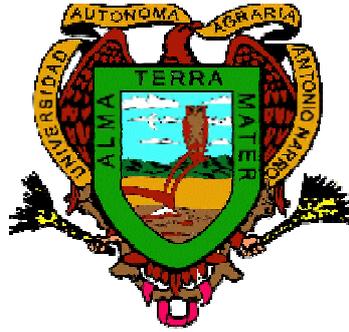


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL



IMPACTO DE LA PRESIÓN DE PASTOREO DE LAS CABRAS SOBRE EL
MATORRAL PARVIFOLIO INERME

Por:

HILDA VITE TÉLLEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2002

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

TESIS
IMPACTO DE LA PRESIÓN DE PASTOREO DE LAS CABRAS SOBRE EL
MATORRAL PARVIFOLIO INERME

ELABORADA POR:

HILDA VITE TÉLLEZ

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

A P R O B A D A:

EL PRESIDENTE DEL JURADO

Ph.D. MIGUEL MELLADO BOSQUE

M.C. J. Eduardo García Martínez
SINODAL

QFB. Laura E. Padilla González
SINODAL

Coordinador de la División de Ciencia Animal

ING. RODOLFO PEÑA ORANDAY

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
Diciembre de 2002

DEDICATORIA:

Primeramente a Dios, por darme la fuerza y la bendición en todo momento de mi vida, proporcionándome valor para pasar cada peldaño en mi camino y seguir adelante en mis logros y metas.

A MIS PAPAS:

OGILVE VITE HERNÁNDEZ
GAUDENCIA TÉLLEZ MARAÑÓN

Por la vida, el amor, la confianza y el gran esfuerzo de darme lo mejor y haber permitido que yo pudiera estudiar lejos de ellos y así poder lograr una de mis metas: mi carrera. Nunca terminaré de agradecerles todos sus consejos y oportunidades que me brindaron, con cariño de alguien que los quiere, su hija

A MIS HERMANOS:

RAUL
LUPITA
VERO

Por darme su cariño y apoyo en todo momento desde que comencé, hasta hoy que culmino mi carrera profesional.

A TODOS MIS FAMILIARES:

Por la confianza y apoyo en todo momento.

A MIS AMIGOS Y AMIGAS:

GERA, MAURICIO, DANIEL, MARIO, COLLI, EDGAR, MANUEL,
MARITZA, BETTY, CRISTY, PILY, YOLIS

Por darme su amistad incondicional y su apoyo moral y físico en las cosas buenas y malas que me han pasado, gracias por haberme permitido convivir con ustedes a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS:

A mi Universidad que gracias a ella soy lo que soy.

Al Doctor Mellado por su valiosa colaboración y asesoramiento en la elaboración de este trabajo, se lo agradezco sinceramente.

A la ayuda financiera que fue recibida por el WWF (Proyecto PN59).

Al Ing. Reynaga por el apoyo incondicional que me brindó en los últimos semestre e mi carrera, gracias.

A todos los maestros que me permitieron aprender de sus enseñanzas y consejos en el lapso de mi carrera.

INDICE GENERAL

	PAGINA
DEDICATORIA-----	I
AGRADECIMIENTOS-----	II
INDICE GENERAL-----	III
INDICE DE CUADROS-----	IV
INDICE DE FIGURAS-----	V
INTRODUCCIÓN-----	VI
Objetivos-----	2
Hipótesis-----	2
REVISION DE LITERATURA-----	VII
Cobertura vegetal-----	3
Infiltración-----	16
Propiedades del suelo-----	19
MATERIALES Y METODOS-----	VIII
Descripción del área de estudio-----	28
Manejo de cabras y tratamientos-----	30
Análisis y muestreo-----	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	IX
Respuesta de la vegetación-----	35
Infiltración y concentración de sedimentos-----	45
Características del suelo-----	51
CONCLUSIÓN-----	X
RESUMEN-----	XI
LITERATURA CITADA-----	XII

INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAGINA
1	Composición de la vegetación (porcentaje) en sitios con alta (A) o baja (B) carga animal en terreno del Desierto de Chihuahua en el Norte de México.-----	36
2	Propiedades del suelo a 30 cm. de profundidad, en agostaderos sujetos a alta y baja presión de pastoreo por las cabras, en un terreno del Desierto Chihuahuense.---	7

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PAGINA
4.1 Infiltrabilidad promedio para agostaderos con alta o baja presión de pastoreo por cabras en el Desierto de Chihuahua.-----	46
4.2 Promedio de concentración de sedimentos para agostaderos con alta o baja presión de pastoreo por cabras en el Desierto Chihuahuense.-----	49
4.3 Concentración de materia orgánica alrededor de las comunidades rurales con alta y baja densidad de cabras.-----	52
4.4 Relación del contenido de Fósforo del suelo en función del sitio del agostadero con relación a la distancia de la comunidad rural.-----	53
4.5 Relación del Nitrógeno total con sitios del agostadero a diferentes distancias de las comunidades rurales.-----	54
4.6 Relación del contenido del cobre en el suelo en función del sitio de agostadero con relación a la distancia de la comunidad rural.--	55

INTRODUCCIÓN

El pastoreo de las cabras en el norte de México es muy común, particularmente en el Estado de Coahuila. Cuando se trata de grandes cantidades de cabras en un mismo ejido, existe un efecto negativo para algunas propiedades del ecosistema, como la cobertura vegetal, la cual llega a modificarse por el sobre pastoreo. El suelo, por medio del pisoteo de los mismos animales, tiende a compactarse y esto limita la infiltración del agua. Lo anterior trae como resultado un proceso de desertificación, por la herbivoría crónica y por encima de la capacidad de sustentación de los ecosistemas áridos.

Los cambios que ocurren en la vegetación afectan directamente la función del suelo, provocando que los procesos como la infiltración y el ciclo de nutrientes se modifiquen.

Aunque el desierto Chihuahuense en el norte de México ha sido pastoreado por las cabras por siglos, muy poca información cuantitativa está

disponible sobre los efectos del pastoreo de estos animales sobre la dinámica de la vegetación, hidrología y suelos. Esta falta de información es especialmente crítica porque los ambientes áridos son fácilmente susceptibles al disturbio y requieren de un largo tiempo para su recuperación.

Objetivo

Evaluar el impacto de la presión de pastoreo de las cabras sobre la cobertura vegetal, infiltrabilidad y propiedades del suelo en el matorral parvifolio inerme.

Hipótesis

La presión de pastoreo afecta la infiltrabilidad, cobertura y propiedades del suelo del matorral parvifolio inerme.

REVISIÓN DE LITERATURA

Serverson y Deban (1991) señalan que la clave para el manejo del chaparral de Arizona depende de la creación y mantenimiento del hábitat de sábana libre de arbustos. El control de arbustos usando el fuego y métodos químicos y mecánicos ha sido probado anteriormente; pero la información es limitada para las cabras. Estos autores evaluaron el efecto de 4 niveles de carga animal de cabras en un sistema de pastoreo de corta duración y control mecánico de los arbustos, vegetación herbácea, hojarasca y suelo. Después de 4.5 años de utilización de la vegetación, el porcentaje total de cobertura de arbustos fue menor en los sitios con carga animal de 1.4, 2.4 y 4.2 cabras españolas por hectárea (35, 39 y 38 %, respectivamente), comparado con el testigo (sin pastoreo; 51%). El aplastamiento de los arbustos con maquinaria incrementó la efectividad de las cabras; la cobertura total de arbustos fue menor en sitios donde los matorrales fueron aplastados, en comparación con los que no lo fueron (33 y 50%, respectivamente). Los arbustos menos preferidos por las cabras no fueron

afectados, mientras los arbustos más preferidos fueron impactados en todos los niveles de carga animal, y los tratamientos a los arbustos no afectaron a la cobertura de herbáceas perennes, mientras que las anuales fueron generalmente incrementadas por el disturbio al suelo. Se observó menos hojarasca acumulada bajo los arbustos sujetos a altos niveles de pastoreo, comparados con los sitios del agostadero no pastoreados.

La concentración de N y P en el suelo bajo *Ceanothus greggii* (Gray) fue también afectada por el pastoreo, donde la densidad del suelo se incrementó. La cobertura vegetal de herbáceas perennes no respondió al pastoreo de las cabras. Los arbustos preferidos por estos animales fueron preferidos por venados nativos. Una reducción de la densidad de forraje, lo que derivaría en un estrés nutricional, puede resultar en la eliminación de estas especies por el sobre pastoreo de las cabras. También, el disturbio por el pisoteo de las cabras afectó la acumulación de nitrógeno y hojarasca en el suelo, pero más importante es que el ramoneo intenso puede eliminar los arbustos fijadores de nitrógeno.

En la región central de California con predominancia de pastizal anual, Frost y Edinger (1991) llevaron a cabo un estudio para determinar

el efecto de tres estructuras de vegetación de arbustivas sobre las características del suelo de este sitio. Estos autores observaron que la producción de la vegetación herbácea fue mayor debajo del encino azul (*Quercus douglasi*), en comparación con el pastizal abierto. También observaron que la cobertura de herbáceas fue menor debajo de *Quercus wisilizeni* (DC) y el pino (*Pinus sabiniana* Doug), en comparación con el pastizal abierto. Se encontraron mayores cantidades de carbón orgánico (CO), mayor capacidad de intercambio catiónico (CEC), menor densidad del suelo y mayores concentraciones de algunos nutrientes fueron encontrados debajo del encino azul que en el pastizal abierto. Esto explica, por lo menos en parte, la mayor producción de vegetación herbácea donde hay cobertura de encino azul.

Krzic *et al.* (2000) indican que el zacate "Crested wheatgrass" (*Agropyron cristatum* (L.) Gaertn) es una especie introducida utilizada ampliamente para rehabilitar pastizales de las regiones áridas y semiáridas del oeste de Norteamérica. Estos autores evaluaron los efectos a largo plazo del "Crested wheatgrass" en las propiedades del suelo y la comunidad vegetal. La evaluación se llevó a cabo en cinco sitios pastoreados, localizados en el interior de Columbia Británica, Canadá. Cada sitio incluía comunidades del zacate nativo "Bluebunch wheatgrass"

(*Pseudoroegneria spicata* (Pursh) Scribn. Smith) y poblaciones de "crested wheatgrass" de entre 14 y 60 años de edad. El número de especies fue similar para los pastizales nativos y de "Crested wheatgrass", mientras que el índice de diversidad del pastizal de "Crested wheatgrass" fue más bajo, debido a su uniformidad. Se observó que los zacates nativos y el "Crested wheatgrass" producen similares cantidades de biomasa de raíz. La mayoría de las propiedades del suelo fueron similares en los dos tipos de pastizal. Una de las excepciones fue del carbón del suelo a las profundidades de 0-7.5 y 7.5-15 cm, el cual fue mayor en el pastizal de "Crested wheatgrass" que en los pastizales nativos. El contenido de nitrógeno del suelo a la profundidad de 15-30 cm fue también mayor en el pastizal de "Crested wheatgrass". En el pastizal de "Crested wheatgrass" la resistencia de penetración del suelo en las profundidades de 7.5 y 9 cm fue mayor que la registrada en los pastizales nativos. La mayor compactación del suelo la causó el pastoreo a que fue sujeto el pastizal de "Crested wheatgrass" a inicios de la estación de pastoreo, cuando los suelos estaban más húmedos en relación a los suelos de los pastizales nativos. Los resultados de este estudio indican que la siembra de "Crested wheatgrass" en combinación con el pastoreo con ganado doméstico, a largo plazo no resulta en la degradación de las propiedades del suelo, pero la diversidad de especies vegetales fue

reducida en relación con pastizales nativos de "Bluebunch wheatgrass" bajo pastoreo.

Manzano *et al.* (2000) llevaron a cabo un estudio para determinar el impacto del pastoreo de las cabras sobre el matorral Tamaulipeco. Durante el periodo de octubre de 1995 a octubre de 1996, un solo episodio de sobrepastoreo de las cabras fue monitoreado para determinar los efectos de sobrepastoreo por las cabras en 5 estratos de la cubierta vegetal. También se determinó la densidad de volumen de suelo, índices de infiltración, contenido de materia orgánica y la concentración de los macronutrientes del suelo. La varianza, covarianza y el análisis de componentes principales de los datos sugieren que la cubierta vegetal y la densidad del suelo fueron afectados por el sobrepastoreo. No existieron diferencias estadísticas significativas en índices de infiltración, contenido de materia orgánica o macronutrientes. Este puede ser el resultado de la gran variabilidad espacial asociada a estos parámetros, o al periodo corto de tiempo en que estos parámetros fueron monitoreados. Los cambios en la composición de las especies de plantas, la cubierta de la vegetación y la compactación del suelo fueron identificados como indicios primarios del sobrepastoreo de las cabras dentro de este ecosistema.

Thurrow *et al.* (1988b), indican que entender la respuesta temporal de la vegetación a la estrategia de selección del ganado, es necesario para el mantenimiento continuo o incremento de la productividad de los agostaderos. Estos autores muestrearon 2 veces al mes la cubierta de la vegetación y la biomasa en praderas de pastoreo continuo (HCG) y con pastoreo moderado (8.1 ha AU⁻¹); continuamente (HCG) y con una alta carga animal (4.6 ha AU⁻¹); utilización con alta intensidad y baja frecuencia (HILF) y con una carga animal moderada (8.1, día 17:119; presión de pastoreo de 8.1 ha AU⁻¹); pastoreo de corta duración (SDG) y con alta presión de pastoreo (14.1, día 4:50 presión de pastoreo de 4.6 ha AU⁻¹); y la exclusión del ganado (LEX). El pastoreo, la cubierta de la vegetación, el suelo y la pendiente eran similares entre praderas antes del estudio. La cubierta de pasto mediano fue eliminada en la pradera (HCG), y declinó en la pradera con alta presión de pastoreo (SDG). La cubierta del pasto mediano fue mantenida en el sitio moderadamente pastoreado (SDG) y con los tratamientos MCG o LEX. Durante 1984, el diámetro basal del pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr.), fue significativamente mayor en los sitios MCG y LEX que en el sitio SDG. Para el final de este estudio, la cubierta orgánica total y la biomasa sobre tierra fueron significativamente mayores en los sitios

MCG o LEX que en las praderas SDG o HCG. La alta intensidad de pastoreo usada en este estudio, sin importar la estrategia de pastoreo, no parece ser satisfactoria para el mantenimiento a largo plazo de los pastos medianos.

En un estudio de Pitt y Heady (1979), se analizaron las praderas pastoreadas por ovejas con una presión de pastoreo moderada, y 1.5, 2 y 2.5 de la carga animal moderada. Entre 1969-1973 fueron analizados los cambios relativos en cubierta vegetal, producción de forraje y la composición botánica. Las cuatro praderas fueron menos productivas en 1973 que en 1969, pero se observaron tendencias similares en cuanto a la cubierta vegetal y la composición botánica, sin importar la intensidad del pastoreo. Solamente el pastoreo que fue 2.5 veces más intenso que el pastoreo moderado produjo una declinación residual en la productividad del año siguiente, con respecto al resto de los tratamientos. Sin embargo, esta declinación en productividad, insignificante desde el punto de vista de manejo del pastizal, comparada con otras intensidades de pastoreo, desaparecería probablemente en el plazo de 2-3 años, en respuesta a la influencia primordial del ambiente, especialmente a los patrones de precipitación.

En un estudio de White *et al.* (1991), la respuesta vegetacional del pastoreo de corta duración en 9 potreros, fue comparada a la de una pradera por un periodo continuo de 5 años, en el sur-centro de Nuevo México. Las diferencias en la respuesta vegetacional al pastoreo de corta duración y pastoreo continuos en el agostadero de grama azul fueron pequeñas. La cubierta basal de las plantas fue ligeramente más alta en los potreros de pastoreo de corta duración, pero la producción de forraje al final de la estación de crecimiento fue similar en ambos sistemas de pastoreo, y la cubierta vegetal fue más alta para las praderas con pastoreo de corta duración, que para las praderas continuamente pastoreadas.

Yates *et al.* (2000) llevaron a cabo un estudio donde se investigó el impacto del pastoreo sobre la cubierta de especies de plantas nativas, la cobertura de hojarasca, la condición de la superficie del suelo, propiedades físicas y químicas de la superficie del suelo, la hidrología de la superficie del suelo, y el microclima cercano al suelo en los montes de *Eucalyptus salmonophloia* F. Muell en Australia. Los estudios sobre la vegetación y el suelo fueron emprendidos en 3 sitios con una historia de poco o nada de pastoreo. El pastoreo del ganado se asoció con una declinación en cubierta perenne nativa y un aumento en cubierta anual

exótica, redujo la cubierta de hojarasca, redujo la cubierta de criptógamas del suelo, la pérdida de microtopografía superficial del suelo, el aumento de erosión, cambios en la concentración de nutrientes del suelo, la degradación de la estructura superficial del suelo. Redujo, además, los índices de infiltración de agua del suelo en tierra y el microclima cercano al suelo. Los resultados sugieren que el pastoreo del ganado afecta los procesos regulatorios del recurso que mantiene la variedad biológica natural en los bosques de *E. Salmonophlora*. Simplemente quitando el ganado de los bosques degradados, es poco probable que se presente la restauración de la diversidad de especies de plantas y de la estructura de la comunidad. La restauración requerirá de estrategias que capturen recursos, aumentan su retención y mejoren el microclima.

En un estudio de Webb y Stielstra (1979) se midieron algunos efectos del pastoreo de las ovejas domésticas sobre la vegetación y el suelo en cuatro sitios en el Desierto occidental de Mojave. Aunque las ovejas han pastoreando el desierto de Mojave por los últimos 50 - 100 años, los efectos del pastoreo de estos animales en este ecosistema son en gran parte desconocidos. Los resultados de este estudio solamente reflejan efectos de pastoreo a corto plazo, porque áreas de control

cercadas no estaban disponibles para el estudio. El pastoreo intensivo causó una reducción de 60% en la biomasa sobre el suelo debajo de la gobernadora (*Larrea tridentata*) y el pisoteo de estos animales causó un incremento en la dureza del suelo y disminuyó la densidades anuales de especies entre arbustivas en 24 y 28% en dos áreas. *Ambrosia dumosa* disminuyó de 16 a 19%, y la cobertura de *Grayia spinosa* disminuyó 29% en el sitio de pastoreo. *Ambrosia dumosa* disminuyó 21 y 65% en dos áreas ligeramente pastoreadas, en comparación con áreas no pastoreadas. El volumen de *Acamptopappus sphaerocephalus* fue 68% menor en un área con alta presión de pastoreo. Estos cambios indican que la calidad de agostadero del desierto de Mojave se deteriora por ovejas bajo presiones de pastoreo intensivas. El pisoteo reduce la cubierta anual y altera la superficie del suelo, el cual promueve la erosión por el viento.

Taylor *et al.* (1997) llevaron a cabo un estudio de 10 años para evaluar la respuesta de la vegetación al incrementar la presión de pastoreo del ganado bajo un sistema rotacional (3 días de pastoreo con descanso de 51 días) y largo tiempo de descanso. Las cuatro intensidades de pastoreo (tratamientos) variaron desde la carga animal recomendada con pastoreo continuo, hasta 2.7 veces la intensidad de pastoreo recomendada. *Hilaria berlanderi* (Steud.) Nash. se incrementó en todos

los tratamientos de pastoreo y disminuyó en la exclusión de ganado. El pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx) Torr.), junto con otros pastos medianos, disminuyó en todos los tratamientos de pastoreo, incrementándose en la exclusión del ganado. Debido a que los pastos medianos son especies palatables y no abundantes en este agostadero, éstos fueron defoliados intensivamente y con alta frecuencia. El pastoreo rotacional no pudo sostener la composición inicial de las especies en todas las intensidades de pastoreo probadas

Gillen *et al.* (2000) indican que la carga animal directamente influencia la frecuencia e intensidad de defoliación de plantas individuales. Esto afecta el flujo de energía y sucesión de plantas en ecosistemas de pastoreo. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del índice de ganado en dinámicas de cosecha permanente y la composición de especies de plantas en agostadero con zacates mixtos en un periodo de siete años (entre 1990 y 1996). La precipitación media a largo plazo (30 años) ha sido de 766 mm por año. Las condiciones de crecimiento fueron generalmente favorables para el periodo de estudio. El ganado de un año (peso inicial de 216 kg, SD = 12 kg) pastoreaban con seis niveles de cargas animal, variando de 23 a 51 AUD ha⁻¹, del 14 de abril al 24 de septiembre (162 días). La carga animal actualmente

sugerida es de 25 AUD ha⁻¹. La cosecha permanente del forraje fue medida en julio y septiembre de cada año, mientras que la composición de especies fue determinada en julio en un par de años. La cosecha total (incluyendo las plantas muertas) declinó a medida que la carga animal se incrementaba, pero la cobertura vegetal no estuvo relacionada con la intensidad de pastoreo. Las pendientes de las líneas de regresión que relacionaban la cosecha permanente y la carga animal fueron constantes a través de los años. Los componentes principales de la vegetación como el pasto banderita (*Bouteloua curtipendula* (Mich.) Torr.), los zacates cortos y las herbáceas, no fueron afectados por las intensidades de pastoreo a través de los años. Los zacates altos respondieron aumentando con las cargas animal más bajas sobre el periodo de estudio. Sin embargo, estos zacates contribuyeron menos del 5% del total de la cosecha permanente. Los zacates tres barbas rojo y púrpura (*Aristida longiseta* Steud. y *A. Purpurea* Nutt.) aumentaron en todas las cargas animal a partir de 1990 a 1996, pero el aumento fue mayor en las cargas animal más bajas. Esta vegetación de zacate mixto demostró poca respuesta a la carga animal en un periodo de estudio de siete años. La vegetación pudo haber estado en equilibrio con altas cargas animal anteriores, de modo que poco cambio se esperarí con estas intensidades de pastoreo.

Angell y McClaran (2001) midieron la densidad de 23 especies perennes de pasto en 25 parcelas permanentes entre 1972-2000 en Arizona. La densidad de los pastos no se relacionó con la intensidad del pastoreo del ganado. Solamente una especie expresó una diferencia entre el descanso del verano y no descanso del verano con alta presión de pastoreo. La densidad de buh muhly (*Muhlenbergia porteri* Scribn. Ex Beal) fue menor durante la ausencia de descanso en verano que con la utilización en el verano, con una alta intensidad de pastoreo. Comenzando en 1975, el pasto introducido Lehmann lovegrass (*Eragrostis lehmanniana*) sembrado en parcelas distantes, apareció en una parcela, y para 1991, era la especie dominante en la mayoría d las parcelas. La densidad de especies nativas no se relacionó con el tiempo que el pasto lovegrass estaba presente en las parcelas. En general, las especies nativas declinaron previo a la llegada y aumento del pasto introducido lovegrass.

INFILTRACIÓN

En un estudio de Weltz *et al.* (2000), se evaluaron los escurrimientos de tres eventos de simulación de lluvia independientes, conducidos en 11 sitios diferentes de pastizal corto, esto con el objetivo de determinar la similitud hidrológica de sitios ampliamente separados

dentro de un solo ecosistema. Entre los sitios y eventos de simulación de lluvia no hubo patrones consistentes en el equilibrio de escurrimiento. Cuando los sitios se estratificaron por tipo de suelo, si hubo diferencias en el tiempo de máximo escurrimiento y la pendiente de la parte de la curva de regresión que representa el mayor aumento de los porcentajes de escurrimiento. Las pruebas de correlación de rango (Spearman) no mostraron relación entre el coeficiente de la pendiente de la parte de la curva de regresión que representa el mayor aumento de los porcentajes de escurrimiento y las características de vegetación medidas en los sitios. Hubo una correlación mínima entre el coeficiente de regresión del escurrimiento y el porcentaje de cobertura vegetal y de suelo desnudo. Las diferencias de los componentes bióticos de los sitios no fueron útiles para predecir las características del escurrimiento. Si el equilibrio del escurrimiento fue la respuesta hidrológica medida, los sitios fueron disímiles. Utilizando el tiempo de máximo escurrimiento y la pendiente de la parte de las hidrográficas, se determinó que los porcentajes de escurrimiento en los sitios fueron similares en el mismo tipo de suelo. Este estudio en sitios con pastizal corto, mostró que factores fácilmente estimados como la biomasa, cobertura y mantillo, no fueron buenos indicadores de la función hidrológica. También es necesario identificar cual porción del evento de escurrimiento es más importante para esta

evaluación. Los futuros modelos de escurrimiento y erosión necesitan desarrollar ecuaciones de predicción no lineales para estimar la tasa de infiltración como una función de la cobertura, biomasa y propiedades del suelo, y también estratificar los suelos en unidades funcionales para estimar con exactitud las tasas de escurrimiento.

Gamougoun *et al.* (1984) llevaron a cabo un estudio para evaluar la vegetación, suelos, índices de infiltración y producción de sedimento en función de la exclusión del ganado, pastoreo continuo severo, pastoreo continuo moderado, y rotación de pastoreo como un complejo homogéneo suelo-planta. La exclusión del ganado resultó en índices de infiltración significativamente mayores que cuando los agostaderos eran pastoreados con algún sistema en particular. Ninguna diferencia se encontró entre los agostaderos pastoreados moderadamente o intensivamente. Esto fue atribuido a la adición de materia orgánica de las herbáceas, las cuales reemplazaron a los pastos en el área pastoreada severamente. El tratamiento de rotación tuvo índices de infiltración que fueron menores que las exclusiones o los tratamientos de pastoreo continuo. La producción del sedimento fue similar en todos los tratamientos, excepto cuando el ganado fue concentrado en un cuarto del terreno en el sistema de rotación, el cual resultó con mayores niveles de sedimento.

PROPIEDADES DEL SUELO

En un estudio de Dormaar *et al.* (1990) se menciona que los efectos del pastoreo se reflejan en la ecología de las plantas, y que el excremento añadido por los animales afecta el contenido de nitrógeno del suelo. Estos autores estudiaron el nitrógeno total, el nitrógeno mineralizable, el nitrógeno intercambiable, el nitrógeno hidrolizable y la actividad de ureasa en Alberta, Canadá. Se consideraron los horizontes AH del pasto *Festuca áspero* (*Festuca scabrella* Torr). Se utilizaron dos cargas animal: ligera (0.8 ha/unidad animal) o muy alta (0.2 ha/unidad animal), las cuales se mantuvieron durante 38 años, al igual que exclusiones localizadas dentro de cada uno de los sitios de estudio. Aun cuando el total del N expresado como toneladas/ha por horizontes AH permaneció igual entre tratamientos, los cambios en varias fracciones de N fueron evidentes. El pastoreo condujo a una mayor concentración de $\text{NH}_4^+\text{-N}$ y $\text{NO}_3^-\text{-N}$ en ambos sitios al momento del muestreo, y estos niveles de nitrógeno mineralizable fueron más altos en el sitio con mayor carga animal. La actividad de la ureasa también aumentó con el pastoreo. Finalmente, estos autores comentan que el efecto de las cargas de excremento sobre las características de N en el suelo es complejo y todavía no está bien entendido por la comunidad científica.

Smoliak *et al.* (1972) evaluaron los efectos del pastoreo sobre los suelos de *Stipa Bouteloua* en una pradera en Alberta, Canadá, después de 19 años de uso continuo en verano, por ovejas, en tres intensidades de pastoreo. Los análisis de los suelos bajo el tratamiento de pastoreo severo, demostró un menor valor de PH y porcentaje de humedad en primavera, pero mayor valor del carbón total (C), alcohol/benceno - carbón soluble extractable, carbón alcalino, polisacáridos y material vegetal debajo de la planta, en comparación con el suelo con baja presión de pastoreo o sin pastorear. Los resultados fueron atribuidos a cambios de especies causados por el pastoreo, y los incrementos en las cantidades de estiércol depositado por ovejas en los sitios pastoreados con mayor intensidad. Las especies con raíces poco profundas reemplazaron a las especies con raíces más profundas en medio ambientes secos y con pastoreo severo.

Dormaar y Williams (2000) iniciaron un estudio en cuatro sitios: pradera mixta con *Stipa comata* Trin. & Rupr., dominante en la zona de suelos café (1994), una pradera mixta con *S. comata* y *S. viridula* Trin., dominante en la zona de suelo café oscuro (1993), y dos en la zona de praderas con festucas, siendo *Festuca campestris* Rydb. la especie

dominante de la zona de suelos negros (1993). En cada uno de los cuatro sitios, se implementaron cinco tratamientos representativos de los sistemas de producción más comunes en Alberta, Canadá, como monocultivos (dos especies de gramíneas, alfalfa (*Medicago sativa* L. 'Beaver') y dos de trigo de primavera (*Triticum aestivum* 'Katepwa'), sembrados en forma continua y como trigo-barbecho), y un tratamiento consistente en un cultivo abandonado, comparándolo con una comunidad plantas nativas. Un sitio en la zona de suelo negro fue una pradera sobre pastoreada (2.4 unidades animal por mes y por ha desde 1949), y el segundo sitio no fue pastoreado en los previos 50 años, a excepción de pastoreos otoñales ocasionales. Los suelos de las comunidades modificadas fueron diferentes de las comunidades nativas, con respecto al porcentaje de carbón y nitrógeno, la concentración de monosacáridos y la concentración de la mayoría de los constituyentes del fósforo. La modificación de la comunidad a través del cultivo y el sembrado, generalmente causó una reducción en las variables medidas, excepto NaHCO_3 y fósforo inorgánico, los cuales aumentaron. Se cree que el cultivo, más que las plantas de la nueva comunidad, fue el responsable de la mayoría de los cambios observados en C, N y varias fracciones de P, y la pérdida de agregados de agua-estable retenido en los tamices de 2.0 mm y de 1.0 mm.

En un estudio de Mapfumo *et al.* (2000) se investigó el impacto de tres intensidades de pastoreo (alta, media y ligera) y cuatro especies forrajeras sobre los parámetros físico-químicos de un suelo "Typic Haplustoll") en Lancombe, Alberta, Canadá. En este experimento se utilizaron dos especies perennes, "Smooth brome grass" (*Bromus inermis* cv. 'Carlton') y "Meadow brome grass" (*Bromus riparius* cv. 'Pika') y cebada (*Hordeum vulgare* L cv. 'AC Lancombe') y triticale solo. La intensidad de pastoreo no indujo cambios en la capacidad de retención de agua disponible del estrato de 0-5 cm, en el contenido de nitrógeno del suelo del estrato 30-45 cm, en el pH a la profundidad de 0-15 cm y en la conductividad eléctrica de todos los estratos, excepto el de 0-5 cm. Las especies vegetales afectaron el carbón del suelo a la profundidad de 0-5 cm, el pH del estrato 0-15 cm y la conductividad eléctrica del estrato de 5-45 cm. Las medidas de conductividad eléctrica del suelo estuvieron dentro del rango que se considera no detrimental para el crecimiento de las plantas. El efecto mínimo de la intensidad de pastoreo y especies vegetales en los parámetros del suelo medidos en este estudio, se pudo deber a las propiedades intrínsecas del suelo para soportar situaciones de disturbio, o a que el periodo de tiempo que comprendió el estudio fue muy corto.

En un estudio de Dormaar y Williams (1990), varios componentes de materia orgánica fueron estudiados en diferentes tipos de suelo de pradera mixta: pastizal dominado por neegly y tread/blue grama (*Stipa-comata* Trin y Rupr./ *Boutelohua gracilis* (HBK) Lag. Ex Steud.) en un agostadero de buena condición; pastizal significativamente modificado por grama azul en agostadero de condición pobre, y pastizal dominado por neegle y thread/grama azul en agostadero de buena condición, pero convertido a tierra cultivada y bajo pastoreos continuos por cuatro años. Las concentraciones del carbón orgánico total a 2 cm en la parte superior fueron de 1.39, 2.70 y 1.87%, respectivamente. La mayor cantidad de carbón orgánico en sitios dominados por grama azul fue causado por una activa, ramificada y fina masa de raíces, lo cual incrementó la mayoría de los monosacáridos de origen microbiano. Los monosacáridos en los horizontes más bajos, en tierra cultivada, fueron generalmente de origen vegetal, vía paja de plantas de pastizal incorporada al suelo.

Los horizontes AH del neegle y thread/ grama azul, los sitios de grama azul, y el horizonte Ap del sitio cultivado rindieron 244, 696 y 370 $\mu\text{g g}^{-1}$ de ácidos orgánicos de una fracción alcalina-soluble del suelo, respectivamente. Aunque la mayoría de los componentes orgánicos identificados estuvieron presentes en los tres suelos, el patrón

cuantitativo fue completamente diferente. Este estudio demostró la importancia del reconocimiento de la historia de los suelos estudiados cuando se describe la calidad del suelo.

Shariff *et al.* (1994) llevaron a cabo un estudio de dos años en la parte central sur de Dakota del Norte, en el cual se determinaron las respuestas de (1) la descomposición de mantillo y liberación de nitrógeno de la raíz, y (2) mineralización de nitrógeno en el suelo en función de la intensidad del pastoreo. Los tratamientos fueron cero pastoreo por largo tiempo, pastoreo moderado y pastoreo severo. Con el pastoreo moderado y pastoreo severo se removía el 45 y 77% respectivamente del crecimiento anual de la vegetación. El tratamiento de pastoreo moderado resultó en una mayor descomposición de material vegetal y mayores índices de la mineralización del nitrógeno del suelo, menor liberación de nitrógeno, vía descomposición, en comparación con los terrenos de pastoreo severo y de no pastoreo.

Ningunas diferencias consistentes fueron halladas entre los tratamientos de cero pastoreo y pastoreo severo. Las tasas de descomposición de la raíz y mantillo anual en el pastoreo moderado fue en promedio de 55% para 1989-1990 y de un 63% de 1990-1991, mientras

que en el terreno no pastoreado y en el del pastoreo severo tuvieron estimaciones, para periodos similares, de 13% y 19%. El tratamiento de pastoreo moderado tuvo una mineralización neta de nitrógeno en el suelo de 60 ug-g^{-1} y 269 ug-g^{-1} durante las estaciones de crecimiento de 1989-1990, mientras que los tratamientos sin pastoreo y pastoreo severo tuvieron una inmovilización neta del suelo para los mismos periodos de -59 ug-g^{-1} y -115 ug-g^{-1} . La liberación de nitrógeno anual del mantillo y la descomposición de la raíz en el pastoreo severo y en el sitio sin pastoreo fue en promedio de 70% y 38%, respectivamente, durante el periodo de incubación 1989-1990; y 51%

y 23% durante 1990-1991. El valor equivalente para el tratamiento de pastoreo moderado fue 47% y 6% (inmovilización neta de nitrógeno) de 1989-1990, y 41% y 23% para 1990-1991. Los resultados de este estudio parecen indicar que la regla de pastoreo estándar de "tome la mitad y deje la mitad", tiene un impacto significativo en la conservación de nitrógeno y el suministro de este elemento para el crecimiento de las plantas del pastizal.

En un estudio de Frank *et al.* (1995), tres sitios de pradera mixta, en Mondak, Dakota del Norte, fueron sometidos a los siguientes tratamientos: severamente pastoreados (0.9 ha por novillo),

moderadamente pastoreados (2.6 ha por novillo), o sin pastorear (exclusión desde 1916). Estos sitios sirvieron para estudiar los efectos de pastoreo a largo plazo sobre el carbón orgánico y contenido de nitrógeno del suelo, y la relación de los cambios en el suelo del carbón y del nitrógeno sobre la composición de especies vegetales en el agostadero. El pasto navajita (*Bouteloua gracilis* (H.B.K) lag. Ex Griffiths) presentó un gran cambio en cuanto la composición de especies para ambos tratamientos de pastoreo. La cubierta foliar del navajita fue 25% en 1916 y 86% en 1994, en el pastizal de pastoreo severo, y 15% en 1916 y 16% en 1994, con pastoreo moderado. El contenido total del nitrógeno del suelo fue mayor en la exclusión (1.44 kg N ha⁻¹) que cualquier tratamiento de pastoreo (0.92 y 1.07 kg N ha⁻¹) para el pastoreo moderado y severo, respectivamente), a 106.7 cm de profundidad.

El contenido de carbón orgánico del suelo promedió 7.2, 6.4 y 7.4 kg m⁻² a 30.4 cm de profundidad y 14.7, 11.7 y 14.0 Kg. m⁻² a 106.7 cm de profundidad para la exclusión, pastoreo moderado y pastoreo severo, respectivamente. Comparado con la exclusión, el terreno moderadamente pastoreado contenía 17% menos carbón en el suelo, a los 106.7 cm de profundidad. El pastoreo severo no redujo el carbón del suelo cuando se comparó con la exclusión. Basado en análisis ¹³C y datos del carbón

orgánico del suelo a 15.2 cm de profundidad, el pasto navajita u otras especies C_4 contribuyeron con el 24% ó 1.2 kg por m^2 del carbón total en el sitio con pastoreo severo, y 20% ó 0.8 kg por m^2 del carbón total en pastos de pastoreo moderado, entre 1916-1991. . El incremento del pasto navajita, una especie con un sistema de raíz superficial muy densa, en el sitio severamente pastoreado, probablemente contribuyó al mantenimiento del carbón del suelo a niveles iguales a la exclusión. . Estos resultados sugieren que los cambios en la composición de especies de una pradera mixta, predominantemente de navajita, compensa por las perdidas de carbón del suelo que pueden resultar en los pastizales nativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del sitio de estudio

El estudio fue llevado a cabo en dos comunidades rurales adyacentes en el Noreste de México ($25^{\circ} 30' N$ y $101^{\circ} 02' W$). Las comunidades estaban a 2 km de distancia, en el mismo valle, con un cerco entre ambos predios. El clima es semiárido y la precipitación anual promedio es de 320 mm. El 70% de la precipitación anual cae entre junio y octubre. Los mayores eventos de la precipitación son breves e intensos, presentándose como tormentas convencionales. El promedio de la temperatura anual para el área de estudio es de $18.2^{\circ} C$. El terreno consta de un valle y colinas ondulantes con una elevación media sobre el nivel del mar de 1700 m.

Los suelos del área de estudio son principalmente arcillosos con poca profundidad, y con una capa de carbonato de calcio a profundidades que varían de pocos cm a más de 1 m.

La vegetación del área es típica del desierto Chihuahuense. La gobernadora (*Larrea tridentata* (DC.) Cov) es el arbusto dominante. Otras especies de arbustos abundantes en el sitio de estudio incluyen la lechuguilla (*Agave lechuguilla* Torr.), hojásén (*Flourenzia cernua* DC.) y escalerilla plateada (*Viguiera greggi* (Gray) Blake). Las plantas herbáceas dominantes incluyen a la hierba del negro (*Sphaeralcea angustifolia*), trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav.) y en menor medida *Gimnosperma glutinosum* (Spreng). Los pastos más comunes son el navajita (*Bouteloua gracilis* (Wild). Ex Kunth) Lag. Ex Griffiths), zacate búfalo (*Buchloe dactyloides* (Nutt) Engelm) y el zacate tres barbas (*Aristida arizonica gracilis* (Wild). Ex Kunth) Lag. Ex Griffiths), zacate búfalo (*Buchloe dactyloides* (Nutt) Engelm) y el zacate tres barbas (*Aristida arizonica*)

Los sitios han sido pastoreados en las décadas recientes exclusivamente por cabras, por esta razón se asume que los cambios de vegetación, hidrología y suelo, son el resultado del pastoreo de cabras principalmente.

Manejo de las cabras y tratamientos

Las cabras eran cruza entre animales locales (criollo), Nubia, Granadino y Alpino francés. Las cabras en ambos sitios pastoreaban exclusivamente en la vegetación nativa, sin suplementos de sal o concentrado durante todo el año. Las fuentes de agua en los agostaderos eran agujeros superficiales (uno por sitio).

Después del destete de cada año, los machos destetados y las cabras viejas eran eliminadas de los rebaños de ambos sitios. Así, la estructura del peso y edad fue mantenido en forma similar por años. Las cabras parieron al inicio del verano y se ordeñaron de julio a diciembre.

Dos sitios de agostadero de 1050 y 2250 Ha. fueron usados para estudiar los efectos de dos intensidades de pastoreo. En el primer sitio, 5 rebaños de cabras (de 40 a 300 animales por rebaño) comprendiendo un total de 700 cabras han estado pastoreando alrededor de la comunidad rural (pastoreo comunal) por varias décadas. El otro sitio ha sido pastoreado por un solo rebaño de cabras (n= 167) por varias décadas. La presión de pastoreo durante el periodo de estudio fue de 15 ha / cabra

en el sitio con baja carga animal, y de 1.5 ha / cabra en el sitio con alta intensidad de pastoreo.

Análisis y muestreo

Para evaluar el cambio de vegetación causado por diferentes densidades de cabras, la cobertura aérea de todas las especies de plantas fue determinada durante 3 estaciones en 1999, y tres estaciones en el 2000. En ambos sitios pastoreados por las cabras, se colocaron 5 transectos, en línea recta de 500 m. Éstos fueron sitios permanentes del muestreo (Canfield, 1942). Los transectos fueron marcados con varillas metálicas colocadas cada 50 m, para asegurarse que cada área fuera muestreada sobre la misma línea. En cada transecto se medía la intersección de cada planta, y esta intersección era sumada y dividida por la extensión total del transecto, para obtener el porcentaje de la cobertura por unidad de muestreo (transecto).

La precipitación fue simulada en los sitios con alta y baja densidad de cabras en el otoño de 1999 (final de estación de lluvia) y primavera del 2000 (estación seca). Para el proceso anterior se utilizó un simulador de precipitación portátil para aplicar la precipitación a las parcelas en forma cuadrada (n=5 por sitio, seleccionadas aleatoriamente), de 0.14 m² en

tamaño. Las hojas de metal de las parcelas fueron introducidas en el suelo a una profundidad de 5 cm. La boquilla para la aspersión del agua fue colocada a 1.65 m sobre el suelo, y la precipitación simulada fue de 165 mm h^{-1} por 30 minutos. El tamaño de la gota de lluvia fue de 1 a 6 mm. Todas las parcelas fueron pre-humedecidas, aplicando 50 L de agua con un aspersor. Después de que el agua fue aplicada, las parcelas fueron cubiertas con plástico durante 24 h. El total del escurrimiento (0.14 m^2) fue colectado y medido cada 5 minutos, mientras la precipitación era aplicada.

Para este procedimiento el agua escurrida era bombeada hacia un recipiente de vidrio graduado. Al final de la precipitación simulada, la infiltrabilidad fue calculada determinando la diferencia entre la precipitación aplicada y la cantidad de escurrimiento. También la concentración de sedimento fue determinado cada 5 minutos durante la precipitación simulada. Para esta determinación, un litro de submuestras fueron obtenidas de una muestra del agua escurrida. Estas submuestras fueron filtradas a través de un papel filtro de Whatman destarado. Los sedimentos colectados fueron secados en el horno, pesados y convertidos a la concentración de sedimentos (gL^{-1}).

Un total de cincuenta muestras de suelo (25 por parcela) fueron tomadas a una profundidad de 30 cm, para determinar las propiedades químicas de éste. Las muestras fueron secadas al aire, y la tierra fue cribada a través de un tamiz de 2.0 mm. En ambos sitios de muestreo, las muestras de suelo fueron tomadas a distancias de 100 m con relación a la comunidad rural. El nitrógeno total fue determinado por el método micro-kjeldahl|. El pH del suelo fue determinado con un electrodo de cristal en una mezcla de 1:1 (suelo: agua). El P disponible fue determinado en un extracto de bicarbonato de sodio (Olsen *et al.*, 1954). Las muestras del suelo fueron analizadas para nitratos por el método de reducción de hidracina, y el contenido de amonio fue determinado por el método del fenol-nitropruciato. Todos los minerales, excepto el fósforo, fueron determinados por el espectrofotómetro de absorción atómica.

Para el análisis de la cobertura foliar se utilizó un diseño de parcelas divididas (SAS, 1989) donde se comparó la cobertura vegetal entre tratamientos dentro de periodos de muestreo. Las intensidades de pastoreo no fueron repetidas, y el error experimental para el análisis de varianza consistió en la variación de los transectos seleccionados al azar dentro de las intensidades de pastoreo.

Siempre que se presentó la interacción entre intensidad de pastoreo y época de muestreo, el efecto de la presión del pastoreo dentro de cada estación era examinado usando la prueba del LSD (Steel y Torrie, 1980). Los datos de infiltrabilidad y pérdidas de sedimento también fueron analizadas por el análisis de varianza en un diseño de parcelas divididas, para determinar diferencias entre intensidades de pastoreo en dos estaciones dentro del año. La homogeneidad de varianza (prueba de Bartlett) fue utilizada para las variables del suelo. Estos datos fueron analizados con un análisis de varianza en un sentido (SAS, 1989), Además, la relación entre ciertas propiedades del suelo y la distancia de las comunidades rurales fue descrita por regresiones lineales y no lineales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta de la vegetación

En común con otros estudios con cabras pastoreando con una alta (Lamprey y Yussuf, 1981; Manzano y Navar, 2000) o baja (Mellado *et al.*, 2003) densidad de cabras en ambientes áridos, este estudio proporciona evidencias de que las altas densidades de cabras causan la pérdida de arbustos alrededor de las comunidades rurales donde se localizan estos animales.

El pastoreo intenso de las cabras causó una reducción de 136% de la cobertura de la gobernadora, en relación con el sitio con baja carga animal (Cuadro 4.1).

El análisis de varianza de parcelas divididas reveló que el índice de ganado por un periodo de interacción en algunas de las especies. Así, el efecto del índice de ganado fue examinado dentro del periodo usando pruebas de diferencia mínima significativa (LSD).

Cuadro 4.1. Composición de la vegetación (porcentaje) en sitios con alta (A) o baja (B) carga animal en terreno del desierto de Chihuahua en el norte de México.

Especies	primavera 99		verano 99		otoño 00		invierno 00		verano 00		otoño 00	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Arbustos												
Agave lechuguilla	1.8 ^a	0.4 ^b	1 ^a	0.5 ^a	1.9 ^a	0.4 ^b	2.1 ^a	0.3 ^b	1.5 ^a	0.2 ^b	2.2 ^{2a}	0.5 ^b
Flourensia cernua	1.4	0	1.2 ^a	0.1 ^b	2.3 ^a	0.1 ^b	1.6 ^a	0.1 ^b	1.7 ^a		1.7 ^a	0.1 ^b
Larrea tridentata	11.8 ^a	27.6 ^b	7.7 ^a	21.3 ^b	15.4 ^a	28.9 ^b	11.3 ^a	28.6 ^b	10.9 ^a		11.5 ^a	28.9 ^b
Mimosa biuncifera	0.7 ^a	0.8 ^a	0.4 ^a	0.7 ^a	0.4 ^a	1.2 ^a	0.5 ^a	1.2 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.9 ^a	0.7 ^a
Opuntia inbricata	0	0.1	0	0.14	0.2 ^a	0.2 ^a	0	0	0.1 ^a	0.4 ^a	0	0.2
Opuntia leptocaulis	0	0.1	0	0.2	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1
Opuntia microdasis	0.1	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0	0.2	0
Prosopis glandulosa	0.2 ^a	0.8 ^b	0.2 ^a	0.9 ^b	0.4 ^a	0.8 ^a	0	0.8	0.2 ^a	0.8 ^b	0.1 ^a	0.8 ^b
Viguiera greggii	50.8 ^a	0.1 ^b	3.1 ^a	0.1 ^a	4.6 ^a	0.1 ^b	6.1 ^a	0.1 ^b	4.8	0	5.1	0
OTros arbustos	2.7	0.1	1.8	0.1	2.6	0.1	3.1	1.3	2.3	0.6	4.3	0.6
Total arbustos	24.5 ^a	30.0	15.6 ^b	24.0	28.0 ^a	31.9	24.9 ^a	32.5	22.3 ^a	29.6	26.0 ^a	31.9
Herbaceas												
Croton dioicus	0.2 ^a	0.5 ^a	0.1 ^a	0.3 ^a	0.2 ^a	0.3 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a				
Gymnosperma glutinosum	0.5 ^a	0.3 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a	0.3 ^a	0.2 ^a	0.4 ^a	0.2 ^a
Tiquilia canencens	0.2 ^a	0.2 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a	0.1 ^a
Sphaeralcea angustifolia	0	0	0.9 ^a	0.9 ^a	0.6 ^a	0.6 ^a	0.5 ^a	0.5 ^a	0	1.3	0	0
Solanum elaeagnifolium	0	0	0.2 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a	0.2 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0	0.8	0	0
Otras herbaceas	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.7	0.2	0.7	0.3	0.8	0.4
Total herbaceas	1.0 ^a	1.0 ^a	1.5 ^a	1.6 ^a	1.4 ^a	1.5 ^a	1.7 ^a	1.2 ^a	1.2 ^a	2.8 ^a	1.5 ^a	0.9 ^a
Pastos												
Aristida arizonica	0.3 ^a	0.3 ^a	0	0	0.2 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.2 ^a	0.1 ^a	0	0.3 ^a	0.4 ^a
Bouteloua gracilis	0.3 ^a	2.4 ^b	0.2 ^a	0.7 ^a	1.3 ^a	1.9 ^a	0.8 ^a	2.4 ^b	0.1 ^a	2.2 ^b	0.2 ^a	4.6 ^b
Buteloua uniflora	0.8 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.1 ^a	0.4 ^a	0.1	0	0	0.5 ^a	0.2 ^a	0.7 ^a	0.1 ^a
Buchloe dactiloides	1.6 ^a	0.1 ^b	0.7	0	2.4 ^a	0.1 ^b	0.9 ^a	0.1 ^b	2.2	0	2.8	0
Otros pastos	1.1	1.6	1.4	4.2	2.9	6.7	1	4.6	0.7	3.0	1.2	2.7
Total pastos	4.1 ^a	4.5 ^a	2.4 ^a	5.0 ^b	7.2 ^a	8.9 ^a	2.8 ^a	7.3 ^b	3.6 ^a	5.7 ^b	5.2 ^a	7.8 ^b
Cobertura foliar total	29.6 ^a	35.5 ^b	19.5 ^a	30.6 ^b	36.6 ^a	42.3 ^b	29.4 ^a	43.7 ^b	27.1 ^a	38.1 ^b	32.7 ^a	40.6 ^b

Dentro de periodos de muestreo, los promedios en una hilera seguidos por una letra distinta, difieren ($p < 0.05$).

Una gran proporción de las plantas de gobernadora en el sitio con alta carga animal presentaba el follaje deteriorado (por lo menos con 20% de ramas muertas), y la corteza de alguna de estas plantas fue

removida parcialmente por las cabras, lo que indica que el pastoreo y el pisoteo por estos animales redujeron la regeneración de gobernadora. Si se asume que los ungulados salvajes contribuyeron poco a las diferencias observadas en el agostadero del presente estudio, la gobernadora mostró claramente una respuesta negativa a la alta carga animal de las cabras. En esta área el agotamiento de herbáceas, pastos y arbustos palatables utilizados por las cabras, fuerzan a estos animales a utilizar *Larrea tridentata*. Este arbusto de baja calidad llega a contribuir hasta el 15% de la dieta de las cabras (Mellado *et. al.*, 2003,) indicando que la herbivoría por caprinos ha causado cambios en la cobertura foliar de la gobernadora.

La gobernadora (*L. Tridentata*) es una planta altamente estable dentro de las regiones áridas, es una de las plantas de más larga vida en los ecosistemas del desierto (Vasek, 1980) y ha sido una especie dominante por milenios en el desierto Chihuahuense (Van Devender, 1990). La reducción de este arbusto por el pastoreo intenso de las cabras podría tener un impacto importante en la estabilidad de este ecosistema, porque la pérdida de arbustos perennes puede aumentar el riesgo de la erosión del suelo, interrumpir el ciclo de nutrientes, reducir el hábitat de

los animales salvajes y reducir la fuente de alimentos para los insectos polinizadores (Newsome y Noble, 1986).

Otro arbusto afectado negativamente por la alta presión de pastoreo fue el mezquite (*Prosopis glandulosa* Tor.). En promedio, este árbol leguminoso mostró un 350% más ($P < 0.05$) de cobertura en el sitio con poca densidad de cabras comparada con el área con alta densidad de cabras.

El reclutamiento del mezquite no es dependiente de la precipitación episódica, y la invasión de este árbol es mínimamente influenciada por la competencia de pastos (Brown y Archer, 1999). Por lo anterior, estos datos sugieren que la alta densidad de cabras afectó negativamente el establecimiento de plántulas de mezquite. El rebrote del mezquite en esta área ocurre en primavera (la estación seca) cuando la mayoría de la vegetación sigue latente, por consiguiente, la defoliación intensa de este árbol (los animales consumen las semillas, tallos tiernos, vainas y plántulas), debido a la estación de crecimiento temprana, parece ser perjudicial para este árbol leguminoso. Evidencias del impacto adverso de la cabra sobre el crecimiento de los arbustos en zonas áridas

también ha sido observada por otros autores (Tiver y Andrew, 1997; Lamprey, 1981).

No todas las especies declinaron con una alta presión de pastoreo. El pastoreo intenso tuvo un efecto positivo ($P < 0.05$) en la cobertura de lechuguilla y de *Viguera greggy*. Estas plantas son utilizadas por las cabras (Mellado *et al.*, 1991), por lo que estas especies parecen tener una tolerancia adaptativa a la intensa defoliación por las cabras.

Pudiera ser que la mayor cobertura de arbustos observada en el sitio con baja carga animal en comparación que el sitio con alta carga animal podría ser el resultado, en parte, de la estimulación del crecimiento vegetal directamente por cabras, por endozocoría y epizocoría. Muchos estudios en savannas han demostrado que el pastoreo moderado de pequeños rumiantes pueden aumentar la producción primaria, resultando en unas interacciones mutualistas entre la planta y los herbívoros en ambientes áridos o semiáridos. Sin embargo, se debe considerar que la vegetación del continente americano no co-evolucionó con alta presión de pastoreo, como ocurrió en las savannas de Africa, así que el estímulo del crecimiento de los arbustos del desierto Chihuahuense por las cabras es debatible.

Este estudio mostró que, a pesar de que la cobertura del pasto se redujo (4.3% en el sitio con una alta densidad de cabras), los altos niveles crónicos de herbivoría por las cabras no ha contribuido a la invasión de plantas leñosas, por el contrario, la alta densidad de cabras provocó una cobertura reducida de arbustos con una estructura vertical más abierta y simplificada. Esto se esperaba porque las cabras son básicamente consumidoras de arbustos, lo que pone a las plantas leñosas en desventajas con las herbáceas y gramíneas. En cuatro de las seis estaciones muestreadas, el sitio con alta carga animal tuvo significativamente menos ($p < 0.05$) cobertura total del pasto que el sitio con baja presión de pastoreo (Cuadro 4.1).

La cobertura del navajita azul fue mayor ($p < 0.05$) en la mayoría de las estaciones muestreadas en el sitio con baja carga animal, que en el agostadero con alta presión de pastoreo. La defoliación periódica de este pasto aumenta los índices de crecimiento relativo y emergencia de esta gramínea bajo niveles moderados de pastoreo (Biondini y Manske, 1996; Eneboe *et al.*, 2002). Incluso, bajo pastoreo intenso durante varios años, la producción de forraje de *Bouteloua gracilis* ha aumentado (Smoliak, 1974; Hyder *et al.*, 1975; Schuman *et al.*, 1999). El zacate búfalo, en cambio, mostró una mayor cobertura en el área de alta presión de

pastoreo. Esta mayor cobertura se presentó al inicio del estudio y no cambió en el transcurso de 6 estaciones de muestreo. En comunidades de plantas co-dominadas por navajita azul y zacate búfalo, se ha observado que *Bouteloua gracilis* tiene cobertura y biomasa más alta que *Buchloe dactyloides* (Aguilar y Lauencroth, 2001). Estas diferencias en abundancia relativa aparentemente son debidas a un reclutamiento de plántulas más altas y mayor tolerancia del *Bouteloua gracilis* a la sequía (Coffin *et al.*, 1996). Debido a la capacidad de las cabras a pastorear cerca de la tierra y de usar sus labios para la colección de forraje, los pastos en el presente estudio durante las estaciones secas, fueron completamente defoliados en el sitio con alta densidad de cabras. La eliminación severa de forraje de gramíneas fue más tolerada por *Buchloe dactyloides* que *Bouteloua gracilis*. Otros estudios han reportado incrementos en la composición relativa de pastos cortos (zacate búfalo incluido) a medida que se incrementa la presión de pastoreo (Thurow *et al.*, 1988a; Heitschmid *et al.*, 1989; Fuhlendorf y Smeins, 1997; Hart, 2001). La disminución significativa del zacate búfalo en un sitio excluido del pastoreo de Texas, en comparación con praderas sujetas a un pastoreo intensivo (Kothmann *et al.*, 1978), indica que las características que sirven al zacate búfalo para sobrevivir bajo pastoreo intensivo, son inefectivas cuando el pastoreo es removido. La alta tolerancia del zacate

búfalo al pastoreo intenso parece deberse a su sistema radicular poco profundo, lo que le permite a este pasto utilizar la escasa y poco profunda humedad en la época de lluvia. Por otra parte, se ha reportado que la defoliación intensa de este pasto no afecta su masa y corona de la raíz (Bartos y Sims,1974).

La cobertura del *Aristida arizonica* fue similar en las áreas con alta y baja densidad de cabras a través del periodo de estudio. Resultados de experimentos anteriores indican que este pasto permanece sin cambio (Guillen *et al.*, 2000; Heitschmidt *et al.*, 1989; Taylor *et al.*, 1997) o disminuye (Kipple y Costello, 1960; Hyder *et al.*, 1975) a medida que se incrementa la carga animal. El pasto tres barbas es poco apetecible para el ganado (Kipple y Costello, 1960) y es clasificado como incrementador virtualmente en todos los sitios ecológicos. Durante el verano este pasto es utilizado por cabras en tipos de vegetación similares al del presente estudio (Mellado *et al.*, 2003), lo cual puede explicar porqué este pasto no aumentó en el sitio con una alta carga animal.

Este estudio mostró que la cobertura foliar de los pastos fue más alta en el área con baja densidad de cabras que los sitios pastoreados en forma intensiva, lo cual concuerda con datos de Thurow y Hussein (1989)

quienes también encontraron el mayor número de pastos bajo pastoreo moderado de corta duración por ovejas, comparado con las áreas de pastoreo comunal.

El pastoreo excesivo no fue detrimental para la vegetación herbácea, ya que la cobertura de estas plantas en las áreas con alta y baja carga animal fue similar. Debido a que las cabras son capaces de cambiar del ramoneo de arbustivas al consumo de herbáceas cuando el forraje declina (Mellado *et al.*, 1991, 2003), la cobertura reducida de estas plantas en ambas áreas pastoreadas se esperaba. Otros autores tampoco han encontrado efectos significativos del pastoreo de las cabras sobre las hierbas perennes (Michalk *et al.*, 1976). Por otra parte, en ambientes áridos, la precipitación parece tener un mayor impacto sobre la densidad de herbáceas anuales que el pastoreo (Weigel *et al.*, 1989; Thurow y Hussein, 1989).

Los datos de estudios en las zonas áridas y semiáridas del continente Americano indican que el efecto del ramoneo de las cabras reduce la estabilidad del agostadero. Por ejemplo, la alta densidad de ganado de cabras en terrenos áridos de Argentina redujo la cobertura de la plantas de 62% a 24% (Grunwaldt *et al.*, 1994). En California, 600

cabras por ha en un solo día redujeron la cobertura de la vegetación en un 48% (Tsiouvaras *et al.*, 1989). Un episodio de sobrepastoreo de cabras en el norte de México causó que se redujera la cobertura del arbustos así como un aumento en la densidad del suelo (Manzano y Navar, 2000). Mellado *et al.*, (2003) observaron que el pastoreo ligero de las cabras por largo tiempo causaron un 40% de reducción en la cobertura de la vegetación, cerca de las comunidades rurales en el norte de México. En Arizona la cobertura del arbusto fue de 35% en sitios con 1.4 cabras por ha, comparado con 51% de un terreno sin pastoreo (Severson y Debano, 1991). Los resultados del estudio actual apoyan los resultados de estudios previos.

Infiltración y concentración de sedimentos

No existió interacción entre la intensidad de pastoreo y la estación en cuanto a infiltrabilidad se refiere. Por lo tanto, las estaciones fueron combinadas para la discusión de los efectos de la intensidad de pastoreo sobre la infiltración. A pesar de que la cobertura foliar fue en promedio 33% más alta en el sitio con baja densidad de cabras, la intensidad de pastoreo no afectó significativamente el índice de infiltración (Figura 4.1).

Los datos colectados fueron combinados antes y después de la estación lluviosa. Todos los valores para infiltración a diferentes intervalos no son diferentes ($p>0.05$).

Estos resultados son contrarios a otros informes en los ambientes áridos donde la cobertura vegetal total ha sido relacionada positivamente con el índice de infiltración de agua (Thurow *et al.*, 1986; Warren *et al.*, 1986). Estos resultados son contrarios a otros informes en los ambientes áridos donde la cobertura vegetal total ha sido relacionada positivamente con el índice de infiltración de agua (Thurow *et al.*, 1986; Warren *et al.*, 1986). Los resultados del presente estudio son constantes también con la mayoría de otros estudios con ganado bovino, donde la infiltración aumenta con la disminución de la presión de pastoreo (Frost *et al.*, 1996; Hatch y Tainton, 1990). Sin embargo, la cobertura foliar no ha sido siempre un buen indicador de la función hidrológica (Weltz *et al.*, 2000).

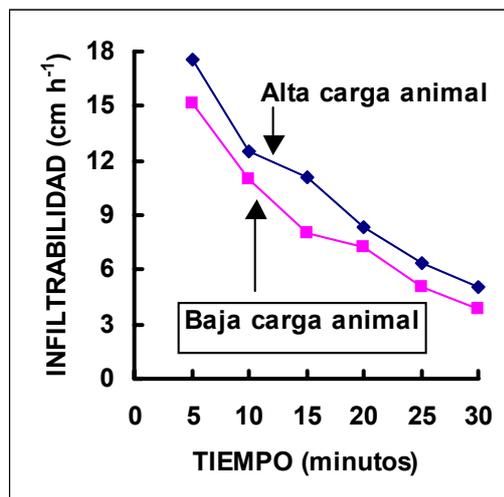


Figura 4.1. Infiltrabilidad promedio para agostaderos con alta o baja presión de pastoreo por cabras en el desierto de Chihuahuense.

La razón para el nulo efecto de la intensidad del pastoreo en las áreas de estudio podría ser que el pastoreo puede tener dos efectos: positivos y

negativos en la infiltrabilidad del suelo. El efecto negativo de la reducida cobertura de la vegetación, particularmente arbustos, en el sitio con alta presión de pastoreo, pudo ser compensado por una mayor deposición de materia orgánica de excretas alrededor de la comunidad rural. La materia orgánica es un factor clave para la infiltración en ambientes xéricos (Wood y Blackburn, 1981). Por otra parte, en los sistemas pastoriles del presente estudio los rebaños de cabras rompen la costra del suelo compactado, y posiblemente mejoran la retención de agua y la emergencia de semillas. El papel importante de las cabras en el rompimiento de la costra del suelo ha sido documentado por Knipe (1983) en un ambiente árido. Además de romper la costra por el impacto de la pezuña, las cabras aumentan la aspereza de la superficie el suelo (Betteridge *et al.*, 1999) y estos cambios pueden reducir el escurrimiento del agua y la pérdida de sedimentos por la reducción de la

energía cinética del agua superficial, además de actuar como trampa para atrapar a las partículas separadas del suelo (Warren *et al.*,1986).

La falta de diferencias en cuanto a la infiltración entre sitios pudo haberse debido a una reducción en la compactación del suelo por las cabras, porque, a diferencia de los bovinos, las cabras pastorean más en superficies desiguales, en áreas elevadas con menos suelo desnudo. Bajo estas circunstancias, el pisoteo fue probablemente menos severo. Por otra parte, la compactación del suelo por rumiantes pequeños en suelos secos no parece ser un problema (Smoliak *et al.*, 1972). Una posible razón adicional para la infiltrabilidad similar entre sitios podría ser los micro poros formados por el sistema radicular de arbustos leñosos en el sitio con baja presión de pastoreo, incluso cuando los arbustos fueron eliminados por pastoreo y pisoteo. El sistema radicular muerto de la gobernadora aumenta el flujo de agua hacia las profundidades del suelo del desierto, vía la raíz que queda después de la muerte de la planta (Devitt y Smith, 2002).

No se presentó una interacción significativa entre la presión de pastoreo y la estación del año, en cuanto a la producción de sedimentos. Por lo tanto, las estaciones fueron combinadas para la discusión del

efecto del pastoreo de la cabra sobre la producción de sedimentos. A pesar de la pérdida marcada de arbustos perennes en el sitio con alta carga animal, lo que aumenta el riesgo de la erosión del suelo, porque los arbustos concentran recursos del suelo en comunidades áridas y semiáridas, la concentración de sedimentos no fue significativamente diferente entre los sitios estudiados (Figura 4.2).

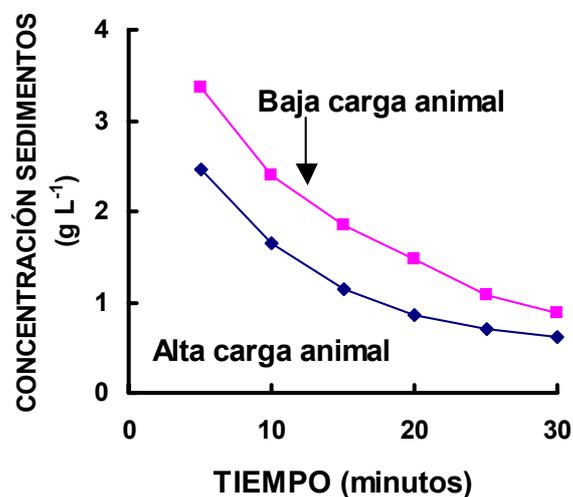


Figura 4. 2. Promedio de la concentración de sedimentos para agostaderos con alta o baja presión de pastoreo por cabras en el desierto Chihuahuense.

Los datos colectados fueron combinados antes y después de la estación lluviosa. Todos los valores para infiltración a diferentes intervalos no son diferentes ($p > 0.05$).

Las altas concentraciones del sedimento al inicio del proceso de escurrimiento son consistentes con los datos de otros estudios (Wilcox y Wood, 1988), e indican una alta disponibilidad de material fácilmente transportable durante el escurrimiento. La falta de efecto de la intensidad de pastoreo sobre la pérdida de suelo contrasta con muchos resultados reportados en la literatura. La mayoría de los estudios han demostrado que una alta carga animal, sin importar el sistema de pastoreo, causan un aumento en la producción de sedimentos (Warren *et al.*, 1986; Thurow *et al.*, 1988b). Otros estudios han mostrado poca o ninguna diferencia en la producción de sedimentos entre laderas semiáridas ligeramente pastoreadas o sin pastoreo (Thompson, 1968; Wilcox y Wood, 1988). El hecho de que no haya existido una mayor producción de sedimentos en el área más desnuda (sitio con mayor presión de pastoreo) se puede relacionar a la semejanza de contenido de materia orgánica del suelo en ambas sitios, como resultado de una deposición más alta de estiércol en el área con mayor carga animal. La gran cantidad de materia orgánica en el suelo causa una mayor estabilidad en las condiciones hidrológicas del suelo, porque la materia orgánica desempeña un papel importante en la unión de las partículas individuales del suelo.

Características del suelo

La carga animal no tuvo efecto sobre el pH del suelo, materia orgánica, nitrógeno mineralizable y contenido de nitrógeno total (Cuadro 2). La concentración del nitrógeno mineral en suelos de agostaderos son a menudo característicamente bajos ($< 5 \text{ mg Kg.}^{-1}$ de $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ y $\text{NH}_3 - \text{N}$; Huntjens, 1971), y de acuerdo con tales observaciones, el nitrógeno mineral en los suelos de las áreas con baja y alta carga animal no excedieron 5 mg kg^{-1} . El contenido similar de nitrógeno en la capa del suelo de 0-30 cm entre los sitios con baja y alta presión de pastoreo, sugiere que el pastoreo de cabras no reduce el nitrógeno del suelo en los ambientes semiáridos. Los resultados del presente estudio son similares a los de Smoliak *et al.* (1972) y Frank *et al.* (1995), quienes reportaron que la alta presión de pastoreo no aumentó el contenido de nitrógeno del suelo, a pesar de la deposición creciente de heces de los animales en pastoreo. Aunque otros estudios han mostrado un incremento del nitrógeno total en el suelo con el aumento de la presión de pastoreo, como resultado del incremento de heces de los animales. La falta de diferencias del pH en el suelo entre los sitios bajo estudio pudo ser debido parcialmente a la alta pérdida de $\text{NH}_3 - \text{N}$ en el estiércol fresco de las cabras. Las pérdidas estimadas de $\text{NH}_3 - \text{N}$ en heces frescas de

ganado han sido de 50% tres días después de la deposición de excretas (Westerman *et al.*, 1985).

En el lugar donde existió mayor carga animal se presentó un alto contenido de materia orgánica en el suelo en los primeros metros de distancia de la comunidad rural. A medida que la distancia se fue ampliando, la materia orgánica fue disminuyendo (Figura 4. 3). En el sitio con baja carga animal se presentó una asociación cuadrática entre la distancia de la comunidad rural y el contenido de materia orgánica.

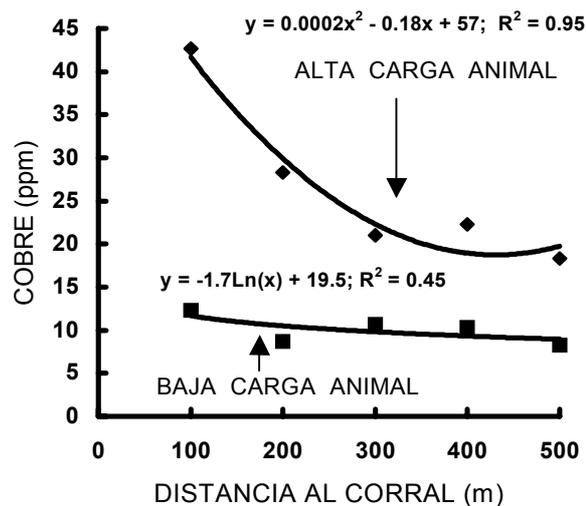


Figura 4. 3. Concentración de materia orgánica alrededor de las comunidades rurales con alta y baja densidad de cabras.

El sitio con alta presión de pastoreo presentó 77% más fósforo ($p < 0.05$) que el sitio con baja densidad de cabras. Los niveles de fósforo

fueron más altos cerca de los corrales de las cabras, y estos valores declinaron con el incremento de la distancia con relación a los corrales de las cabras (Figura 4. 4).

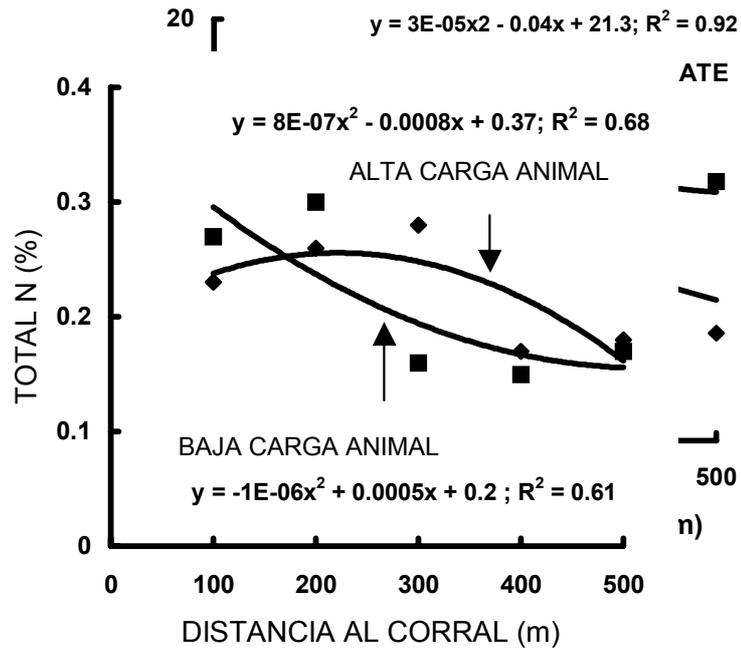


Figura 4. 4. Relación del contenido de fósforo del suelo en función del sitio del agostadero con relación a la distancia de la comunidad rural.

En la figura 4. 5. se muestra la relación del nitrógeno total con sitios del agostadero a diferentes distancia de las comunidades rurales. En general, tanto en las áreas con alta y baja densidad de cabras se presentó una mayor concentración de este elemento cerca de los corrales de las cabras.

Figura 4. 5. Relación del nitrógeno total con sitios del agostadero a diferentes distancias de las comunidades rurales.

En el caso del cobre, con una carga animal alta la concentración de este elemento en el suelo tendió a aumentar en las proximidades de la comunidad rural (Figura 4. 6). Con una baja carga animal se notó una tendencia leve a disminuir el cobre a medida que se incrementaba la distancia de los sitios del agostadero con relación al corral de las cabras. El aumento marcado de fósforo en el suelo en las áreas con alta presión de pastoreo parece ser los resultados de una mayor concentración de heces de cabras en el suelo, alrededor de las comunidades rurales. Además, el desplazamiento de los animales puede influenciar la redistribución del estiércol por el agostadero. Por otra parte, las pérdidas de este elemento por escurrimiento en agostaderos del desierto Chihuahuense son muy pequeñas (Schlesinger *et al.*, 1999).

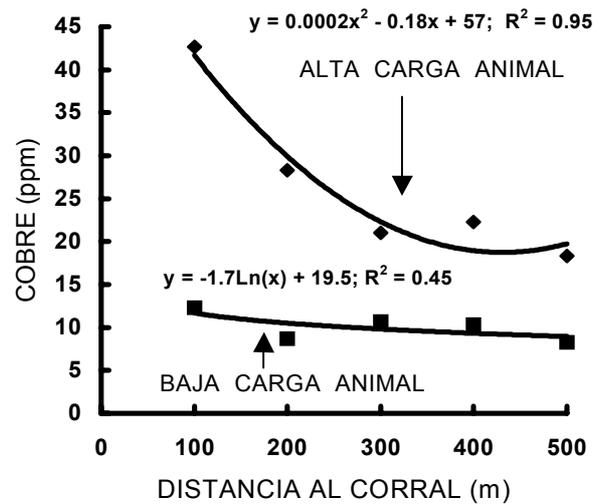


Figura 4.6. Relación del contenido de cobre del suelo en función del sitio del agostadero con relación a la distancia de la comunidad rural.

En los suelos del sitio con alta carga animal las concentraciones de cobre en el perfil 0-30 cm fue 163% más alto ($p < 0.05$), comparado con el sitio con baja carga animal. Similar al fósforo, la acumulación de estiércol alrededor de las comunidades rurales dio lugar a una disminución gradual de cobre en el suelo, a medida que se incrementaba la distancia con relación a los corrales de las cabras (Figura 4. 3).

La reducción de la cobertura de gobernadora cerca de los corrales de las cabras posiblemente contribuyó a la acumulación de Cu en rededor de los corrales de estos animales, porque estos arbustos son capaces de

absorber una alta cantidad de cobre (Gardea-Torresdey *et al.*, 2001). El impacto de la concentración de las cabras en los terrenos cercanos a las comunidades rurales fue evidentemente en el presente estudio, reduciéndose la cobertura vegetal e incrementándose la concentración de algunos minerales. La tendencia de las cabras a ramonear principalmente alrededor de las áreas cerca de los corrales conduce al desarrollo de un área con un alta proporción de suelo desnudo, que recibe gran producción de excreta y pisoteo. La concentración de minerales y materia orgánica alrededor del corral de las cabras refleja el agotamiento en los niveles de estos materiales en los suelos circundantes, creando un flujo de los nutrientes del agostadero hacia los corrales de las cabras. El rompimiento del ciclo de los nutrientes por el pastoreo tradicional de las cabras en los agostaderos del norte de México tiene implicaciones importantes para la estabilidad a largo plazo del ecosistema

El potasio fue 15% más alto ($p < 0.05$) en el sitio con baja presión de pastoreo que en el sitio con alta carga animal (Cuadro 4. 2).

Los promedios en una hilera seguidos por una letra distinta, difieren ($p < 0.05$).

La concentración más baja de K del suelo en el sitio con alta carga animal refleja probablemente pérdidas de K por escurrimiento.

Cuadro 2. Propiedades del suelo a 30 cm de profundidad, en agostaderos sujetos a alta y baja presión de pastoreo por las cabras, en un terreno del desierto Chihuahuense. Los datos son medias \pm error estándar.

Propiedades del suelo	Alta carga animal	Baja carga animal
PH	8.1 \pm 0.08 ^a	8.1 \pm 0.05 ^a
Materia orgánica	3.2 \pm 0.35 ^a	3.5 \pm 0.30 ^a
Nitrogeno total (%)	0.23 \pm 0.03 ^a	0.23 \pm 0.02 ^a
NH ₄ ⁺ -N (mg kg ⁻¹)	3.8 \pm 0.46 ^a	4.6 \pm 0.13 ^a
NO ₃ - N (mg kg ⁻¹)	0.8 \pm 0.43 ^a	0.4 \pm 0.15 ^a
Fósforo (Olsen) (mg kg ⁻¹)	15.9 \pm 1.9 ^a	9.0 \pm 1.51 ^b
Potasio (ppm)	131.7 \pm 4.5 ^a	150.9 \pm 5.3 ^b
Sodio (ppm)	196.8 \pm 36.2 ^a	147.4 \pm 72.9 ^a
Magnesio	175.8 \pm 0.58 ^a	179.2 \pm 0.58 ^b
Cobre	26.5 \pm 4.4 ^a	10.06 \pm 0.72 ^b

Los datos reportados en el presente estudio demuestran una reducida cobertura foliar total en las áreas con alta densidad de cabras, presentándose un 71% de suelo desnudo. Esta condición y el hecho de que la cobertura de arbustivas fue reducido severamente, lo que implica una acumulación más baja de K (este elemento se acumula debajo de los arbustos del desierto; Schlesinger *et al.*, 1996), podría conducir a la disminución de K en el sitio sujeto a una alta intensidad de pastoreo. Schlesinger *et al.* (2000) han documentado una ganancia neta anual de diversos componentes del suelo en el desierto Chihuahuense, excepto K, lo que apoya la noción de altas

perdidas de K por lixiviación en estos ecosistemas, a pesar de la adición importante de K al suelo a través de orina de las cabras (Haynes y Williams, 1992). Una gran cantidad de K se recicla a través de la orina, pero un alto potencial de pérdida de cationes se asocia con la lixiviación de NO_3^- en suelos con abundante deposición de orina (Carran y Theobald, 2000).

CONCLUSIONES

Este estudio mostró que, bajo sistemas tradicionales de pastoreo en zonas áridas del norte de México (rebaños grandes pastoreando en agostaderos comunales y alojamiento nocturno en corrales permanentes), los altos y crónicos niveles de herbivoría por las cabras causa una reducción drástica de la cobertura de la vegetación del desierto Chihuahuense. Estos datos también demuestran que el nivel actual de utilización de tierras comunales con un alto número de cabras (1.5 ha por cabra) esta más allá de la capacidad de carga de este ecosistema. A pesar de la reducción marcada en la cobertura de la vegetación en el sitio de sobrepastoreo, el índice de ganado y el pisoteo por las cabras no afectó ningún índice de infiltración ni pérdidas de suelo. Los resultados de este estudio también indican que la explotación a largo plazo de cabras bajo condiciones extensivas con corrales permanentes cambia no solamente la cobertura de los arbustos drásticamente, sino que también algunos de los minerales del perfil 0-30, cerca de las comunidades rurales. En general, este estudio indica que la alta intensidad de defoliación por las cabras a largo plazo hace a este ambiente más

propenso a la disminución de arbustivas, a la concentración de ciertos minerales en los alrededores de las comunidades rurales, sin que se afecte la infiltración y pérdida de suelo por escurrimiento.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en dos comunidades rurales adyacentes en el Noreste de México. La presión de pastoreo durante el periodo de estudio fue de 15 ha / cabra en el sitio con baja carga animal, y de 1.5 ha / cabra en el sitio con alta intensidad de pastoreo. Se evaluó el impacto de la presión de pastoreo de las cabras sobre la cobertura vegetal, infiltrabilidad y propiedades del suelo en un matorral parvifolio inerme. La cobertura aérea de todas las especies de plantas en los sitios bajo estudio fue determinada durante tres estaciones en 1999 y tres estaciones en el 2000. en ambos sitios se colocaron 5 transectos en línea recta de 500 m, los cuales fueron marcados con varillas metálicas colocadas a 50 m. La precipitación fue simulada en los sitios con alta y baja densidad de cabras en el otoño de 1999 y primavera del 2000, utilizándose un simulador de precipitación portátil en parcelas de forma cuadrada de 0.14 m² en tamaño. La concentración de sedimentos fue cada 5 minutos durante la precipitación simulada. Para determinar las propiedades químicas, un total de 50 muestras fueron tomadas a una profundidad de 30 cm, secadas al aire y la tierra cribada a

través de un tamiz de 2.0 mm. El N total fue determinado por un electrodo de cristal en una mezcla de 1: 1 (suelo: agua). Todos los minerales excepto el fósforo fueron determinados por espectrofotómetro de absorción atómica. Los resultados señalan que la gobernadora mostró claramente una respuesta negativa (reducida cobertura aérea) a la alta carga animal de las cabras. El mezquite también fue afectado negativamente por el exceso de presión de pastoreo, presentándose un efecto positivo en el caso de la lechuguilla ($P < 0.05$). La presión de pastoreo no afectó ningún índice de infiltración ni pérdidas de suelo. El sitio con alta presión de pastoreo presentó 77% más fósforo ($P < 0.05$) que el sitio con baja densidad de cabras. Se concluyó que la alta intensidad de defoliación por las cabras durante décadas hace a este ambiente más propenso a la disminución de arbustivas, a la concentración de ciertos minerales en los alrededores de las comunidades rurales, sin que se afecte la infiltración y pérdida de suelo por escurrimiento.

LITERATURA CITADA

- Aguiar, M.R. and Lauenrath, W.K. 2001. Local and regional differences in abundance of co-dominant grasses in the shortgrasses in the shortgrass steppe: a modeling analysis of potential causes. *Plant Ecol.* 156: 161-171.
- Angell, D.L. and McClaran M.P. 2001. Long-term influences of livestock management and a non-native grass on grass dynamics in the Desert Grassland. *J. Arid Environ.* 49: 507-520.
- Bartos, D.L and Sims, P.L. 1974. Root dynamics of the shortgrass ecosystems. *J. Range Manage.* 27: 33-36.
- Betteridge, K., Mackay, A.D., Barker, D.J., Shepherd, T.G., Budding, P.J., Devantier, D.P. and Costall, D.A. 1999. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. *Australian J. Soil Res.* 35: 743-760.
- Biondini, M.E. and Manske, L. 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA. *Ecol. Applic.* 6: 239-256.
- Brown, J.R. and Archer, S. 1999. Shrub invasion of grassland: Recruitment is continuous and not regulated by herbaceous biomass or density. *Ecology* 80: 2385-2396.
- Canfield, R.H. 1942. Application of the line interception method of sampling range vegetation. *J. Forestry* 39: 388-394.
- Carran, R.A. and Theobald, P.W. 2000. Effect of excreta return on properties of a grazed pasture soil. *Nutr. Cycl. Agroecos.* 54: 79-85.
- Coffin, D.P. Lauenroth, W.K. and Burke, I.C. 1996. Recovery of vegetation in a semiarid grassland 53 years after disturbance. *Ecol. Applic.* 6: 538-555.
- Dalibard, C. 1995. Livestock contribution to the protection of the environment. *World Anim. Rev.* 84/85: 104-112.

- Devitt, D.A. and Smith, S.D. 2002. Root channel macropores enhance downward movement of water in a Mojave Desert ecosystems. *J. Arid Env.* 50: 99-108.
- Dormaar, J.F. and Willms W.D. 1990. Effect of grazing and cultivation on some chemical properties of soils in the mixed prairie. *J. Range Manage.* 43.
- Dormaar, J.F., Smoliak, S. and Willms, W.D. 1990. Distribution of nitrogen fractions in grazed and ungrazed fescue grassland Ah horizons. *J. Range Manage.* 43: 6-9.
- Dormaar, J.F. and Willms W.D. 2000. A comparison of soil chemical characteristics in modified rangeland communities. *J. Range Manage.* 53: 453-458
- Eneboe, E.J., Sowell, R.k., Heitschmidt, R.K., Karl, M.G. and Haferkamp, M.R. 2002. Drought and grazing: IV. Bluegrama and western wheatgrass. *J. Range Manage.* 55: 73-79.
- Flowler, N.F. 1986. The role of competition in plant communities in arid and semiarid regions. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 17: 89-110.
- Frank, A.B., Tanaka, D.L., Hofmann, L. and Follett, R.F. 1995. Soil carbon and nitrogen of Northern Great Plains grasslands as influenced by long-term grazing. *J. Range Manage.* 48: 470-474.
- Frost, W.E. and Edinger S.B. 1991. Effects of tree canopies on soil characteristics of annual rangeland. *J. Range Manage.* 44: 286-291.
- Fuhlendorf, S.D. and Smeins, F.E. 1997. Long-term vegetation dynamics mediated by herbivores, weather and fire in a *Juniperus-Quercus* savanna. *J. Veget. Sci.* 8: 819-828.
- Gamougoun N.D., Smith, R.P., Wood, M.K., Pieper, R.D. 1984. Soil, vegetation, and hydrolic responses to grazing management at Fort Stanton, New Mexico. *J. Range Manaje.* 37:538-541.
- Gardea-Torresdey, J.L., Arteaga, S., Tiemann, K.J., Chianelli, R., Pingitore, N. and Mackay, W. 2001. Absorption of cooper by creosotebush (*Larrea tridentata*): Use of atomic and X- ray absortion spectroscopy. *Environ. Toxicol. Chem.* 20: 2572-2579.

- Gillen, R.L., Eckroat, J.A. and McCollum, F.T. 2000. Vegetation response to stocking rate southern mixed-grass prairie. *J. Range Manage.* 53: 471-478.
- Grunwaldt, E.G., Pedranl. A.K. and Vich, A.i. 1994. Goat grazing in the arid piedmont of Argentina. *Small Rumin. Res.* 13: 211-216.
- Hart, R.H. 2001. Plant biodiversity on shortgrass steppe after 55 years of zero, light, moderate or heavy cattle grazing. *Plant Ecol.* 155:111-118.
- Hatch, G.P. and Tainton, M.M. 1990. A preliminary investigation of area selective grazing in the Southern Tall Grassveld of Natal. *J. Grassland Soc. South. Africa* 7: 238-242.
- Haynes, R.J. and Williams, P.H. 1992. Changes in soil solution composition and pH in urine-affected areas of pasture. *J. Soil Sci.* 43: 323-334.
- Heitschmidt, R.K., Dowhower, S.L., Pinchak, W.E. and Canon, S.K. 1989. Effects of stocking rate on quantity and quality of available forage in a southern mixed-grass prairie. *J. Range Manage.* 42: 468-473.
- Huntjens, J.L.M. 1971. The influences of living plants on mineralization and immobilization of nitrogen. *Plant and Soil* 35: 77-94.
- Hyder, D.N., Bement, R.E., Remmanga, E.E. and Hervey, D.F. 1975. Ecological responses of native plants and guidelines for management of shortgrass range. USDA Technical Bulletin 1503. Washington, D.C.
- Kipple, G.E. and Costello, D.F. 1960. Vegetation and cattle responses to different intensities of grazing on short grass ranges on the central Great Plains. USDA Technical Bulletin 1206. Washington, D.C.
- Knipe, O.D. 1983. Effects of Angora goat browsing on burned-over Arizona chaparral. *Rangelands* 5: 252-255.
- Krzic, M., Broersma, K., Thompson, D.J. and Bomke A.A. 2000. Soil properties and species diversity of grazed crested wheatgrass and native rangelands. *J. Range Manage.* 53: 353-358.

- Lamprey, H.F. 1981. IPAL. Woodland ecology program: summarized account, IPAL. Technical report No. A5, Unesco, Nairobi, Kenya. pp. 280-318.
- Lamprey, H.F. and Yussuf, H. 1981. Pastoralism and desert encroachment in northern Kenya. *Ambio* 10: 131-134.
- Manzano, M.G. and Navar, J. 2000. Processes of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscrub (matorral) in north-eastern Mexico. *J. Arid Environ.* 44: 1-17.
- Manzano, M.G., Navar, J., Pando-Moreno, M. and Martinez, A. 2000. Overgrazing and desertification in northern Mexico: Highlights on northeastern region. *Annals Arid Zone* 39: 285-304.
- Mapfumo, E., Chanasyk D.S., Baron V.S. and Naeth M.A. 2000. Grazing impacts on selected soil parameters under short-term forage sequences. *J. Range Manage.* 53:466-470.
- McConnell, B.R. and Smith, J.G. 1977. Influence of grazing on age-yield interactions in bitterbrush. *J. Range Manage.* 30: 91-93.
- Mellado, M., Foote, R.H., Rodriguez, A. and Zárate, P. 1991. Botanical composition and nutrient content of diets selected by goats grazing on desert grassland in northern Mexico. *Small Rumin. Res.* 6: 141-150.
- Mellado, M., Valdéz, R. Lara, L.M. and López, R. 2003. Effects of continuous or rotational goats grazing on vegetation, goat diets and soil properties in a Chihuahuan desert grassland. *J. Arid Environ.* (en prensa).
- Michalk, D.L., Bryness, C.C. and Robards, G.E. 1976. Effects of grazing management on natural pastures in a marginal area of southern Australia. *J. Range Manage.* 29: 380-383.
- Newsome, A.E. and Noble, I. R. 1986. Ecological and physiological characters of invading species. In: Groves, R.H. and Burdon, J.J. (Eds.). *Ecology of Biological Invasions: An Australian perspective*, pp 1-20. Australian Academy of Sciences. Canberra, A.C.T.

- Olsen, S.R., Cole, C.V., and Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA, Circular 939. U.S. Government Printing Office. Washington, D.C.
- Pitt, M.D. and Heady, H.F. 1979. The effects of grazing intensity on Annual vegetation. *J. Range Manage.* 32: 109-114.
- SAS Institute Inc. 1989. *SAS/STAT user's guide*. Version 6, 4th Edition. SAS Inst. Inc., Carry, N.C.
- Schlesinger, W.H., Abrahms, A.D Parson, A.J. and Wainwright, J. 1999. Nutrient losses in runoff from grassland and shrubland habitats in Southern New Mexico: I. Rainfall simulation experiments. *Biogeochemistry*, 45: 21-34.
- Schlesinger, W.H., Raikes, J.A., Hartley, A.E. and Cross, A.F. 1996. On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems. *Ecology* 77: 364-374.
- Schlesinger, W.H., Ward, T.J. and Anderson, J. 2000. Nutrient losses in runoff from grassland and shrubland habitats in southern New Mexico. II. Field plots. *Biogeochemistry* 49: 69-86.
- Schuman, G.E., Reeder, J.D., Manley, J.T., Hart, R.H. and Manley, W.A. 1999. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed- grass rangeland. *Ecol. Applic.* 9: 65-71.
- Severson K.B. and DeBano, L.F. 1991. Influence of Spanish goats vegetation and soils in Arizona chaparral. *J. Range Manage.* 44:111-117.
- Shartff, A.R., Biondini M.E. and Grygiel, C. 1994. Grazing intensity effects on litter decomposition and soil nitrogen mineralization. *J. Range Manage.* 47:444-449.
- Smoliak, S. 1974. Range vegetation and sheep production at 3 stocking rates on *Stipa- Boutelohua* prairie. *J. Range Manage.* 27: 23-26.
- Smoliak, S., Dormaar, J.f. and Johnston, A. 1972. Long-term grazing effects on *Stipa- Boutelohua* prairie soils. *J. Range Manage.* 25: 246-250.

- Steel, R.G.D. and Torrie, J.H. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Co. N.Y.
- Taylor Jr., C.A., Ralphs, M.H. and Kothmann, M.M. 1997. Technical note: Vegetation response to increasing stocking rate under rotational stocking. *J. Range Manage.* 50: 439-442.
- Thompson, J.R. 1968. Effect of grazing on infiltration in a western watershed. *J. Soil .Water Conserv.* 23: 63-65.
- Thurow, T.L., Blackburn, W.H. and Taylor Jr., C.A. 1986. Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems. Edwards Plateau, Texas. *J. Range Manage.* 39: 505-509.
- Thurow, T.L., Blackburn, W.H. and Taylor Jr., C.A. 1988^a. Some vegetation responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *J. Range Manage.* 41: 108-114.
- Thurow, T.L., Blackburn, W.H. and Taylor Jr., C.A. 1988^b. Infiltration and interrill erosion responses to selected livestock grazing strategies, Edwards Plateau, Texas. *J. Range Manage.* 41: 296-302.
- Thurow, T.L. and Husein, A.j. 1989. Observation responses to improved grazing systems in Somalia. *J. Range Manage.* 42:16-18.
- Tiver, F. and Andrew, M.H. 1997. Relative effects of herbivory by sheep, rabbits, goats and kangaroos on recruitment and regeneration of shrubs and trees in eastern south Australia. *J Appl. Ecol.* 34: 903-914.
- Tsiouvaras, C.N., Havlik, N.A. and Bartolome, J.W. 1989. Effects of goats on understorey vegetation and fire hazard reduction in the coastal forest in California. *Forest Sci.* 35: 1125-1131.
- Van Devender, T.R. 1990. Late quaternary vegetation and climate of the Chihuahuan desert, United States and Mexico. In: Betancourt, J.I. Van Devender, T.R. and Martin, P.S. (Eds), *Packrat Middens: the last 40,000 years of biotic change*, pp. 104-133. Tucson, AZ. The University of Arizona Press.
- Vasek, F.C. 1980. Creosote bush: long-lived clones in the Mojave desert, *American J. Botany* 67: 246-255.

- Warren, S.D., Blackburn, W.H. and Taylor Jr., C.A. 1986. Effects of season and stage of rotational cycle on hydrologic condition of rangeland under intensive rotation grazing. *J. Range Manage.* 39: 486-491.
- Webb, R.H., Stielstra S.S. 1979. Sheep grazing effects on Mojave Desert vegetation and soils. *Environ. Manage.* 3:517-520
- Weigel, J.R., McPherson, G.R. and Britton, C.M. 1989. Effect of short-duration grazing on winter annuals in the Texas Rolling Plains. *J. Range Manage.* 42: 372-375.
- Weltz, L., Frasier, G. and Weltz, M. 2000. Hydrologic responses of shorgrass prairie ecosystems. *J. Range Manage.* 53: 403-409.
- Westerman, P.W., Safley Jr., L.M., Barker, J.C. and Chescheir, G.M. 1985. Available nutrients in livestock waste. *Agriculture Waste Utilization and Management. Proc. Fifth Symposium on Agricultural Wastes, December 16-17, Chicago, III.*
- White, M.R., Pieper, R.D., Donart G.B. and White L.T. 1991. Vegetational response to short-duration and continuous grazing in Southcentral New Mexico. *J. Range Manage.* 44: 399-403.
- Wilcox, B.P. and Wood, M.K. 1988. Hydrologic impacts of sheep grazing on steep slopes in semiarid rangeland. *J. Range Manage.* 41: 331-335.
- Wood, M.K. and Blackburn, W.H. 1981. Grazing systems: their influence on infiltration rates in Rolling Plains of Texas. *J. Range Manage.* 34: 303-306
- Yates C.J., Norton, D.A., Habbs, R.J. 2000. Grazing effects on plant cover, soil and microclimate in fragmented woodlands in South-Western Australia: implications for reforestation, *Austral Ecol.* 25:36-47.