL SUÁREZ HERNÁNDEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para  
optar el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
"ANTONIO NARRO"**

Unidad Laguna

Subdirección de Posgrado

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
Unidad Laguna  
Subdirección de Postgrado

PRODUCCIÓN DE MS, COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO Y TASA DE  
INFILTRACIÓN, DESPUÉS DE 25 AÑOS DE EXCLUSIÓN AL PASTOREO Y  
ELIMINACIÓN DE ARBUSTOS (EXCEPTO *Atriplex canescens*) EN UN  
MATORRAL PARVIFOLIO INERME EN EL NORTE DE MÉXICO

TESIS

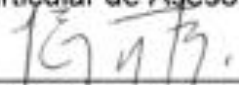
ELISEO BERNABEL SUAREZ HERNANDEZ

Elaborado bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada  
como requisito parcial, para optar al grado de:


MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION AGROPECUARIA

Comité Particular de Asesoría


Asesor principal:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Eduardo García Martínez

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque

Asesor:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Dueñez Alanis

\_\_\_\_\_  
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo  
Jefe del Departamento de Postgrado U.L.

\_\_\_\_\_  
Dr. Fernando Ruiz Zárate  
Subdirector de Postgrado

Torreón, Coahuila, México.

Octubre 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

*Agradezco a Dios por brindarme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida y por darme la capacidad y el razonamiento para seguir siempre adelante.*

*A mis padres nuevamente: Flor de María Hernández y Eduardo de la cruz Suárez Rodríguez, por todos sus sacrificios, esfuerzos y sus enseñanzas que me han brindado para ser una persona de bien en la vida.*

*A mi Alma Terra Mater por brindarme la oportunidad de cumplir uno de mis más grandes sueños y todas las facilidades otorgadas durante mis estudios de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria.*

*A mi comité de asesores: Dr. José Eduardo García Martínez, Dr. Miguel Mellado Bosque y Dr. José Dueñez Alanís, por compartirme sus conocimientos y por su muy valiosa colaboración en la realización de este proyecto.*

*A los laboratoristas: Norma L. Rangel, Juan Carlos y Silverio por su amable colaboración en el análisis de los conglomerados.*

*Al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca que me otorgo para cursar mis estudios de postgrado.*

*A mis todos mis amigos del postgrado y en especial a los Mc. L. Maricela Lara López, Oscar Ángel García, Yesenia Ángel García, Dulce S. Reséndiz Hdez y Karla G. González.*

## *DEDICATORIA*

*Mi gratitud hacia las personas que tanto quiero y de quienes siempre he recibido el más valioso e incondicional apoyo*

*A MI MADRE*

*Flor de María Hernández*

*A MI PADRE*

*Eduardo de la cruz Suárez Rodríguez*

*y*

*MIS HERMANOS*

*Evander E. Suárez Hdez, y Neimar O. Suárez Hdez.*

*Motivado y apoyado por ellos, he podido cumplir muchas de las mías que me he propuesto. Es por eso que a ellos dedico este logro en mi vida profesional.*

## MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA

El suscrito, Eliseo Bernabel Suárez Hernández, estudiante del Programa de Posgrado en Producción Agropecuaria, con matrícula 41073181 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 manifesté no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.

5.- Entendiendo 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 del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por lo tanto eximo de toda responsabilidad relacionado al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad al respecto es únicamente por parte mía.

ATTE



---

Eliseo Bernabel Suárez Hernández  
Tesista de Maestría/UAAAN

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Justificación .....	2
1.2. Objetivo: .....	3
1.3. Hipótesis:.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades de los agostaderos del norte de México.....	4
2.1.2. Importancia de las plantas forrajeras nativas de zonas áridas. ....	6
2.1.3. Impacto del sobrepastoreo y la desertificación.....	8
2.1.5. Relación entre la degradación del suelo y los pastizales. ....	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	17
3.1. Descripción del Área Experimental .....	17
3.1.1. Área de estudio .....	17
3.1.2. Suelo .....	18
3.1.3. Clima .....	18
3.1.4. Vegetación .....	19
3.2. Metodología .....	21
3.2.1. Diseño experimental.....	21
3.2.2. Periodicidad de los muestreos y mediciones.....	22
3.3. Muestreos en campo de las variables evaluadas .....	23

3.3.1. Producción de biomasa .....	23
3.3.2. Propiedades del suelo .....	23
3.3.3. Infiltración .....	24
3.4. Materiales utilizados .....	24
3.5. Análisis estadísticos de los datos registrados.....	26
3.5.1. Análisis de datos de la producción de biomasa.....	26
3.5.2. Análisis de los datos de suelo .....	27
3.5.3. Análisis de los datos de infiltración.....	27
4. RESULTADOS.....	28
4.1. Producción de biomasa .....	28
4.2. Propiedades del suelo .....	30
4.3. Tasa de infiltración .....	33
5. DISCUSIÓN .....	35
5.1. Producción de biomasa .....	35
5.2. Propiedades del suelo .....	39
5.3. Tasa de infiltración .....	43
6. CONCLUSIONES .....	46
7. LITERATURA CITADA .....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

No.	TITULO DE FIGURAS	PAG.
2.1	Esquema del pastoreo adecuado en función a la carga animal (Mott, 1960).	11
3.1	Localización del área de estudio	17
3.2	Arreglo de las parcelas experimentales en el terreno.	22
3.3	Imágenes del lugar de muestreo y el material utilizado.	25
4.1	Tasas de infiltración en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas.	34
No.	TITULO DE TABLAS	PAG.
4.1	Producción de Materia seca en kg ha <sup>-1</sup> para cada estrato vegetal en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas. Los valores son Medias ± Desviación estándar	29
4.2	Propiedades químicas del suelo en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas. Los valores son Medias ± Desviación estándar.	32



## **I. COMPENDIO**

**PRODUCCIÓN DE MS, COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SUELO Y TASA DE INFILTRACIÓN, DESPUÉS DE 25 AÑOS DE EXCLUSIÓN AL PASTOREO Y ELIMINACIÓN DE ARBUSTOS (EXCEPTO *Atriplex canescens*) EN UN MATORRAL PARVIFOLIO INERME EN EL NORTE DE MÉXICO.**

**TESIS**

**POR:**

**ELISEO BERNABEL SUAREZ HERNADEZ**

Presentada como requisito parcial para  
optar el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**Torreón, Coahuila, México, Octubre 2014**

**-Asesor-**

**Dr. José Eduardo García Martínez**

Teniendo en cuenta que la exclusión del pastoreo es un buen método para determinar la respuesta frente a los ecosistemas pastoreados, y que muy pocos estudios se han centrado en su efecto sobre el pastoreo, en especial sobre los matorrales de zonas áridas y semiáridas del Norte de México. Se planteó el presente estudio con el fin de determinar el efecto de 25 años de la exclusión del

pastoreo de ganado y la eliminación de los arbustos (excepto *Atriplex canescens*), sobre la producción de materia seca de la vegetación, la composición química del suelo y la tasa de infiltración en un matorral parvifolio inerme en el norte de México.

Para ello se ubicaron dentro de cuatro bloques (10x10 m), 16 parcelas de 1x1 m. Dos bloques fueron excluidos permanentemente al pastoreo en años previos (establecidas hace 25 años) delimitadas por cercas de malla y los otros dos bloques controles han sido por muchos años pastoreados por especies de ganado doméstico y fauna silvestre, bajo gestión similar (carga animal y características ambientales). Las parcelas se ubicaron separadas a 100 m de distancia y aisladas a un mínimo de 100 m de cualquier camino, brecha, etc., para evitar efecto borde. Los bloques fueron ubicados al azar en cada sitio mediante la generación de números aleatorios con computadora y la normalización de estos valores a las coordenadas UTM.

Se realizaron muestreos y mediciones de las diferentes variables al final de cada estación, verano, otoño, primavera e invierno (2012-2013). Para coleccionar las muestras de vegetación se usó el método del cuadrante, con las áreas de corte (núcleos). Las muestras de suelo se extrajeron a 0-30 cm de profundidad usando el extractor de núcleo y tomado la esquina externa de cada parcela (para evitar la perturbación de la parcela). La infiltración fue evaluada mediante el método de los cilindros infiltrómetros de doble anillo los cuales se distribuyeron de manera al azar.

Para el análisis de datos de la producción de materia seca se usó el procedimiento PROC MIXED de SAS. En el modelo fueron incluidos los efectos

de estación de muestreo, bloque, sitio (exclusión del pastoreo vs. libre pastoreo) y las interacciones sitio x estación del año. La comparación de estaciones se llevó a cabo con el procedimiento PDIFF dentro de medias de mínimos cuadrados de SAS. Las variables del suelo (diversos minerales) se compararon entre sitios usando el procedimiento PROC MIXED, donde los efectos principales fueron la estación de muestreo, bloque y sitio. Se analizaron también las interacciones simples entre sitio y estación. Para la tasa de infiltración se realizó un análisis de varianza en un sentido, mediante el Proc GLM de SAS utilizando el procedimiento PDIFF con medias de mínimos cuadrados para detectar diferencias entre sitios y tiempos de infiltración.

Para los valores de rendimiento de materia seca de la comunidad vegetal se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para el efecto estación sobre los arbustos, herbáceas, vegetación total y *Atriplex canescens*, dentro de las áreas excluidas al pastoreo así como en las áreas de libre pastoreo, excepto para los pastos, estrato vegetal donde no se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). Para el efecto sitio se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las herbáceas, pastos y vegetación total, aunque para las plantas arbustivas y *A. canescens* se manifestaron altamente significativas ( $P < 0.01$ ). Por otro lado no se observaron diferencias significativas para el efecto interacción ( $P > 0.05$ ) en arbustos, pastos, vegetación total y *A. canescens*, excepto para las herbáceas donde si hubo diferencia altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

En cuanto a las propiedades químicas del suelo, los análisis estadísticos revelaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), para el efecto estación sobre los parámetros: potencial de Hidrogeno (pH), Nitrógeno Total (NT), Calcio

(Ca), Magnesio (Mg), Nitrato (NO<sub>3</sub>-), Fosforo (P), Sodio (Na), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zinc (Zn), en ambos tratamientos exclusión y libre pastoreo, excepto para Materia Orgánica (MO) donde no se presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Se observaron diferencias altamente significativas para el efecto sitio ( $P<0.01$ ) sobre los parámetros pH, NT, Ca, Mg, MO y P del suelo y de acuerdo con las observaciones para las concentraciones de NO<sub>3</sub>-, Na Cu, Fe y Zn no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). Por otro lado, la interacción Estación X Sitio, no presentó diferencias significativas ( $P>0.05$ ), en las concentraciones de pH, NT, Ca, MO y Fe, sin embargo para Mg, NO<sub>3</sub>-, y Zn, en este sentido se encontraron diferencias altamente significativas ( $P<0.01$ ).

El comportamiento de las infiltraciones en verano no presentaron diferencias significativas para ambas áreas de exclusión y libre pastoreo ( $P>0.05$ ), sin embargo en las áreas de exclusión se observa ligeramente favorecida por un aumento de 6.98 cm h<sup>-1</sup>, comparado con las áreas de pastoreo con 5.98 cm h<sup>-1</sup> ambos para el minuto 30. En otoño al minuto 1 registro diferencia significativa ( $P<0.05$ ) mientras los demás tiempos no difirieron ( $P>0.05$ ). Para la estación de primavera se presentaron mayores tasas de infiltración registrándose diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los tiempos 20, 25 y 30 minutos, con medias de infiltración de 9.75, 9.12, 8.29 y 8.55, 7.59, 6.64 cm h<sup>-1</sup> en las áreas de libre pastoreo y excluidas respectivamente, mientras tanto en invierno se observaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) solo para los tiempos 25 y 30 min, con medias de infiltración de 9.04, 8.31 y 6.76, 5.71 cm h<sup>-1</sup> en las áreas de libre pastoreo y excluidas respectivamente.

Se concluye que la exclusión del pastoreo durante los últimos 25 años combinado con la eliminación de arbustos excepto *A. canescens* en un matorral parvifolio inerme en el norte de México, redujo mínimamente la producción de materia seca de la vegetación total, desde el punto de vista de la productividad se ve afectada por el abandono del pastoreo. Sin embargo para *A. canescens*, la producción forrajera fue mayor principalmente durante verano y otoño. Con respecto a los nutrientes del suelo, los efectos de la exclusión del pastoreo son más evidentes, la presencia de pastoreo en este estudio aumento la fertilidad del suelo, mediante aumentos en el contenido de P y de MO. Aunque se detecta una disminución de los cationes principalmente Ca y Mg en presencia de pastoreo, puesto que el contenido de estos cationes en el suelo es elevado en las áreas excluidas al pastoreo. En general las tasas de infiltración se mantuvieron estables a pesar de la reducción de la cubierta vegetal en las áreas excluidas al pastoreo, sin embargo se obtuvieron mayores tasas de infiltración en las áreas pastoreadas esto nos indica que la carga animal y pisoteo de los animales domésticos no afectó la tasa de infiltración de agua. Los resultados de este estudio también indican que el pastoreo a largo plazo puede tener efectos negativos sobre la vegetación, como por ejemplo, la reducción drástica de los pastos y la *A. canescens* en las época de escasez, en general es necesario mantener áreas abandonadas o excluidas al pastoreo para preservar estas especies y aumentar la producción forrajera para la alimentación de los animales domésticos en zonas áridas y semiáridas.

## II. ABSTRACT

**DM PRODUCTION AND CHEMICAL COMPOSITION OF SOIL INFILTRATION RATE AFTER 25 YEARS OF GRAZING EXCLUSION AND DISPOSAL OF SHRUBS (EXCEPT *Atriplex canescens*) IN A SCRUB PARVIFOLIO DEFENSELESS IN NORTHERN MEXICO.**

**THESIS**

**By**

**ELISEO BERNABEL SUÁREZ HERNÁNDEZ**

Presented as a partial requirement to opt for the degree of:

**MASTER IN SCIENCE IN AGRICULTURAL PRODUCTION**

**Autonomous Agrarian University Antonio Narro  
Torreon, Coahuila, Mexico, October 2014**

**-Advisor-**

**Dr. José Eduardo García Martínez**

The exclusion of grazing is a good method to determine the response of grazed ecosystems, and given that few studies have focused on its effect on grazing, especially on scrub and semi-arid areas of northern Mexico. Because of the previous statement, this study was carried to determine the effect of 25 years of livestock grazing exclusion and removal of shrubs (except *Atriplex canescens*)

on the dry matter yield, soil chemistry and infiltration rate on a defenseless parvifolio scrub in northern Mexico.

They were within four blocks (10x10 m), 16 plots of 1x1 m. Two blocks permanently excluded grazing in previous years (established 25 years ago) enclosed by chain link fences and two control blocks have been for many years grazed by domestic livestock species and wildlife under a similar management (stocking rate and ambient characteristics). The plots were located 100 m apart and isolated at least 100 m from any road, gap, etc., to avoid edge effect. The blocks were randomly located at each site by generating random numbers by computer and normalizing these values to UTM coordinates.

Sampling and measurements of different variables during summer, autumn, spring and winter (2012-2013) were conducted. To collect samples of vegetation quadrant method was used, with the cutting areas (cores). Soil samples were taken at 0-30 cm depth using core Extractor and sampling the outer corner of each plot (to avoid disruption of the plot). The infiltration was evaluated by the method of double ring infiltrometer cylinders which were distributed so randomly.

For data analysis of dry matter production PROC MIXED procedure of SAS was used. In the model were included the effects of sampling station, block, site (excluding grazing vs. free-range) interactions and site x season. The comparison was carried out as stations with PDIFF procedure in least squares means of SAS. The soil variables (various minerals) were compared between sites using PROC MIXED, where the main effects were the sampling station, block and site. Simple interactions between site and season were also analyzed. For the infiltration rate

analysis of variance was performed in a sense, by Proc GLM of SAS using the procedure PDIFF least squares means for detecting differences between sites and infiltration times.

For values of dry matter yield of the plant community highly significant differences ( $P < 0.01$ ) for the effect station on shrubs, grasses, all vegetation and *Atriplex canescens* were recorded within areas excluded grazing as well as free-range areas, except for grasses, vegetable strata where no significant difference ( $P > 0.05$ ) was observed. For the site effect significant differences ( $P < 0.05$ ) in the herbaceous grasses and vegetation were found overall, although the shrub *A. canescens* plants demonstrated highly significant differences ( $P < 0.01$ ). On the other hand, there were no significant differences for the interaction effect ( $P > 0.05$ ) in shrubs, grasses, total vegetation and *A. canescens* except for herbaceous observed where there was highly significant difference ( $P < 0.01$ ).

As for soil chemical properties, statistical analysis revealed highly significant differences ( $P < 0.01$ ) for the station effect on parameters: potential Hydrogen (pH), total nitrogen (TN), calcium (Ca), magnesium (Mg), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), Phosphorus (P), sodium (Na), copper (Cu), Iron (Fe) and zinc (Zn) in both exclusion and free-range treatments, except for organic matter (OM) where no significant differences ( $P > 0.05$ ) were found. Highly significant differences in the site effect ( $P < 0.01$ ) on pH, TN, Ca, Mg, P and OM soil parameters and in accordance with the observations for concentrations of  $\text{NO}_3^-$ , Na, Cu, Fe and Zn showed no significant differences ( $P > 0.05$ ). On the other hand, the Station X Site interaction was not significantly different ( $P > 0.05$ ) in the concentrations of pH, TN,



Ca, Fe and OM, however for Mg, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, and Zn highly significant differences (P<0.01) were found.

The behavior of infiltration in summer for both free-range and exclusion areas showed no significant differences (P>0.05), however, the areas of exclusion were slightly favored by an increase of 6.98 cm h<sup>-1</sup>, compared to grazing with 5.98 cm h<sup>-1</sup> for minute 30. In fall minute 1 recorded significant differences (P<0.05) while other times did not differ (P>0.05). For the spring season higher infiltration rates were presented showing significant differences (P<0.05) between minutes 20, 25 and 30, with average infiltration of 9.75, 9.12, 8.29 and 8.55, 7.59, 6.64 cm h<sup>-1</sup> free-range areas and excluded respectively, while in winter significant differences (P> 0.05) were found only for minutes 25 and 30, with average infiltration of 9.04, 8.31 and 6.76, 5.71 cm h<sup>-1</sup> in free-range and excluded areas respectively.

We conclude that the exclusion of grazing during the last 25 years combined with the removal of shrubs except *A. canescens* in a defenseless parvifolio scrub in northern Mexico, minimally reduced dry matter production of total vegetation, from the point of view of productivity, it is affected by the abandonment of grazing. However, for *A. canescens*, forage production was mostly higher during summer and autumn. With regard to soil nutrients, the effects of grazing exclusion are obvious, the presence of grazing in this study increased soil fertility, through increases in the content of P and OM. Although a reduction of mainly calcium and magnesium cations in the presence of grazing is detected, since the content of these cations in the soil is high in areas excluding grazing. Overall infiltration rates remained stable despite the reduction of vegetation cover

in areas that excluded grazing, however higher infiltration rates were obtained in the areas grazed. This indicates that the stocking and trampling of domestic animal did not affect the rate of water infiltration. The results of this study also indicate that long-term grazing can have negative effects on vegetation, such as the drastic reduction of pastures and *A. canescens* in times of scarcity, it is generally necessary to exclude grazing on some areas or abandon them to preserve these species and increase forage production for feeding domestic animals in arid and semiarid areas.

## 1. INTRODUCCIÓN

En las zonas áridas y semiáridas del norte de México existen diversos ecosistemas, entre ellos destacan los pastizales los cuales se han estado deteriorando por diversos factores como son: la errática precipitación pluvial, el cambio climático y principalmente el sobrepastoreo al cual se le atribuye como el causante más dañino de los agostaderos, ya que en dichas zonas predomina el pastoreo de ganado doméstico que es ampliamente desarrollado bajo condiciones de pastoreo extensivo, teniendo como fuente de alimentación los pastizales y matorrales. El mal uso de estas tierras propicia a una baja productividad forrajera así como también los nutrientes del suelo y la hidrología. Sin embargo estas actividades son el motor principal de la actividad económica de la mayoría de las comunidades rurales.

Los pastizales y matorrales juegan un papel clave en la mejora de la productividad de los agostaderos ayudando a prevenir el abandono de áreas de pastoreo así como también las propiedades del suelo y la retención de humedad que están fuertemente estrechados e influyen en la conservación de los recursos naturales, al respecto Martín *et al.* (1997) mencionan que los sistemas de pastoreo extensivos manejados con niveles adecuados de animales tienden a conseguir un equilibrio entre la conservación y producción de los recursos naturales (Bellido *et al.*, 2001).

Se estima que por lo menos el 50% de los agostaderos en el norte de México han disminuido gradualmente la productividad forrajera (González y Hanselka, 2002). Como una alternativa para conservar los recursos naturales se ha empleado el descanso o exclusión del pastoreo, pero este método no basta para la recuperación de las condiciones degradadas por el sobrepastoreo (Fredrickson *et al.*, 1996).

### **1.1. Justificación**

La exclusión del pastoreo es un método que permite determinar cuál será la respuesta frente a los ecosistemas pastoreados, Muy pocos estudios se han centrado en el efecto tanto directo como indirecto sobre el pastoreo, en especial en los matorrales de zonas áridas y semiáridas del Norte de México (Osorno, 2005) que son fácilmente disturbadas, y que no se le ha dado una adecuada atención en las investigaciones.

## **1.2. Objetivo:**

El objetivo principal del presente estudio fue determinar el efecto de 25 años de la exclusión del pastoreo de ganado y la eliminación de los arbustos, excepto *Atriplex canescens*, sobre la producción de materia seca de la vegetación, la composición química del suelo y la tasa de infiltración en un matorral parvifolio inerme en el norte de México.

## **1.2. Hipótesis:**

La exclusión del pastoreo de un matorral parvifolio inerme donde se eliminan las arbustivas excepto *Atriplex canescens* reduce la producción de materia seca de la vegetación.

La exclusión del pastoreo modifica la composición de los nutrientes del suelo y la tasa de infiltración.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Generalidades de los agostaderos del norte de México.**

La mayor parte de los agostaderos se centran en las zonas áridas y semiáridas de México, se localizan principalmente en los desiertos Sonorense, Chihuahuense y una parte de la región central, de esta superficie las zonas áridas representan el 15.7% y las semiáridas el 58%, genéricamente también conocidas como tierras secas, las cuales no son aptas para los cultivos y se caracterizan por presentar niveles de precipitación escasa e irregular aunada a una elevada evapotranspiración potencial y suelos con poca materia orgánica y humedad; sin embargo, gran parte de estas áreas son empleadas al desarrollo de actividades agropecuarias como la agricultura y la ganadería extensiva; donde gran parte de estas actividades conllevan a la sobreexplotación del suelo por la actividad agrícola, el sobrepastoreo y la deforestación, convirtiendo a estos ecosistemas existentes en áreas sumamente frágiles, que por lo mismo requieren de una atención especial para evitar procesos de degradación, como lo es la desertificación y la degradación de los recursos naturales (SEMARNAT, 2012).

La mayoría de las tierras mencionadas son explotadas a través de agostaderos de temporal siendo destinadas a la ganadería extensiva, de esta manera obtienen la fuente de forraje natural con la que cuenta el ganado. Sin embargo debido a cuestiones económicas en este ámbito repercute a la

aceleración del aprovechamiento de los recursos teniendo como consecuencias el uso irracional e incontrolada, en un futuro implica daños irreversibles a los ecosistemas (Delhoume, 1991).

El término agostaderos o pastizales se usa en forma genérica en México, para referirse a todas las tierras dedicadas al pastoreo donde predomina la vegetación nativa, puede incluir áreas inducidas o naturalizadas, las cuales pueden incluir matorrales, vegetación ribereña e inclusive bosques (Fierro, 2001).

Pinedo *et al.* (2013) menciona al termino pastizal como a las comunidades vegetales donde se produzca forraje ya sea en forma de zacate, plantas parecidas a los zacates, leguminosas, arbustos ramoneables y hierbas o mezclas de ambas.

Los pastizales del Desierto Chihuahuense se caracterizan por una mezcla discontinua de matorral desértico y pastizal. Estos ecosistemas típicamente se encuentran como pastizales abiertos y mezclados con arbustos xerófitos y suculentos, generalmente en estos tipos de hábitat fragmentados y entremezclados es común hallar una alta diversidad de flora y fauna (Dinerstein *et al.*, 2000; Nature Serve, 2004).

Ahora bien, los pastizales naturales y los matorrales han sido desde mucho tiempo, el recurso básico que ha permitido el incremento de los sistemas extensivos; sin embargo, en la mayoría de los agostaderos no se realizan actividades de mejoramiento o de conservación de la vegetación (INE, 1994).

### **2.1.2. Importancia de las plantas forrajeras nativas de zonas áridas.**

Existe una gran diversidad de especies forrajeras en los pastizales de zonas áridas y semiáridas, para la actividad ganadera estas se pueden clasificar como deseables, menos deseables e indeseables según su función a la productividad de cada especie por ejemplo, el valor nutricional, resistencia al pastoreo y adaptación por el ganado. Aunque por otro lado pueden existir algunas especies que consideren como indeseables para la alimentación animal pero pueden ser útiles para otros usos (medicinal, industrial, ornamental, etc.) o simplemente presente como un recurso natural (Beltrán *et al.*, 2005).

Benítez *et al.* (2004) señala que la vegetación nativa provee de diversos servicios ambientales, por ejemplo la regulación del clima, el mantenimiento de la composición atmosférica, el secuestro de carbono y la producción de oxígeno. Además de preservar el suelo contra la erosión, regula el ciclo hidrológico a escala local y conservar la diversidad biológica.

Ortega (2012) señala que muy pocas áreas del territorio nacional presentan comunidades ecológicas aun inalteradas, y que es posible inducir el desarrollo de una vegetación protectora que nos permita conservar e incrementar la fertilidad del suelo y la diversidad de plantas.

Para lograr lo anterior es fundamental el establecimiento de especies vegetales, herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en



áreas alteradas y que, en un cierto lapso de tiempo, estos permitan la recuperación de un microclima y de la fertilidad del suelo protegiéndolo de la erosión, además de la restauración del ciclo hidrológico, de esta forma se logra restablecer parte de la flora y fauna nativa. Con ello se rompe el círculo vicioso donde la ausencia de vegetación es la principal causa de la degradación del suelo, la pérdida de humedad en el suelo y baja productividad de la actividad ganadera por la falta del recurso forrajero (Vásquez *et al.*, 1999).

La utilización de forrajes proveniente de árboles y arbustos, puede ser una estrategia para la alimentación de rumiantes en pastoreo, que en la actualidad no se le ha dado una adecuada importancia en la investigación, otra de las características de esta estrategia es que aportan valor nutritivo (proteínas, minerales y vitaminas) y su bajo costo en el manejo (Araya *et al.*, 1993).

Mangan (1988) reporta que los arbustos en estación seca suministran la proteína esencial en los rumiantes en agostadero cuando los pastizales se encuentran en estado de dormancia. Tomando en cuenta que la disponibilidad de forraje en los agostaderos es muy drástica a través del año, y a la falta de conocimientos al intentar manejar los ajustes de carga animal con la disponibilidad de los forrajes, es necesario implementar pequeñas áreas de cualquier cultivo forrajero que ayuden a solventar la escasez en épocas críticas. Dada las condiciones de las zonas áridas y semiáridas es necesario el uso de cultivos que no requieran de riego, por ejemplo: el nopal (*Opuntia spp*), maguey (*Agave spp*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), saladillo (*Atriplex acanthocarpa*), maroma

(*Kochia scoparia*) y algunas variedades de sorgo y maíz. Algunas especies teniendo doble beneficio para los productores como el nopal debido a que se puede cosechar las frutas y las pencas tiernas para su consumo así como los granos de maíz y sorgo, dejando así a los rastrojos para la suplementación alimenticia (Mellado *et al.*, 2012).

### **2.1.3. Impacto del sobrepastoreo y la desertificación.**

Se denomina comúnmente como sobrepastoreo a una tasa de ocupación que exceda la capacidad de carga animal, aunque se presente de manera leve o por un período breve de tiempo (Huss, 1993). El amplio historial del sobrepastoreo, aunado a los actuales cambios en el uso del suelo, escasa y mala distribución de la precipitación han provocado un cambio estructural en los paisajes de los agostaderos (Pinedo *et al.*, 2011).

El pastoreo de ganado es la principal actividad de mayor uso y más extendida en el norte de México (Milchunas y Lauenroth, 1993). El impacto del sobrepastoreo sobre los agostaderos están ligadas a las prácticas inapropiadas de manejo del ganado y del pastizal, esto repercute a una reducción en la productividad de las plantas y de los animales a largo plazo, lo que ha llevado a la pérdida de la cubierta vegetal, aumentando con ello las posibilidades de mortalidad de especies de plantas, alteración de la composición de especies e incremento de la erosión del suelo a causa del sobrepastoreo (Jones, 2000; De la Orden *et al.*, 2006; Echavarría, *et al.*, 2007).

Huss (1993) reporta que mundialmente se culpa de forma categórica el sobrepastoreo de la desertificación, y dependiendo de la situación esta puede ser parcialmente cierto y parcialmente falso.

Se puede utilizar el sobrepastoreo con pequeños rumiantes como controladores biológicos para eliminar malezas indeseables y nocivas sin dañar el medio ambiente y en algunos casos, el sobrepastoreo ha provocado la creación de nuevos ecosistemas que pueden ser igualmente o quizá más productivos, y ambientalmente estables como el ecosistema original (Huss, 1993). Sin embargo diversos autores mencionan que el pastoreo de pequeños rumiantes con cargas de pastoreo excesivo conducen a una severa degradación de los agostaderos de las zonas áridas y semiáridas (Echavarría *et al.*, 2009).

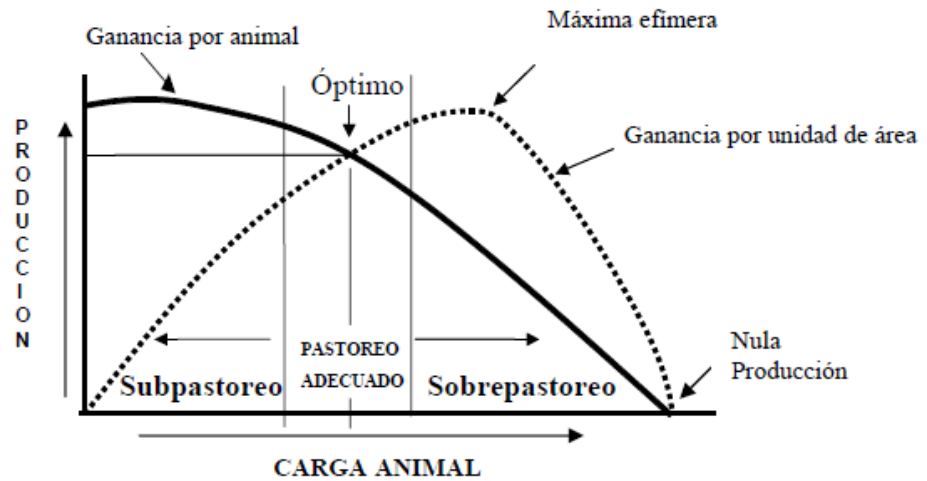
El sobrepastoreo elimina la vegetación protectora, mientras tanto el suelo queda expuesto a los pisoteos por el casco del ganado, quedando estos vulnerables a la erosión eólica e hídrica, la cual remueve la riqueza nutricional de la capa fértil del suelo, y como resultado nos causa la degradación de las tierras, el cual se acelera o se ve agravado durante las sequías, entonces éstos empiezan a ser eventualmente como un desierto o estériles (Huss, 1993; SEMARNAT, 2012). Estos factores agravan y producen una alta variabilidad tanto en la cantidad y calidad nutricional de los forrajes que puedan estar disponibles en los agostaderos debido a la eliminación de las plantas palatables por el

sobreconsumo y afectación de la producción de semilla, el establecimiento y la sobrevivencia de plantas jóvenes (Miller, 2000; Engels, 2001; Murillo *et al.*, 2011).

En un estudio efectuado por Valerio *et al.* (2005) evaluaron la distribución, extensión espacial y condición de los pastizales del estado de Chihuahua, y mencionan que los pastizales presentan un alto grado de deterioro debido al sobrepastoreo encontrando erosión eólica severa, invasión de arbustivas nativas, invasión de gramíneas introducidas y bajos porcentajes de cobertura basal.

CONABIO (2006) reafirma en sus estudios una mayor tendencia a la degradación de los pastizales, según los registros en la actualidad la capacidad de carga está excedida de dos a seis veces a la recomendada en la mayoría de los pastizales en el norte de México. Al respecto Mott (1960) esquematizó un diagrama para conocer el pastoreo óptimo o adecuado para minimizar los efectos del sobrepastoreo, tal como se muestra en la Figura 2.1, donde la línea continua representa la ganancia por animal y la línea punteada la ganancia por hectárea.

Figura 2.1. Esquema del pastoreo adecuado en función a la carga animal (Mott, 1960).



El daño de los recursos naturales varía tanto en tiempo y espacio debido a la diversidad de los ecosistemas, las prolongadas y diferentes magnitudes de sequía aunado a las discrepancias políticas y económicas, por tal razón la situación del pastizal y las estimaciones de capacidad de carga son anacrónicas (Manzano, 2000).

En la literatura científica la desertificación es el resultado de la interacción de factores climáticos y por actividades humanas por la utilización inapropiada de la tierra. Entre los que se encuentra las causas más directas:

- a) la práctica de la agricultura de temporal en terrenos inadecuados.
- b) el sobrepastoreo o excesiva carga animal en los agostaderos.
- c) la deforestación que destruyen la cubierta vegetal que protege el suelo de la erosión.

d) los drenajes inapropiados de los sistemas de irrigación que provocan la salinización de los suelos.

e) la extracción desmedida de agua del subsuelo.

f) el crecimiento en la densidad poblacional.

Como puede observarse, las causas son múltiples que se relacionan de forma muy compleja (Manzano, 1997; Unesco, 2013). En general el sobrepastoreo ha ocasionado una drástica disminución en la capacidad de sostenimiento para la ganadería existente (Beltrán *et al.*, 2005).

#### **2.1.4. La exclusión del pastoreo una herramienta para conservar los agostaderos.**

La exclusión del pastoreo es un método de gran utilidad para los estudios, ya que permite determinar el cual será la respuesta frente a los ecosistemas pastoreados y como consecuencia el abandono de la ganadería tradicional y así poder adoptar las medidas más adecuadas para su preservación (Fernández *et al.*, 2009).

Wesche *et al.* (2010); Collard *et al.* (2010) indican a la exclusión del pastoreo como uno de los métodos más útiles para analizar los efectos que los herbívoros ejercen sobre la comunidad vegetal.

Cingolani *et al.* (2008) reporta que en algunas partes del mundo las actividades ganaderas son consideradas como parte de áreas protegidas y que son más compatibles que la agricultura (por ejemplo en Europa), mientras tanto en Australia es considerado como contradictorio con la conservación de la biodiversidad.

En Uruguay, con los objetivos de conservación de los recursos naturales se postularon planes de manejo entre la que destaca la exclusión del pastoreo en varias áreas protegidas (Bosque de Ombúes, Quebrada de los Cuervos, Potrerillo de Santa Teresa, San Miguel), sin embargo hasta el momento no han sido estudiadas si cumple con los objetivos de conservación (Gautreau y Pérez, 2004).

Las áreas de exclusión al pastoreo por lapsos mayores a los diez años, son recomendables y representa una oportunidad para evaluar los fenómenos y los modelos ecológicos, de esta manera se genera información y se conoce cuáles serán las tendencias de evolución de los ecosistemas ante los actuales cambios y que permitan tomar las medidas más adecuadas sobre el manejo ganadero. En términos generales la ausencia de información constituye una fuerte limitante para desarrollar sistemas de pastoreo, que hagan posible mantener eficientemente una producción y conservación de los recursos naturales, sin afectar la estructura y el funcionamiento de las tierras de pastoreo (Lezama *et al.*, 2012).

En el oeste de Estados Unidos se ha optado por la eliminación del ganado de los pastizales áridos y semiáridos ya que numerosas pruebas demuestran que

el pastoreo excesivo impacta sobre la biodiversidad (Fleischner, 1994; Noss 1994; Donahue, 1999). Sin embargo, una disminución en el número o la eliminación de los animales no pueden dar lugar a la mejora de los pastizales, por lo menos en los ecosistemas áridos y semiáridos, como por ejemplo en los agostaderos con dominancia de hierbas del género artemisias (West *et al.*, 1984; West, 1990; Bork *et al.*, 1998).

Actualmente para conservar los recursos forrajeros se ha empleado el descanso del pastoreo o la exclusión, sin embargo esta herramienta no es suficiente para la recuperación de las tierras degradadas por el sobrepastoreo, es necesario mejorar las prácticas a menudo que sean ecológicamente y económicamente sostenibles (Fredrickson *et al.*, 1996).

#### **2.1.5. Relación entre la degradación del suelo y los pastizales.**

Estudios recientes demuestran que el 64% de los suelos del país presentan algún tipo de degradación y las principales causas son las actividades agropecuarias, y la deforestación asociada a los cambios del uso del suelo, provocando suelos infértiles donde la vegetación no puede desarrollarse (CONAFOR, 2006).

Entre las regiones más vulnerables a la degradación de los suelos se encuentra la región Norte del país, y se le adjudica al sobrepastoreo como la principal causante de la degradación física del suelo en áreas de pastizales,



actualmente estos suelos reducen en gran medida su capacidad de almacenar el agua de lluvia afectando las tasas de infiltración favoreciendo el escurrimiento, además de afectar algunas características biológicas, al reducir la cobertura vegetal y el contenido de materia orgánica del suelo, incremento en la invasión de especies no nativas y reducción de especies de mayor valor nutritivo (Manzano, 1997; INIFAP, 2007; ECOPAD, 2007).

En un estudio realizado por Echavarría *et al.* (2007) mencionan que la degradación física del suelo en los pastizales del estado de Zacatecas, se debe principalmente al sobrepastoreo, a través de su efecto sobre la vegetación y de pisoteo al suelo.

En particular, el pastoreo de ganado produce efectos tanto directos como indirectos sobre las características del suelo y los recursos naturales, de manera directa afecta la vegetación a través del daño mecánico a las plantas y de forma indirecta a través del aumento en la compactación del suelo por el pisoteo del ganado (Drewry y Paton, 2000; Altesor *et al.*, 2006).

En los pastizales se han identificado variables que conjuntamente se relacionan con el proceso de infiltración, los cuales destacan el tipo de vegetación, prácticas mecánicas, exclusión al pastoreo y los sistemas de pastoreo (Giordanengo *et al.*, 2003; Tate *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2009).

Una de las formas de manejo que se han usado para mejorar la condición de los sitios de pastizal en zonas áridas y semiáridas para detener las degradaciones tanto del suelo como de los pastizales, las cuales tradicionalmente se han pastoreado de manera continua, estos son los sistemas de pastoreo rotacional. El objetivo de estos sistemas, es promover la recuperación de la cobertura vegetal y el mejoramiento de las condiciones de suelos degradados, estos pueden ser por vía la exclusión temporal del pastoreo en un agostadero, mientras que el resto de los agostaderos continúan pastoreándose (Echavarría *et al.*, 2007).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Descripción del Área Experimental

##### 3.1.1. Área de estudio

El estudio se estableció en el Campo Experimental de Zonas Áridas “Noria de Guadalupe”, ubicado en el Municipio de Concepción del Oro, Zacatecas. Se encuentra ubicado en terrenos del Ejido Noria de Guadalupe, 20 km al sur de la cabecera municipal, sobre la Carretera 54 (Saltillo-Zacatecas) y forma parte de la cuenca del Valle de San Tiburcio, Coordenadas: 24° 21’ Latitud Norte y 101° 02’ Longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 162 Hectáreas de tierras de temporal, con una altura sobre el nivel del mar que varía de 1780 a 1850 msnm, con una pendiente aproximada de 2.28% (Jasso-Cantú *et al.*, 2007).



Figura 3. 1.- Localización del área de estudio

### **3.1.2. Suelo**

El suelo se clasifica como aridisol, de origen calcáreo, de textura franco-arcillo-arenoso y franco, con bajo contenido de materia orgánica, ligeramente alcalinos. El drenaje es bueno en la mayor parte del campo, salvo en los 200-300 m de su parte más baja donde se puede clasificar como deficiente, tal como lo reflejan algunas especies tolerantes a suelos yesosos y salinos que habitan en esta área.

### **3.1.3. Clima**

El clima es seco extremoso, con temperatura media anual de 14.8°C con heladas que principian en el mes de octubre, alcanzando temperaturas mínimas de hasta 6°C en este mes, aunque pueden presentarse en septiembre, en enero se presentan las heladas más severas (-11°C) siendo este mes el más frecuente (Mendoza, 1983); la precipitación se presenta en dos temporadas, separadas por una época seca; la media anual es de 290.6 mm. El mes de julio se considera como el mes más lluvioso y marzo como el más seco del año.

La humedad relativa se estima que es de 80-90 % en promedio, con altas fluctuaciones a lo largo del año, y vientos predominantes del sur; la formula climática para esta localidad es BSokx'' (e´) que en términos generales señala un clima seco templado, muy extremoso, con lluvias escasas todo el año.

### 3.1.4. Vegetación

El área de estudio y la zona inmediata de influencia se ubica dentro de la zona reconocida ecológicamente como el “Desierto Chihuahuense”, en donde se registran seis grandes comunidades vegetales, predominando el matorral parvifolio inerme. Los tipos de vegetación se enlistan a continuación:

1.-PASTIZAL HALOFITO: especies resistentes y adaptadas a suelos salinos, alcalinos, mal drenaje y escurrimiento lento, donde dominan los zacates alcalinos (*Sporobolus airoides*), borreguero (*Dasyochloa pulchella*), telaraña (*Muhlenbergia porteri*), burro (*Scleropogon brevifolius*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), rizado (*Panicum hallii*), zacate mezquite (*Panicum obtusum*), además de otros elementos herbáceos y arbustivos como la cicutilla (*Parthenium confertum*), cadillito (*Ambrosia confertifolia*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*), suelda (*Buddleja scordioides*), mezquite (*Prosopis glandulosa*), corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*) y tasajillo (*Opuntia leptocaulis*); se localizan en las planicies y áreas de inundación.

2.- MATORRAL HALÓFITO: donde son comunes algunos arbustos como la jauja (*Suaeda palmeri*), costilla de vaca (*Atriplex canescens*) y zacate alcalino (*Sporobolus airoides*),

3.- MATORRAL PARVIFOLIO INERME: Lo constituyen plantas arbustivas de porte bajo, menor de 2 m, con predominio de elementos inermes como la costilla de vaca (*Atriplex canescens*), gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasen

(*Flourensia cernua*), *Opuntia* spp., guayule (*Parthenium argentatum*), mariola (*Parthenium incanum*). En algunas áreas de este tipo de vegetación se manifiesta la presencia de manchones con predominio de especies espinosas, como la corona de cristo (*Koeberlinia spinosa*) y mezquite (*Prosopis glandulosa*). Esta vegetación se observa sobre suelos arcillosos de pie de monte.

4.- MATORRAL DE YUCCA-OPUNTIA: representado por la palma china (*Yucca filifera*), huizache (*Acacia farnesiana*), nopal cardón (*Opuntia streptacantha*), nopal cuijo (*Opuntia cantabrigiensis*), gatuño (*Acacia greggii*) y Mariola (*Parthenium incanum*) con algunos zacates perenes como el bufalo (*Buchloe dactyloides*), navajita azul (*Bouteloua gracilis*), banderita (*Bouteloua curtipendula*), tempranero (*Setaria leucopila*) y gigante (*Leptochloa dubia*).

5.- MATORRAL DE AGAVE-PARTHENIUM: dominado por lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guayule (*Parthenium argentatum*), engordacabra (*Dalea bicolor*), albarda (*Fouquieria splendens*) y candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*). Se registran también algunos zacates como el banderita (*Bouteloua curtipendula*), rizado (*Panicum halli*), navajita velluda (*Bouteloua hirsuta*) colorado (*Heteropogon contortus*) y algunas especies del genero *Stipa*.

6.- BOSQUE DE PINO PIÑONERO: en el cual se incorpora de forma abundante el pino piñonero (*Pinus cembroides*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*) y el junípero (*Juniperus monosperma*) así como también algunos pastos como el banderita (*Bouteloua curtipendula*), navajita velluda (*Bouteloua*

*hirsuta*), lobo (*Lycurus phleoides*), aparejo (*Muhlenbergia repens*) y otras menos importantes estos fueron observados a los 2000 a 2600 msnm (Vázquez *et al.*, 1996).

Las áreas de estudio han sido pastoreadas por ganado bovino, equino y caprino desde hace alrededor de 25 años, mismos que se ha dejado de pastorear en las áreas de exclusión. De esta manera, se asume que los cambios en la vegetación, el suelo y la hidrología han sido provocados principalmente por pastoreo de estos animales, y que se concentran sobre una área de alta influencia de arbustos predominando la especie de *Atriplex canescens*.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Diseño experimental**

Se seleccionó una fracción de matorral parvifolio inerme donde se estableció el estudio, ubicando en cuatro bloques cada una con un tamaño de 10x10 m, 16 parcelas de 1x1 m cada una, (Figura 3. 2). Dos bloques fueron excluidos permanentemente al pastoreo en años previos (establecidas hace 25 años) delimitadas por cercas de malla y los otros dos bloques controles han sido por muchos años pastoreados por especies de ganado doméstico y fauna silvestre, bajo gestión similar (carga animal y características ambientales).

Las parcelas se ubicaron separadas a 100 m de distancia y aisladas a un mínimo de 100 m de cualquier camino, brecha, etc., para evitar efecto borde. Los

bloques fueron ubicados al azar en cada sitio mediante la generación de números aleatorios con computadora y la normalización de estos valores a las coordenadas UTM. Puesto que la escala de estudio juega un papel clave en investigaciones ecológicas (Wiens, 1989), el presente estudio de vegetación se realizó en superficies de muestreo diferentes.

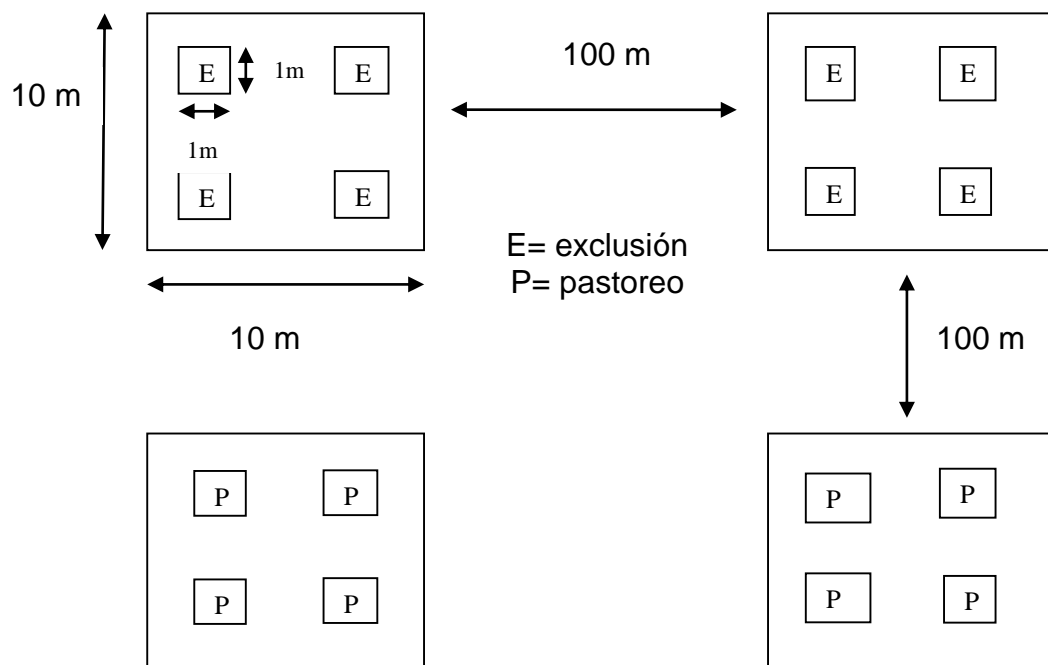


Figura 3. 2. Arreglo de las parcelas experimentales en el terreno.

### 3.2.2. Periodicidad de los muestreos y mediciones

Se realizaron muestreos y mediciones de las diferentes variables durante verano, otoño, primavera e invierno (2012-2013). El primer muestreo se realizó el día 20 septiembre del 2012; el segundo muestreo se realizó el día 11 del



diciembre 2012, el tercer muestreo se realizó el 25 de marzo del 2013 y último muestreo previo al tercero se llevó a cabo el día 15 junio del 2013.

### **3.3. Muestreos en campo de las variables evaluadas**

#### **3.3.1. Producción de biomasa**

Para coleccionar las muestras de vegetación se usó el método del cuadrante, con las áreas de corte (núcleos) Posteriormente se coleccionó todo el material vegetativo posible que creció en el año de muestreo para determinar la producción de materia seca. Las muestras fueron secadas en la estufa a una temperatura de 100 °C por 24 horas hasta alcanzar el peso constante, luego fueron pesadas restándole el peso del papel, y de esta manera se obtiene el peso seco del material forrajero.

#### **3.3.2. Propiedades del suelo**

Las muestras de suelo se extrajeron a 0-30 cm de profundidad usando el extractor de núcleo y tomado la esquina externa de cada parcela (para evitar la perturbación de la parcela). Además se tomaron muestras de suelo mixto de cada parcela. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos de la UAAAN-UL, en donde se hicieron los análisis químicos para los cuales se determinó el pH, porcentaje de materia orgánica (% MO), Nitrógeno Total (% NT), cationes disponibles en miliequivalente/L<sup>-1</sup> (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>). Nitratos (NO<sub>3</sub>-

ppm), Fosforo (Olsen P ppm), Cobre (Cu ppm), Fierro (Fe ppm) y Zinc (Zn ppm). Para ello se emplearon los métodos estándar de análisis de suelos (Anon, 1986 y AOAC, 1990). Las parcelas fueron muestreadas 4 veces al año durante el inicio de cada estación (Chinea *et al.*, 1993) levantándose 20 muestras por cada estación haciendo un total de 80 muestras.

### **3.3.3. Infiltración**

Esta variable fue evaluada mediante el método de los cilindros infiltrómetros de doble anillo los cuales se distribuyeron de manera al azar, para este método se requirieron de dos cilindros metálicos alrededor de 30 cm de altura y de diámetro para el cilindro exterior de 45 cm y 25 cm para el interior, posteriormente se prosiguió a llenarlo con agua de calidad similar a la lluvia típica del terreno. Se tomaron tiempos de 0, 3, 5, 10, 15, 20, 25, y 30 min y enseguida se registró las lecturas de los centímetros gastados. Para dicho estudio se efectuaron 5 pruebas de infiltración en cada bloque, realizando por lo tanto 20 pruebas en total por estación.

### **3.4. Materiales utilizados**

- Cilindros metálicos dobles para la infiltración
- Marro
- Cubetas
- Cuadrantes
- Tijeras podadoras

- Extractor de núcleo para las muestras de suelo
- Bolsas de papel para muestras
- Reglas graduadas
- Balanza digital
- Cronómetro
- Hojas de registros
- Estufa

Figura 3.3. Imágenes del lugar de muestreo y el material utilizado.



Colecta de forraje



Extracción de suelo.



Equipo de infiltración



Muestras de forraje y suelo

### **3.5. Análisis estadísticos de los datos registrados**

#### **3.5.1. Análisis de datos de la producción de biomasa**

La producción de materia seca de la vegetación total, *Atriplex canescens*, herbáceas, arbustivas y gramíneas de los sitios muestreados se analizarán con el procedimiento PROC MIXED de SAS. En el modelo serán incluidos los efectos de estación de muestreo, bloque, sitio (exclusión del pastoreo vs. libre pastoreo) y las interacciones sitio x estación del año. La comparación de estaciones se llevó a cabo con el procedimiento PDIF dentro de medias de mínimos cuadrados de SAS.

### **3.5.2. Análisis de los datos de suelo**

Las variables del suelo (diversos minerales) se compararon entre sitios usando el procedimiento PROC MIXED, donde los efectos principales fueron la estación de muestreo, bloque y sitio. Se analizaron también las interacciones simples entre sitio y estación.

### **3.5.3. Análisis de los datos de infiltración**

La tasa de infiltración se analizó con análisis de varianza en un sentido Proc GLM de SAS utilizando el procedimiento PDIFF con medias de mínimos cuadrados para detectar diferencias entre sitios y tiempos de infiltración (SAS, 2000).

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Producción de biomasa

Para los valores de rendimiento de materia seca de la comunidad vegetal se registraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para el efecto estación sobre los arbustos, herbáceas, vegetación total y *Atriplex canescens*, dentro de las áreas excluidas al pastoreo así como en las áreas de libre pastoreo, excepto para los pastos, estrato vegetal donde no se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ), sin embargo los valores para verano en el área de exclusión indican su máxima producción con una media de  $617 \pm 497$  Kg de MS  $ha^{-1}$ .

Para el efecto sitio se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las herbáceas, pastos y vegetación total, aunque para las plantas arbustivas y *Atriplex canescens* se manifestaron altamente significativas ( $P < 0.01$ ). Los valores en rendimiento de materia seca para las arbustivas en este caso son mayores en las áreas pastoreadas comparada con las áreas de exclusión para todas las estaciones pero más marcando en verano y otoño presentando la mayor producción de materia seca con medias de  $2730 \pm 57$  y  $1568 \pm 61$  Kg de MS  $ha^{-1}$  respectivamente, y para *Atriplex canescens* contradictorio a las arbustivas estas presentaron una estimación mayor en las áreas de exclusión del pastoreo, esta especie obtuvo una producción media de  $1,415 \pm 403$  Kg de MS  $ha^{-1}$  en verano y  $1,095 \pm 35$  Kg de MS  $ha^{-1}$  en otoño.

Por otro lado no se observaron diferencias significativas para el efecto interacción ( $P>0.05$ ) en arbustos, pastos, vegetación total y *Atriplex canescens*, excepto para las herbáceas donde si hubo diferencia altamente significativa ( $P<0.01$ ) siendo las áreas de exclusión al pastoreo en los meses de verano donde se registró la mayor producción de materia seca con una media de  $388 \pm 88$ , Kg de MS  $ha^{-1}$ . Sin embargo en otoño ésta presentó en las áreas de pastoreo una producción mayor, comparada con las áreas excluidas al pastoreo encontrándose medias de  $85 \pm 7$  y  $31 \pm 41$  Kg de MS  $ha^{-1}$  respectivamente, los valores se presentan en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Producción de Materia seca en  $kg\ ha^{-1}$  para cada estrato vegetal en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas. Los valores son Medias  $\pm$  Desviación estándar.

Estrato	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Efecto		
	E	P	E	P	E	P	E	P	Es	Si	In
Arbustos	1698 $\pm$ 449	2730 $\pm$ 57	1453 $\pm$ 668	1568 $\pm$ 61	475 $\pm$ 261	900 $\pm$ 14	425 $\pm$ 205	990 $\pm$ 170	**	**	NS
Herbáceas	388 $\pm$ 88	100 $\pm$ 84	31 $\pm$ 41	85 $\pm$ 7	1.0 $\pm$ 1.4	1.5 $\pm$ 0.7	21 $\pm$ 27	1.5 $\pm$ 0.7	**	*	**
Pastos	617 $\pm$ 497	1 $\pm$ 0	207 $\pm$ 286	1 $\pm$ 0	66 $\pm$ 91	5.5 $\pm$ 6.4	125 $\pm$ 63	0.5 $\pm$ 0.7	NS	*	NS
Vegetación total	2702 $\pm$ 137	2831 $\pm$ 28	1691 $\pm$ 341	1653 $\pm$ 53	543 $\pm$ 170	907 $\pm$ 9	571 $\pm$ 68	992 $\pm$ 171	**	*	NS
<i>Atriplex canescens</i>	1415 $\pm$ 403	1095 $\pm$ 35	1050 $\pm$ 99	528 $\pm$ 131	380 $\pm$ 141	210 $\pm$ 57	390 $\pm$ 170	225 $\pm$ 163	**	**	NS

E=exclusión; P=pastoreo; Es=estación; Si=sitio; In=interacción; \*\* $P<0.01$ ; \* $P<0.05$  y NS= no significativo.

## 4.2 Propiedades del suelo

Los análisis estadísticos revelaron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ), para el efecto estación sobre los parámetros: potencial de Hidrogeno (pH), Nitrógeno Total (NT), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), Fosforo (P), Sodio (Na), Cobre (Cu), Hierro (Fe) y Zinc (Zn), en ambos tratamientos exclusión y libre pastoreo, excepto para Materia Orgánica (MO) donde no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), los porcentajes de MO fueron bajos durante las cuatro estaciones para ambos tratamientos, según el rango óptimo (3.0-6.0), siendo verano la estación más baja encontrándose  $1.67 \pm 0.33$  y  $2.22 \pm 0.33$  % en las áreas de exclusión y libre pastoreo respectivamente, la presencia y/o ausencia de animales en las áreas del estudio no tuvo una influencia determinante sobre este parámetro esto se puede apreciar con los valores tan estables.

Se observaron diferencias altamente significativas para el efecto sitio ( $P < 0.01$ ) sobre los parámetros pH, NT, Ca, Mg, MO y P del suelo y de acuerdo con las observaciones para las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$ , Na Cu, Fe y Zn no presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), sin embargo el mayor nivel de concentración que se observó durante el estudio fueron los  $\text{NO}_3^-$  permaneciendo característicamente muy estables y en el caso del Cu en verano y otoño presentaron mayor concentración, mientras tanto para Fe y Zn se mantienen característicamente estables durante las cuatro estaciones.



Por otro lado, la interacción Estación X Sitio, no se observaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), en las concentraciones de pH, NT, Ca, MO y Fe, sin embargo para Mg,  $\text{NO}_3^-$ , y Zn, en este sentido se encontraron diferencias altamente significativas ( $P < 0.01$ ) las cuales se presentan en la (Tabla 4.2). Para este mismo efecto se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) sobre P, Na y Cu, observándose bajas concentraciones de Fósforo ( $< 10$  ppm) en otoño, sin embargo para invierno aumento a  $18.26 \pm 2.1$  y  $22.18 \pm 6.09$  ppm para las áreas de exclusión y libre pastoreo respectivamente, para Na se mantuvieron característicamente estables durante el año de estudio.

Tabla 4.2.- Propiedades químicas del suelo en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas. Los valores son Medias  $\pm$  Desviación estándar.

Variables	Verano		Otoño		Invierno		Primavera		Efecto		
	E	P	E	P	E	P	E	P	Es	Si	In
pH	7.70 $\pm$ 0.17	7.64 $\pm$ 0.18	7.57 $\pm$ 0.16	7.54 $\pm$ 0.39	7.75 $\pm$ 0.13	7.83 $\pm$ 0.10	7.67 $\pm$ 0.05	7.67 $\pm$ 0.08	**	**	NS
NT (%)	0.16 $\pm$ 0.01	0.10 $\pm$ 0.04	0.14 $\pm$ 0.04	0.12 $\pm$ 0.01	0.12 $\pm$ 0.02	0.11 $\pm$ 0.0	0.14 $\pm$ 0.02	0.12 $\pm$ 0.03	**	**	NS
Ca (meq L <sup>-1</sup> )	11.59 $\pm$ 4.09	6.49 $\pm$ 1.40	13.64 $\pm$ 8.05	4.84 $\pm$ 1.33	18.08 $\pm$ 1.97	15.08 $\pm$ 8.80	35.80 $\pm$ 1.89	33.12 $\pm$ 6.08	**	**	NS
Mg (meq L <sup>-1</sup> )	2.18 $\pm$ 0.52	1.57 $\pm$ 0.34	1.93 $\pm$ 0.47	1.86 $\pm$ 0.73	2.76 $\pm$ 0.57	3.64 $\pm$ 1.27	6.49 $\pm$ 1.40	6.04 $\pm$ 0.89	**	**	**
MO (%)	1.67 $\pm$ 0.33	2.22 $\pm$ 0.30	2.54 $\pm$ 0.26	2.76 $\pm$ 0.52	2.30 $\pm$ 0.54	2.38 $\pm$ 0.44	2.30 $\pm$ 0.43	2.76 $\pm$ 0.34	NS	**	NS
NO <sub>3</sub> - (ppm)	130.80 $\pm$ 41.55	132.37 $\pm$ 32.81	83.03 $\pm$ 20.61	76.43 $\pm$ 10.40	81.95 $\pm$ 24.13	131.52 $\pm$ 39.87	115.08 $\pm$ 18.08	88.48 $\pm$ 10.89	**	NS	**
P (ppm)	13.95 $\pm$ 1.41	14.96 $\pm$ 4.37	7.11 $\pm$ 2.00	5.93 $\pm$ 1.04	18.26 $\pm$ 2.1	22.18 $\pm$ 6.09	6.77 $\pm$ 1.03	11.01 $\pm$ 3.17	**	**	*
Na (meq L <sup>-1</sup> )	2.03 $\pm$ 0.62	2.00 $\pm$ 0.59	2.57 $\pm$ 0.10	2.62 $\pm$ 0.18	3.18 $\pm$ 1.55	2.44 $\pm$ 0.53	2.54 $\pm$ 0.99	3.21 $\pm$ 0.79	**	NS	*
Cu (ppm)	6.55 $\pm$ 0.09	6.40 $\pm$ 0.06	6.61 $\pm$ 0.04	6.29 $\pm$ 0.02	1.88 $\pm$ 0.21	1.83 $\pm$ 0.14	1.61 $\pm$ 0.04	1.65 $\pm$ 0.05	**	NS	*
Fe (ppm)	9.46 $\pm$ 0.15	9.41 $\pm$ 0.13	9.36 $\pm$ 0.11	9.28 $\pm$ 0.11	9.38 $\pm$ 0.11	9.38 $\pm$ 0.16	9.45 $\pm$ 0.12	9.46 $\pm$ 0.16	**	NS	NS
Zn (ppm)	1.94 $\pm$ 0.06	2.09 $\pm$ 0.13	2.45 $\pm$ 0.07	2.46 $\pm$ 0.08	2.43 $\pm$ 0.12	2.39 $\pm$ 0.08	1.94 $\pm$ 0.07	1.96 $\pm$ 0.06	**	NS	**

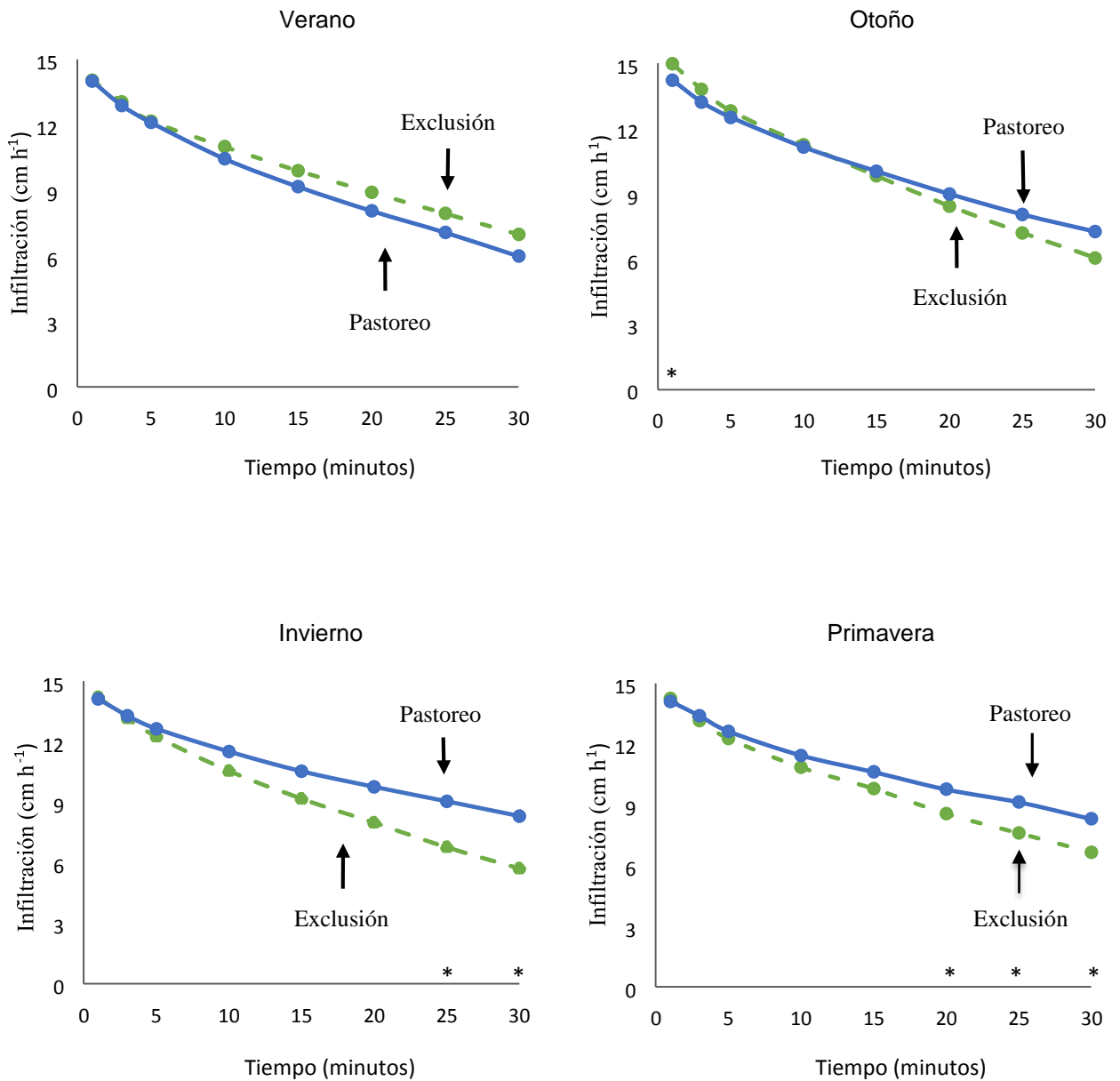
E=exclusión; P=pastoreo; Es=estación; Si=sitio; In=interacción; \*\*P=<0.01; \*P=<0.05 y NS= no significativo

### 4.3 Tasa de infiltración

El comportamiento de las infiltraciones en verano no presentaron diferencias significativas para ambas áreas de exclusión y libre pastoreo ( $P>0.05$ ), sin embargo en las áreas de exclusión se observa ligeramente favorecida por un aumento de  $6.98 \text{ cm h}^{-1}$ , comparado con las áreas de pastoreo con  $5.98 \text{ cm h}^{-1}$  ambos para el minuto 30. En otoño al minuto 1 registro diferencia significativa ( $P<0.05$ ) mientras los demás tiempos no difirieron ( $P>0.05$ ).

Para la estación de primavera se presentaron mayores tasas de infiltración registrándose diferencias significativas ( $P<0.05$ ) entre los tiempos 20, 25 y 30 minutos, con medias de infiltración de  $9.75$ ,  $9.12$ ,  $8.29$  y  $8.55$ ,  $7.59$ ,  $6.64 \text{ cm h}^{-1}$  en las áreas de libre pastoreo y excluidas respectivamente, mientras tanto en invierno se observaron diferencias significativas ( $P<0.05$ ) solo para los tiempos 25 y 30 min, con medias de infiltración de  $9.04$ ,  $8.31$  y  $6.76$ ,  $5.71 \text{ cm h}^{-1}$  en las áreas de libre pastoreo y excluidas respectivamente, dichas tasas se muestran en la Figura 4.1.

Figura 4.1.- Tasas de infiltración en áreas de exclusión (durante 25 años) y de libre pastoreo en las cuatro estaciones del año, en el Campo Experimental “Noria de Guadalupe”, Zacatecas.



\*P<0.05 significativo; P>0.05 no significativo

## 5. DISCUSIÓN

### 5.1 Producción de biomasa

El sobrepastoreo bien puede provocar un aumento, una disminución o no tener efectos en producción de biomasa de las plantas (McNaughton, 1985; Terradas, 2001; Gillen y Sims, 2004). En el presente estudio, se hicieron evidentes las fluctuaciones en la producción forrajera en base a materia seca de la vegetación, tanto para las áreas de exclusión y libre pastoreo, encontrándose mayores rendimientos en las estaciones de verano y otoño. Sin embargo los valores más bajos y drásticos se presentaron en los pastos en las áreas de pastoreo, esto nos indica que existió una alta incidencia en la carga animal y posiblemente también la fauna silvestre contribuyo para estas diferencias muy marcadas durante el año de estudio, comparado con lo que reporto Vázquez *et al.* (2012) en un estudio de caso para estimar la producción de forraje en un agostadero que presenta las características de matorral mediano espinoso en Muzquiz, Coahuila, en dicho estudio no incluyeron la interferencia de arbustos y árboles, la producción determinada fue de 1, 029,78 kg MS ha<sup>-1</sup>.

Detectamos que los pastos y las herbáceas fueron constantemente afectados por el régimen de pastoreo obteniendo muy baja producción forrajera y provocando un aumento dominante en las plantas arbustivas al respecto, resultados similares fueron encontrados por el INIFAP (1994) donde estimaron la

producción de forraje en algunos agostaderos del estado de Chihuahua encontrando una producción forrajera de 948 kg MS ha<sup>-1</sup>. Al respecto Chávez, (1986) menciona que animales adultos que pastorean en agostaderos con producciones de forraje por debajo de 150 kg MS ha<sup>-1</sup> presentan pérdida de peso corporal.

Los resultados obtenidos mostraron la exitosa recuperación de los pastos dentro de las áreas de exclusión del ganado, poniendo de manifiesto la capacidad productiva de este ecosistema. Esto sugiere que mediante un riguroso control de la carga animal aún existe una probabilidad de regeneración de las condiciones de pastizales en las áreas de pastoreo.

En un estudio efectuado por Gutiérrez *et al.* (2007) reportan producciones forrajeras de varias localidades del centro y sur del estado de Zacatecas, en pastizales medianamente abiertos en las localidades de Nieves Camacho, Ejido Calera, zorros y Benito Juárez con 929.4, 793.4, 701.3 y 660.7 kg de MS ha<sup>-1</sup> respectivamente, valores relativamente bajos comparados con el presente estudio.

Huss (1993) menciona que la falta total de defoliación de las plantas puede dar como resultado una mala salud vegetal y disminución de la productividad como lo son las áreas cercadas, donde la vegetación fuera de ellas y con pastoreo apropiado, es mejor que la que está dentro. Esto ocurrió para las áreas de exclusión al pastoreo sobre las plantas arbustivas en todas las estaciones

comparado con las áreas de pastoreo, estos presentaron una merma del (62, 8, 53 y 43 %) durante verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente. Además de que el factor eliminación de arbustos pudo haber influenciado.

Los valores de vegetación total reportados en el presente estudio fueron superiores a los reportados por Pinedo *et al.* (2013) utilizando los procedimientos del Sistema de Monitoreo Terrestre Orientado a la Ganadería (SIMTOG), evaluaron la dinámica de la producción de forraje disponible en diversos agostaderos del estado de Chihuahua, reportan para el año 2011 una producción forrajera de 1,342 kg MS ha<sup>-1</sup>, esta discrepancia pudo deberse a que las precipitaciones en el 2011 fueron menores por las fuertes sequias, y para el año 2012 se encontraron una producción de materia seca de 1,599 kg MS ha<sup>-1</sup> muy cercano a los reportados en este estudio durante el verano en las áreas de exclusión. En primavera y verano se apreció un aumento en los valores de las herbáceas en las áreas de exclusión.

En un estudio realizado por COTECOCA (1978) utilizando las mismas regiones ecológicas de Pinedo en el 2013, encontraron una producción forrajera de 3,276 kg MS ha<sup>-1</sup>, valores sumamente altos al de este estudio. Sin embargo Gutiérrez *et al.* (2004 y 2006) evaluaron los pastizales en diferentes localidades del estado de Zacatecas, y registraron valores promedios de producción de forraje alrededor de 330 kg MS ha<sup>-1</sup> siendo muy inferiores a los reportados en el presente estudio.

En las comunidades de *Atriplex canescens* estudiadas presentaron mejores rendimientos en las áreas de exclusión registrándose en verano la mayor producción con una media de 1,415 kg MS ha<sup>-1</sup> valores muy cercanos a los observados por Romero y Ramírez (2003) quienes reportan que la mayor producción de materia seca se presentó durante verano con una producción de 1745.5 kg MS ha<sup>-1</sup>, declinando hasta la primavera, con una producción de 581 kg MS ha<sup>-1</sup>, por otro lado, en primavera para este estudio presentó menor rendimiento en primavera encontrándose una producción media de 390 kg de MS ha<sup>-1</sup>, esta disminución es posiblemente debido a una nula defoliación por parte de los animales que no favoreció a la producción de nuevos rebrotes. Además estos autores mencionan que la frecuencia del pastoreo es importante para la sobrevivencia del *A. canescens* y recomiendan un periodo de descanso, por lo menos una vez cada tres o cuatro años.

Mellado *et al.* (2012) realizaron un estudio en el 2007 en estos mismos sitios del presente estudio, pero con una precipitación media anual de 241 mm y con diez años de exclusión del pastoreo, donde obtuvieron una producción de forraje mayor con 2281 kg MS ha<sup>-1</sup> en áreas de alta dominancia de *A. canescens* (área de exclusión) y en áreas pastoreadas 503 kg MS ha<sup>-1</sup> durante verano, mientras en este estudio se encontró una reducción del 62% en las áreas de exclusión, sin embargo para las áreas de pastoreo fue mayor en un 55%. Para este caso *A. canescens* en las áreas de exclusión no presentó respuestas favorables al largo plazo de descanso.



## 5.2 Propiedades del suelo

El impacto del pastoreo puede afectar el contenido de nutrientes del suelo de manera en que el ciclo de nutrientes es alterada (Harrison y Bardgett, 2008). La exclusión del pastoreo no siempre afecto de forma significativa a la composición química del suelo. En el presente estudio no se detectó diferencia significativa sobre los porcentajes de materia orgánica del suelo sobre las diferentes estaciones encontrándose una disminución en los niveles principalmente durante el verano. Al respecto, Fernández *et al.* (2013) realizaron un estudio en el Parque Rural de Valle Gran Rey donde determinó el porcentaje de materia orgánica encontrando baja disponibilidad en áreas excluidas al pastoreo con  $2.18 \pm 0.28 \%$ , sin embargo, en las áreas de pastoreo incremento a  $3.31 \pm 0.30 \%$  estos datos son muy similares a los encontrados en el presente estudio con medias generales de  $2.20 \pm 0.39$  y  $2.53 \pm 0.40 \%$  en áreas excluidas y de libre pastoreo, respectivamente. En el caso del Fosforo disponible también fue baja en las áreas excluidas encontrando concentraciones de  $10.05 \pm 1.13$  ppm pero hallando un incremento de  $16.10 \pm 1.76$  ppm en áreas de pastoreo, estos valores nuevamente son muy cercanos a los encontrados en este estudio con medias generales de  $11.52 \pm 1.63$  y  $13.52 \pm 0.40$  ppm en áreas excluidas y de libre pastoreo, respectivamente, considerando como baja disponibilidad en base al rango optimo ( $>10.00$  ppm). Para el contenido de cationes intercambiables, en áreas de exclusión se encontraron para Na, Mg y Ca, ( $1.74 \pm 0.11$ ,  $12.20 \pm 0.47$  y  $52.26 \pm 0.91$  meq L<sup>-1</sup>) respectivamente, el contenido de cationes intercambiables fueron bajos en áreas de pastoreo, comparados en este

estudio también se encontraron concentraciones bajas en las áreas pastoreadas, sin embargo un ligero aumento de estos cationes en las áreas de exclusión, esto puede estar relacionado por una mayor lixiviación en la áreas de pastoreo debido a la perturbación del suelo (Sakadevan *et al.*, 1993; Mohr *et al.*, 2005) mientras tanto, una mayor tasa de deposición de hojarasca y composición de microorganismos conllevara consecuentemente una mayor mineralización aumentando los niveles de productividad de las parcelas excluidas (Fernández *et al.*, 2009 ; Ari *et al.*, 2010).

La deposición de heces y orina asociada al pastoreo puede aumentar la mineralización del suelo (Crawley, 1997) favoreciendo la fertilidad de los suelos, tal como indica el aumento detectado en las concentraciones de Nitratos en las áreas de pastoreo en verano e invierno en el presente estudio.

En un estudio efectuado por Arévalo *et al.* (2011) encontró en matorrales pastoreados de Isla La Palma en las Islas Canarias, España, porcentajes de materia orgánica de ( $2.46 \pm 0.80$  y  $1.89 \pm 1.28$  %) en áreas pastoreadas y sin pastorear, con una producción forrajera de  $1,020 \pm 819$  y  $794 \pm 929$  kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente y en los campos de pastizales (5.92 y 3,04 %) para áreas pastoreadas y sin pastorear, respectivamente. Esto es consistente con lo que encontramos en este estudio donde las áreas pastoreadas obtuvieron mayores porcentajes de materia orgánica y mayor producción forrajera y en las áreas excluidas menores porcentajes y rendimientos.

En una investigación de Serrato *et al.* (1999) evaluaron una vegetación semiárida dominada por pastizales con ligeras invasiones de especies arbustivas en el norte del estado de Durango, para determinar algunas variables químicas del suelo en áreas de pastoreo, reportando valores muy bajos en las variables MO, Ca, Mg, Na, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y P, dichas variables mencionadas en este presente estudio son muy altos a los reportados por Serrato.

Por otra parte, existe una relación directa entre el contenido de materia orgánica y la concentración de nitrógeno y fósforo en el suelo ya que ambos elementos se acumulan en el suelo principalmente en forma de residuos vegetales. Esto significa que mientras no exista una incorporación efectiva de materia orgánica en el suelo, los niveles de concentración de estos dos elementos, permanecerán relativamente sin incremento alguno, especialmente en el caso del nitrógeno, elemento esencial que determina en gran medida, la fertilidad de los suelos (Manzano, 1997).

En el análisis se observaron diferencias en relación a las áreas de exclusión y libre pastoreo, sobre los parámetros pH, NT, Ca, Mg, MO y P del suelo. Mientras tanto Arévalo *et al.* (2007) no encontraron un cambio en el pH, MO, Na, Ca y Mg en el suelo en respuesta al incremento de las presiones de pastoreo de cabras en pasturas de las Islas Canarias, España.

Muchos estudios han reportado que existe una gran interacción entre las características de la vegetación y los nutrientes del suelo (Berendse, 1998;

Wassen *et al*, 2005). Siendo los factores claves el Nitrógeno y el agua que influyen altamente en la productividad de los ecosistemas (Bai *et al.*, 2010; Li *et al.*, 2011). En este trabajo, las concentraciones de Nitrógeno total, se correlaciona positivamente con la producción de MS de las herbáceas y los pastos en las áreas excluidas al pastoreo. Por otra parte, Piñeiro *et al.* (2006) señalan que el pastoreo a largo plazo reduce la materia orgánica del suelo y por consecuencia el contenido de Nitrógeno.

En previos estudios en esta misma localidad Mellado y Rodríguez (1991) reporto resultados similares en las concentraciones de Fosforo del suelo, causando un efecto negativo en la producción de materia seca de *Atriplex canescens*. Nuestros estudios corroboran estos resultados, dado que la producción de materia seca del *A. canescens* también fue baja, en adición las concentraciones de sales como de fosforo en el suelo, son las características edáficas más importantes que afectan la producción de materia seca de *A. canescens* en terrenos libres de otras arbustivas, este mismo autor menciona que niveles bajos de fosforo favorece al crecimiento de esta especie y niveles elevados de sales de sodio y magnesio, son benéficos para la germinación de las semillas de este arbusto.

### 5.3 Tasa de infiltración

El pastoreo puede tener efectos tanto negativos como positivos en la infiltración del agua (Mellado *et al.*, 2005) en este estudio se observó de manera general, variaciones entre ambas estaciones, para el caso de verano no se detectó diferencias entre las áreas de exclusión y libre pastoreo, sin embargo en las áreas de exclusión presentó mayor tasa de infiltración en promedio (11.00 cm h<sup>-1</sup>), comparada con el promedio del área de pastoreo (10.52 cm h<sup>-1</sup>) la más baja de todas las estaciones, dicha variación obedeció en parte a las condiciones meteorológicas, como puede ser la precipitación media anual de la región, que fue alrededor de 433.1 mm y la temperatura media anual de 16.7 °C, en el año de estudio (INEGI, 2012). Aunque por otra parte, en tierras de pastoreo con pendientes incluso menores de 2% pueden presentarse una escasa infiltración y una alta escorrentía, por ejemplo en Sebele, Botswana (FAO, 2010).

En un estudio realizado por Funk *et al.*, (2012) evaluaron la recuperación de espacios entre arbustos en una estepa semiárida de la Patagonia, Argentina luego de 10 años de exclusión del pastoreo, registraron tasas de infiltración básica en las condiciones de exclusión y pastoreo, no encontrando diferencia significativa con medias de 5.44 y 3.30 cm h<sup>-1</sup>, respectivamente, estos valores indican una cierta similitud ya que al igual que en el presente estudio las áreas de exclusión presentaron mejor condición.

Velásquez *et al*, (2011) condujo dos estudios para determinar el impacto del manejo de la vegetación en áreas excluidas al pastoreo y pastoreadas sobre las tasas de infiltración, en dos localidades durante el verano en pastizales mediano abierto en el estado de Zacatecas, no encontrando diferencias significativas entre tratamientos y localidades, observando mayores tasas de infiltración en el área de exclusión ( 4.38 cm h<sup>-1</sup>) y bajos en pastoreo (2.70 cm h<sup>-1</sup>) en la localidad Benito Juárez, y para la localidad de Viboritas presentaron tasas de (3.50 cm h<sup>-1</sup>) en el área de exclusión y para pastoreo (2.60 cm h<sup>-1</sup>). Estos resultados reafirman que en las áreas de exclusión en verano presentan mayores tasa de infiltración, sin embargo son relativamente muy bajos a los encontrados en el presente estudio.

Allington y Valone (2011) compararon las tasas de infiltración de agua, dentro y fuera de clausuras de pastoreo en un pastizal árido en el sudeste de Arizona, EE.UU. Encontraron variabilidad estacional en la infiltración del agua, la exclusión del pastoreo por cuarenta años estuvo asociada con una mayor tasa de infiltración de agua tanto en la estación seca como en la estación húmeda.

Con respecto a las estaciones de otoño, invierno y primavera presentaron diferencias, observándose mejores tasas de infiltración en ambas áreas tratadas para la estación de otoño, encontrándose promedios de 11.03 y 11.15 cm h<sup>-1</sup>, en las áreas de exclusión y libre pastoreo respectivamente, coincidiendo estos resultados con las épocas donde se presenta la mejor producción de forraje y algunos microminerales. Esto también puede atribuirse a la recuperación de la

cobertura vegetal en los tratamientos ya que protegen al suelo del efecto de las gotas de lluvia y a la remoción de partículas de suelo (Dueñez, 2007). Además puede atribuirse que en esta estación se presentó mejor contenido de materia orgánica el cual Wood y Blackburn (1981) lo reportan como un factor clave para el control de la tasa de infiltración en ambientes xéricos.

Tanto en invierno y primavera se mostraron las mejores tasas de infiltración en las áreas de pastoreo con 11.57 y 11.59 cm h<sup>-1</sup> respectivamente, el efecto negativo de la reducción de la cubierta vegetal, en particular los arbustos en áreas muy pastoreadas, podría ser compensada por una mayor disponibilidad de materia orgánica a partir de excretas de todo el asentamiento (Mellado *et al.*, 2005) y por consecuente mayor tasa de infiltración. Por otra parte Lado *et al.* (2004) mencionan que suelos con textura franco arenosa, y con contenidos bajos de materia orgánica (< 2,3%) facilitan la ruptura de los agregados y la aparición de capas sellantes, y por consecuente una disminución de la tasa de infiltración básica.

Denoia *et al.* (2000) determino el efecto del pisoteo y no pisoteo en áreas con vegetación sobre la tasa de infiltración encontrando 42,5 y 57 cm h<sup>-1</sup> respectivamente, caso contradictorio ocurrió en el presente estudio donde el efecto del pisoteo de ganado en áreas de pastoreo aumento la rugosidad del suelo y la mejora en la tasa de infiltración. Por otro lado, Mellado *et al.* (2005) encontró mayores tasas de infiltración en áreas con cargas altas de animales, que con cargas bajas en un pastizal del desierto Chihuahuense.

## 6. CONCLUSIONES

1. Este estudio indica que la exclusión del pastoreo durante los últimos 25 años combinado con la eliminación de arbustos excepto *Atriplex canescens* en un matorral parvifolio inerme en el norte de México, redujo mínimamente la producción de materia seca de la vegetación total, desde el punto de vista de la productividad se ve afectada por el abandono del pastoreo. Sin embargo para *A. canescens*, la producción forrajera fue mayor principalmente durante verano y otoño.
2. Con respecto a los nutrientes del suelo, los efectos de la exclusión del pastoreo son más evidentes, la presencia de ganado en las áreas de pastoreo aumento la fertilidad del suelo, mediante aumentos en el contenido de fósforo y de materia orgánica. Aunque se detecta una disminución de los cationes principalmente calcio y magnesio en presencia de pastoreo, puesto que el contenido de estos cationes en el suelo es elevado en las áreas excluidas al pastoreo.
3. En general las tasas de infiltración se mantuvieron estables a pesar de la reducción de la cubierta vegetal en las áreas excluidas al pastoreo, sin embargo se obtuvieron mayores tasas de infiltración en las áreas pastoreadas esto nos indica que la carga animal y pisoteo de los animales domésticos no afectó la tasa de infiltración de agua.



4. Los resultados de este estudio también indican que el pastoreo a largo plazo puede tener efectos negativos sobre la vegetación, como por ejemplo, la reducción drástica de los pastos y la *A. canescens* en las época de escasez, en general es necesario mantener áreas abandonadas o excluidas al pastoreo para preservar estas especies y aumentar la producción forrajera para la alimentación de los animales domésticos en zonas áridas y semiáridas.

## 7. LITERATURA CITADA

- Allington, G.R.H., And Valone, T.J. 2011. Long-Term Livestock Exclusion in an Arid Grassland Alters Vegetation and Soil. *Rangeland Ecology Management* 64:424–428. DOI: 10.2111/REM-D-10-00098.1.
- Ari, J., Kenneth, L.J., John, B., 2010. Vertical distribution of fungal communities in tallgrass prairie soil. *Mycologia* 102 (5), 1027–1041.
- Altesor, A., Piñeiro, G., Lezama, F., Jackson, R.B., Sarasola, M., Paruelo, J.M. 2006. ecosystem changes associated with grazing in subhumid South American grasslands. *Journal of Vegetation Science*. 17; 323-332.
- Anon, 1986. *Métodos Oficiales de Análisis*, vol. I Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. España.
- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. 15th ed. Arlington, Virginia.
- Araya, J., Benavides, L.E., Arias, R., Ruiz, A. 1993. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. En: *II Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería con Rumiantes Menores*, San José, Costa Rica, pp. 1-45.
- Arevalo, J.R., China, E. and Barquin, E. 2007. Pasture management under goat grazing on Canary Islands. *Agriculture, Ecosystems and Environments*. 128, 291-296.
- Arevalo, J.R., De Nascimento, I., Fernández, S., Mata, J., Bermejo, I. 2011. Grazing effects on species composition depends on the vegetation stand (La Palma, Canary Islands) *Acata ecológica*, 37: 230-238.
- Bai, Y.F., Wu, J.G., Clark, C.M., Naeem, S., Pan, Q.M., Huang, J.H., Zhang, L.X., Han, X.G., 2010. Tradeoffs and thresholds in the effects of nitrogen addition on biodiversity and ecosystem functioning: evidence from inner Mongolia Grasslands. *Global Change Biol*. 16, 358–372.

- Bellido, M.M., Escribano S.M., Mesías, D.F., Rodríguez de L, V.A. y Pulido, G.F. 2001. Sistemas Extensivos de Producción Animal. Arch. Zootec. 50: 465-489.
- Beltrán, L.S., Loredo, O.C., y Urrutia, M.J. 2005. Manejo y rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas. Libro técnico núm. 1. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 155-187 pp.
- Benítez, B.G., Pulido, S.M., y Equihua, Z.M. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología, A.C., Sistema de Investigación del Golfo de México. CONAFOR. Xalapa, Ver., México.
- Berendse, F., 1998. Effect of dominant plant species on soil during succession in nutrient-poor ecosystem. Biogeochemistry 42, 73–88.
- Bork, E.W., West, N.E and Walker, J.W. 1998. Three tip sagebrush steppe responses to long-term seasonal sheep grazing. Journal of Range Management 51: 293–300.
- Chávez, S.A.H. 1986. Comparación del sistema de pastoreo continuo y corta duración, bajo dos intensidades de carga durante la época de sequía. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia.158p.
- China, E., Barquín, E., Salcedo, G. 1993. The Teno prairie. Soils, Vegetation, Production, Quality and Management. Proceedings of the XXXIII, reunión científica de la SEEP, Ciudad Real, pp. 285–291.
- Cingolani, A.M., Noy-Meir, I., Renison, D.D y Cabido, M. 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? Ecología Austral 18:253-271.
- Collard, A., Lapointe, L., Ouellet, J.P., Crête, M., Lussier, A., Daigle, C. y Côté, S.D. 2010. Slow responses of understory plants of maple-dominated forests to white-tailed deer experimental exclusion. Forest Ecology and Management 260:649-662.
- CONABIO, 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

- CONAFOR, 2006. Protección, restauración y conservación de suelos forestales manual de obras y prácticas. Disponible en sitio web: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/20/1310Manual%20de%20Conservacion%20de%20Suelos%20.pdf>.
- COTECOCA, 1978. (Comisión Técnica Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero). Determinación de los Coeficientes de Agostadero Chihuahua.
- Crawley, M.J., 1997. Plant-herbivore dynamics. In: Crawley, M.J. (Ed.), Plant Ecology. Blackwell Science, Oxford, pp. 401-474.
- De la Orden, E.A., Quiroga, A., Ribera, J.D., Morláns, M.C. 2006. Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca, Argentina. Ecosistemas 15: 142-147.
- Delhoume, 1991. Una zona árida del norte de México: limitaciones para el desarrollo ganadería extensiva. pp.: 59-65. Disponible en sitio web: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/doc34-06/35005.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-06/35005.pdf).
- Denoia, J., Sosa, O., Zerpa, G. y Martín, B. 2000. Efecto del pisoteo animal sobre la velocidad de infiltración y sobre otras propiedades físicas del suelo. Universidad Nacional de Rosario. Facultad de Ciencias Agrarias. Zavalla, Argentina. (1), 129-141.
- Dinerstein, E., Olson, D., Atchley, J., Loucks, C., Contreras B.S., Abell, R., Iñigo, E., Enkerlin, E., Williams, C.E. and Castilleja, G. (Eds.). 2000. Ecoregion-Based Conservation in the Chihuahuan Desert: A Biological Assessment. World Wildlife Fund, CONABIO, The Nature Conservancy, Pronatura Noreste and ITESM.
- Donahue, D.L. 1999. The western range revisited: removing livestock from public lands to conserve native biodiversity. University of Oklahoma Press, Norman.
- Drewry, J.J. and Paton, R.J. 2000. Effects of cattle treading and natural amelioration on soil physical proprieties and pasture under dairy farming in southland, New Zealand. New Zealand Journal of Agricultural Research. 43: 377-386.

- Duñez, J. 2007. Estudios hidrológicos en ecosistemas del norte de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ciencias forestales. Linares, Nuevo León. México. 90 p.
- Echavarría, F. G., Serna, P.A., Bañuelos, V.R., Salinas, G.H., Flores, M J. y Gutiérrez, L.R. 2007. Degradación física de los suelos de pastizal bajo pastoreo continuo en el Altiplano de Zacatecas. Folleto científico Núm. 11 INIFAP-Campo Experimental zacatecas. 36 p.
- Echavarría, F.G., Medina, G.G., Rumayor, R.A.F., Serna, P.A., Salinas, G.H., Bustamante, W.J.G. 2009. Diagnóstico de los recursos naturales para la planeación de la intervención tecnológica y el ordenamiento ecológico (Natural resources diagnosis for planning technological intervention and ecological ordainment). Technical Book no. 10.INIFAPCIRNOC- CEZAC. Calera, Zacatecas, México, p. 182.
- ECOPAD, 2007. Aguirre, C., Hoth, J. y Lafón, A. (Editores). Estrategia para la Conservación de Pastizales del Desierto Chihuahuense. Chihuahua, México. 23 pp.
- Engels, Ch.L., 2001. The effect of grazing intensity on range Hydrology. Disponible en sitio web: [http://www.ag.ndsu.edu/archive/streeter/2001report/Chad\\_engels.htm](http://www.ag.ndsu.edu/archive/streeter/2001report/Chad_engels.htm).
- FAO, 2010. Agua de lluvia, productividad de la tierra y sequía. Disponible en sitio web: <http://www.fao.org/docrep/008/y4690s/y4690s07.htm>.
- Fernández-Lugo, S., Arévalo, J.R., de Nascimento, L., Mata, J., Bermejo, L.A. 2013. Long-term vegetation responses to different goat grazing regimes in semi-natural ecosystems: a case study in Tenerife (Canary Islands). *Applied Vegetation Science*. 16:74-83.
- Fernández-Lugo, S., de Nascimento, L., Mellado, M., Bermejo, L.A., Arévalo, J.R., 2009. Vegetation change and chemical soil composition after 4 years of goat grazing exclusion in a Canary Islands pasture. *Agriculture Ecosystems Environment*. 132, 276-282.
- Fernández-Lugo, S., de Nascimento, L., Saro, I., Bermejo, L.A., Arévalo, J.R. 2009. Efectos de la exclusión del pastoreo en la diversidad, riqueza, composición de especies y productividad de dos pastizales canarios. In R. Reiné, O. Barrantes, A. Broca, and C. Grazing Management and Impact in

- the Canary Islands 15 Ferrer (Eds.), La multifuncionalidad de los pastos: producción ganadera sostenible y gestión de los ecosistemas (pp. 155-161). Huesca, Spain: S.E.E.P.
- Fierro, L.C. 2001. Análisis de la condición de los pastizales del Desierto Chihuahuense en México. Consultoría para Pronatura Noreste.
- Fleischner, T.L. 1994. Ecological costs of livestock grazing in western North America. *Conservation Biology* 8:629–644.
- Fredrickson, E.L., Barrow, J.R., Herrick, J.E., Havstad, K.M., Longland, B. 1996. Low cost seeding practices for desert environments. *Restoration and managements notes* 14, 72-73.
- Funk, F.A., Peter, G., Loydi, A., Kröpfl, A.I., & Distel, R.A. 2012. Recuperación estructural y funcional de los espacios entre arbustos al cabo de 10 años de exclusión del pastoreo en una estepa semiárida del noreste de la Patagonia. *Ecología Austral* 22:195-202.
- Gautreau, P y Pérez, N. 2004. Informe Instalación de un sistema de relevamiento para el monitoreo a largo plazo de la dinámica de la vegetación leñosa.
- Gillen, R.L. and Sims, P.L. 2004. Stocking rate, precipitation and herbage production on sand sagebrush-grassland. *Journal of Range Management* 55, 148-152.
- Giordanengo J.H., Frasier, G.W. y Trlica, M.J. 2003. Hydrologic and sediment responses to vegetation and soil disturbances. *Journal Range Management*. 56(2):152-158.
- González, V.E. y Hanselka, C.W. 2002. *Ecología y Manejo de Matorrales*. INIFAP-Texas A&M University. Cd. Victoria, Tamps. 151 p.
- Gutiérrez L., R. G.M., García y M.D.R., Amador. 2007. Carga animal del pastizal mediano abierto en zacatecas. Folleto científico Núm. 36 INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. 22 p.
- Gutiérrez, L.R., Echavarría, F.G., Salinas, G.H., Amador, R.M., Flores, N.M. y Flores, O.M.A. 2006. Producción caprina bajo pastoreo rotacional diferido y continuo. Folleto científico Núm. 9 INIFAP-Campo Experimental Zacatecas. 38 p.

- Gutiérrez, L.R., García, M.G y Amador, R.M. 2004. Estado actual de los pastizales de la zona central del estado de zacatecas. En: IV simposio internacional sobre la flora silvestre en zonas áridas. Delicias, Chih. pp 130-37.
- Harrison, K.A., Bardgett, R.D., 2008. Impacts of grazing and browsing by large herbivores on soils and soil biological properties, in: Gordon, I.J., Prins, H.H.T. (Eds.), the ecology of browsing and grazing. Springer, Berlín, pp. 201- 216.
- Huss, D. 1993. El Papel de los Animales Domésticos en el Control de la Desertificación. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. 113 pp. Disponible en sitio web: <http://www.fao.org/docrep/x5320s/x5320s00.HTM>.
- INE, 1994. Instituto Nacional de Ecología. Manejo y Rehabilitación de Agostaderos de las Zonas Áridas y Semiáridas de México (región norte). Saltillo, Coahuila, México.
- INEGI, 2012. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Perspectiva estadística del estado de Zacatecas, México. Disponible en sitio web: [http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd\\_perspect/zac/Pers-zac.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/zac/Pers-zac.pdf).
- INIFAP. 1994. Impacto de la sequía en la ganadería chihuahuense. Unión Ganadera regional de Chihuahua. Diciembre de 1994.
- Jasso, C.D., Muñoz, R.L., García, .J.E., Cuellar, F.R. 2007. Manual de Procedimientos para el uso de Campos Experimentales en la UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. Disponible en sitio web: [http://acreditacion.uaaan.mx/1\\_inv/ManualCampExp2007.pdf](http://acreditacion.uaaan.mx/1_inv/ManualCampExp2007.pdf).
- Jing, Z., Cheng, J., Su, J., Bai, Y. and Jin, J. 2014. Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland. Ecological Engineering 64, 171–178.
- Jones, A. 2000. Effects of cattle grazing on North American arid ecosystems: a quantitative review. WNAN. 60: 155-164.

- Kato, H., Onda, Y., Tanaka., Asano, M. 2009. Field measurement of infiltration rate using an oscillating nozzle rainfall simulator in the cold, semiarid grassland of Mongolia. *CATENA* 76: 173-181.
- Lado, M., Paz, A. y Ben, H.M. 2004. Organic Matter and Aggregate Size Interactions in Infiltration, Seal Formation, and Soil Loss. *Soil Science Society of America Journal* 68: 935-942.
- Lezama, F., y Rossado, A. 2012. Efectos del pastoreo en la estructura de los pastizales naturales del parque nacional san miguel y la estación biológica potrerillo de santa teresa. Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este. Rocha, Uruguay. P: 46.
- Li, J.Z., Lin, S., Taube, F., Pan, Q.M., Dittert, K., 2011. Above and belowground net primary productivity of grassland influenced by supplemental water and nitrogen in Inner Mongolia. *Plant Soil* 340, 253–264.
- Mangan, J.L. 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews* 1:209-215.
- Manzano, M.G. 1997. Procesos de Desertificación Asociados a Sobrepastoreo por Caprinos en el Matorral Espinoso de Linares, Nuevo León. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de ciencias forestales. Linares, Nuevo León, México. 88 p.
- Manzano, M.G., Návar, J., Pando-Moreno, M., Martínez, A., 2000. Overgrazing and desertification in northern México, highlights on northeastern region. *Annals Arid Zone* 39, 285-304.
- Martín, M., Pulido, F., y Escribano, M. 1997. Ganadería extensiva y producciones compatibles en: La ganadería extensiva en los países mediterráneos de la Unión Europea. Editado por Junta de Extremadura y Consejo Regional de Colegios Oficiales de Veterinarios, 13-41 pp.
- McNaughton, S.J. 1985. Ecology of a grazing ecosystem: the Serengeti. *Ecological Monographs* 53: 259-294.



- Mellado, M. y Rodríguez, A. 1991. Influencia de algunas características del suelo sobre la producción de materia seca de (*Atriplex canescens*) en el norte de Zacatecas. Revista Científica Agraria. UAAAN. Vol. 7, núm. 1. 89-94 p.
- Mellado, M., 2012. Manejo del agostadero con caprinos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. En Memorias de la 2da reunión internacional conjunta de manejo de pastizales y producción animal. Ponencias magistrales. Zacatecas, Zac. México.
- Mellado, M., Dueñez, J., Foote, R.H., Garcia, J.E., Rodriguez, A. 2005. Influence of goat densities on vegetation, hydrology and soil properties in a Chihuahuan desert range. Annals of Arid Zone 44, 111-120.
- Mellado, M., Rodríguez, A., Lozano, E.A., Dueñez, J., Aguilar, C.N., Arévalo, J.R. 2012. The food habits of goats on rangelands with different amounts of fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) cover. Journal of Arid Environments 84, 91-96.
- Mendoza H, J.M. 1983. Diagnostico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México. 615p.
- Milchunas, D.G., Lauenroth, W.K., 1993. Quantitative effects of grazing on vegetation and soil over a global range of environments. Ecol. Monogr.63, 327-366.
- Miller, D.J. 2000. Impacts of livestock grazing in Himalayan and Tibetan Plateau Rangelands.<http://www.mtnforum.org/resources/library/milld00a.htm>.
- Mohr, D., Cohnstaedt, L.W. y Topp, W. 2005. Wild boar and red deer affect soil nutrients and soil biota in steep oak stands of the Eifel. Soil Biology and Biochemistry 37: 693-700.
- Mott, G.O. 1960. Potential productivity of temperate and tropical grassland systems. Proceedings of the XIV international grassland congress. 35-41.p
- Murillo, O.M., Reyes, E.O., Herrera, T.E. y Carrete, C.O. 2011. Cambios estacionales en la composición química y fermentación ruminal de la dieta seleccionada por bovinos en pastoreo en un pastizal de la región central de Durango. Memorias. 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales

XXI Reunión Internacional Sobre Producción de Carne y Leche en Climas Cálidos. Chihuahua. Chih. México.

Nature Serve, 2004. Land cover descriptions for the Southwest Regional Gap Analysis Project. Nature Serve. Arlington, VI.

Noss, R.F. 1994. Cows and conservation biology. *Conservation Biology* 8:613–616.

Ortega, C. 2012. El rol de los pastos en períodos recurrentes de sequía: retos y oportunidades en el manejo de pastizales, Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología. 2da. Reunión Internacional Conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Ponencias Magistrales. Zacatecas, Zac. México.

Osorno, S, T. 2005. Efectos de la herbivoría del ganado caprino en tres asociaciones vegetales del valle de Tehuacán, Puebla. Tesis, Maestría Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México. D. F. p. 59.

Pinedo, A.C., Hernández, N.S., Melgoza, A., Ortega, O. y Viramontes, O. A. 2011. Modelación climática para describir sitios de pastizales en Chihuahua, México. En Memorias del 2do Congreso Internacional de Manejo de Pastizales Cambio Climático y Dimensiones Humanas. Chihuahua, Chih. México. P. 170.

Pinedo, A.C., Hernández, Q.N.S., Melgoza, C.A., Rentería, V.M., Vélez, S.V.C., Morales, N.C., Quintana, R.M., Santellano, E.E., y Esparza, E. 2013. Diagnóstico Actual y Sustentabilidad de los Pastizales del estado de Chihuahua ante el Cambio Climático. Cuerpo Académico de Recursos Naturales y Ecología (UACH-CA16). Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chih, México.

Piñeiro, G., Paruelo, J.M. and Oesterheld, M. 2006. Potential long-term impacts of livestock introduction on carbon and nitrogen cycling in grasslands of Southern South America. *Global Change Biology*, 12: 1267–1284. doi: 10.1111/j.1365-2486.2006.01173.x.

Romero, R.R. J. y Ramírez, L.R. 2003. *Artiplex canescens* (Pursh, Nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas. *Revista Ciencia UANL / Vol.VI, No. 1*, 85-92. Pag.

- SAS, 2000. Statistical Analysis System. SAS/STAT User's Guide, Version 8. Cary, NC.
- Sakadevan, K., Mackay, A.D. y Hedley, M.J. 1993. Influence of sheep excreta on pasture uptake and leaching losses of sulfur, nitrogen and potassium from grazed pastures. Australian Journal of Soil Research 31: 151-162.
- SEMARNAT, 2012. Informe de la situación del medio ambiente en México, compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y desempeño ambiental. Capítulo 3. Suelos. Disponible en sitio web: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/03\\_suelos/cap3\\_3.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_3.html).
- Serrato S.R., Valencia, C.C. y Del Río, O.F. 1999. Interrelaciones entre variables del suelo y de las gramíneas en el pastizal semiárido del norte de Durango. Terra volumen 17 numero 1, Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia, Chihuahua, Chih. 27-34 pp.
- Tate, K.W., Dudley, D.M., McDouglad, N.K., George, M.R. 2004. Effect of canopy and grazing on soil bulk density. Journal of. Range Management 57: 411-417.
- Terradas, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Ediciones Omega, Barcelona, España.
- UNESCO, 2013. La sobreexplotación de los recursos naturales. Capítulo 3. Disponible en sitio web: <http://www.unesco.org/mab/doc/ekocd/spanish/chapter3.html#>.
- Valerio V.A., Carreón, E., Lafón, A., Ochoa, J.M., Calderón, P., Soto, D.M., Chacón, C. y Favela, E. 2005. Distribución, extensión espacial y condición de los pastizales en el Estado de Chihuahua Protección de la Fauna Mexicana y The Nature Conservancy. Chihuahua, México.
- Vázquez, C., Batis, A.I., Alcocer, M.I., Gual, M. y Sánchez, C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.

- Vásquez, R., Rodríguez, M. y Rojas, C. 2012. El área efectiva de apacentamiento: estudio de caso, rancho "La Comunidad", Muzquiz, Coahuila, México. En 2da. Reunión Internacional Conjunta de Manejo de Pastizales y Producción Animal. Ponencias Magistrales. Zacatecas, Zac. México.
- Vásquez, R., Villareal, J.A., Vásquez, M., Sosa, E., Meza, R. 1996. Las plantas de pastizales del campo experimental de zonas áridas "Noria de Guadalupe", Mpio. De concepción del oro, Zacatecas. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Folleto de divulgación vol. III No. 5.
- Velásquez, V.M.A., Gutiérrez, L.R., Muñoz, V.J.A. 2011. Manejo de la vegetación y su impacto en la respuesta hidrológica del suelo en un pastizal semiárido. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 3(1): 17-23, doi: 10.5154/r.inagbi.2010.10.020.
- Wassen, M.J., Venterink, H.O., Lapshina, E.D., Tanneberger, F., 2005. Endangered plants persist under phosphorus limitation. *Nature* 437, 547–550.
- Wesche, K., Ronnenberg, K., Retzer, V. y Miehe, G. 2010. Effects of large herbivore exclusion on southern Mongolian desert steppes. *Acta Oecologica* 36:234-241.
- West, N.E. 1990. Structure and function of soil microphytic crusts in wildland ecosystems of arid and semiarid regions. *Advances in Ecological Research* 20:179–223-2000.
- West, N.E., Provenza, F.D., Johnson, P.S. And Owens, M.K. 1984. Vegetation change after 13 years of livestock exclusion on sagebrush semidesert in west central Utah. *Journal of Range Management* 37: 262–264.
- Wiens, J.A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology*, 3 pp. 385–397.
- Wood, M.K. and Blackburn, W.H. 1981. Grazing systems: their influence on infiltration rates in Rolling Plains of Texas. *Journal of Range Management* 34: 331-335.