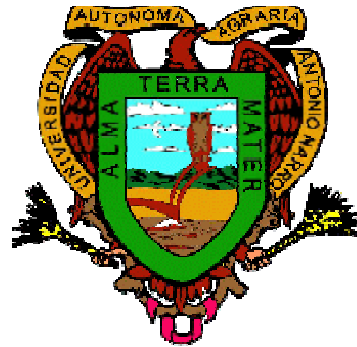


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Correlación entre Apacentamiento Características Físicas
del suelo e Infiltrabilidad en un Pastizal Mediano Abierto**

POR:

ALBERTO GUERRERO RODRÍGUEZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2007**

AGRADECIMIENTOS:

A Dios por permitir la culminación de mis estudios y la realización de este trabajo.

A mis padres Lucía Imelda Rodríguez B. y Alberto Guerrero Hernández por sus grandes sacrificios y esfuerzos mostrados con el fin de que yo saliera adelante.

A mi asesor principal el Dr. Álvaro Fernando Rodríguez Rivera por su gran apoyo, motivación y disposición que mostró durante el desarrollo de este trabajo.

A mi hermana Lucía Guadalupe quien me apoyó mostrando siempre una gran disponibilidad.

A mis asesores por haber hecho posible la culminación de este trabajo Dr. Rubén López Cervantes quien me apoyo además en los análisis de laboratorio y al MC. José Dueñez Alanis por su gran apoyo en el análisis de resultados.

De igual forma agradezco la preciada colaboración de la laboratorista Laura Maricela Lara López, al ayudante de investigación Jesús Cabrera Hernández por su apoyo proporcionado y al dibujante Everardo Reyes Lucio por su apoyo en la realización de las figuras del Rancho Los Ángeles y al Dr. Emilio Rascón Alvarado quien también participó en los análisis en el laboratorio de suelos; a todos ellos mis más sinceros agradecimientos por su disposición de trabajo y amabilidad mostrada.

A todos mis amigos y compañeros de la Universidad por su gran colaboración en el trabajo de campo y por su amistad incondicional, en especial a Agustín, Paola, Yadira, Freddy, Kurt, Jonathan, Florencio, Gabriel, Germán, Jesús Valencia, Sergio Obed, Juan Carlos y Eusebio.

A mi Alma Terra Mater principalmente por su formación como persona que me ha brindado y que me motiva a seguir adelante.

DEDICATORIA

A mis padres:

Lucía Imelda Rodríguez Bustos. y Alberto Guerrero Hernández.

Dos grandes personas que Dios me regaló y que siempre estuvieron alentándome a seguir adelante con su vivo ejemplo, superando siempre los retos y problemas que la vida presenta.

A mis hermanos:

Mayra Yaneth, Miriam Berenice, Pedro Guerrero y muy en especial a Imelda Abigail y a Lucía Guadalupe,

Quienes siempre me han brindado su fiel apoyo y cariño.

A mis grandes amigos:

Liliana Paola Ordoñez Morales, Agustín Hernández Hernández, Yadira del Rosario Alcudia, y a Pablo Kurt Solís Estrada.

De quienes recibí siempre su amistad y comprensión.

Y especialmente:

A mi Dios por haberme dado la oportunidad de existir, y descubrir las cosas grandiosas que da la vida.

RESUMEN

El presente estudio se realizó en el Rancho "Los Ángeles" propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en uno de los potreros del Ejido "Tanque de Emergencia" el cual colinda con el rancho mencionado anteriormente.

El objetivo del trabajo fue determinar la influencia del pastoreo animal sobre los factores de infiltración y compactación del suelo; así como su relación con los procesos de desertificación; para lo cual se seleccionó una línea de estudio en perfiles similares del rancho y del ejido. Cada línea consistía en nueve pruebas de infiltrabilidad haciendo un total de 18 determinaciones por las dos líneas. Este procedimiento se realizó en dos épocas distintas que fueron a inicio y a término de primavera, así mismo se realizaron dos muestreos de suelos por cada punto de infiltración, los sitios de estudio fueron ladera, pie de monte y valle respectivamente para el rancho y el ejido. Las variables consideradas para determinar las características físicas fueron textura, densidad aparente (D_a), compactación y espacio poroso (E); se tomó en cuenta de igual forma la determinación de contenido de materia orgánica del suelo.

Se concluyó que las mejores tasas de infiltración se observan en los sitios valle con 31.60 cm/hr y pie de monte con 29.8 cm/hr ambos sitios con pastoreo controlado, los cuales conllevan mayores coberturas vegetales 68.58 y 64.58% para los dos sitios respectivamente, menor contenido de arcillas con un 29.63 % para el sitio pie de monte con pastoreo controlado. De igual manera los valores más bajos de D_a para los tres sitios se registraron en el Rancho Los Ángeles, los cuales indican menor nivel de compactación del suelo. El suelo del ejido presentó más problemas de desertificación por el sobrepastoreo.

ÍNDICE

Agradecimientos.....	i	....
.....	ii	
Dedicatoria.....	iii	....
.....		
Resumen.....	1	....
.....	3	
.....	3	
INTRODUCCIÓN.....		..
.....	4	
Objetivo.....	4	....
.....	4	
Hipótesis.....	4	....
.....	4	
.....	4	
REVISIÓN DE LITERATURA	6	
.....	6	
Características físicas del suelo.....	7	
.....	7	
Sedimentación.....	7	..
.....	7	
Consideraciones de la infiltración.....	8	
Definición.....	10	
.....	17	
Generalidades.....	18	....
.....	18	
Técnicas para estimar la infiltración.....		..
Cilindros.....	19	....
.....		
Simuladores de lluvia.....	21	
.....	21	
Infiltrómetros.....	21	....
.....	21	
Formas de expresión de la infiltración.....	21	..
Factores que afectan la infiltración.....		..
Infiltrabilidad.....		....
.....		
Efectos del apacentamiento en el proceso de infiltración.....		
Impacto de la intensidad del apacentamiento sobre el flujo de carbón y nitrógeno de los pastos.....		
Impactos del apacentamiento sobre el fósforo y nitrógeno del suelo.....		
Impactos de apacentamiento no selectivo sobre las		

Propiedades del suelo.....			
MATERIALES Y MÉTODOS.....			
Localización geográfica.....			
Topografía.....			
.....			
Geología.....			
.....			
Suelos.....			
.....			
Hidrología.....	22	.....
.....	22		
Clima.....	22	..	
.....	222		
Vegetación.....	3	..	
.....	23		
Infraestructura.....		...	
.....	23		
Sitio estudio.....	23	de	
Ejido "Tanque Emergencia".....	24	..	
.....	24	de	
Metodología para la determinación de los factores de evaluación.....	25		
.....	25	.....
.....	26		
Proceso infiltrabilidad.....	26	de	
.....	26		
Estimación de características del suelo.....	27	.	
Densidad aparente.....	29		
Contenido de orgánica.....	30	teria	
.....	30		
Textura.....	32	....
.....			
.....	33		
pH.....		.....
.....	42		
Espacio poroso.....			
Determinación infiltrabilidad.....		de	
Materiales laboratorio.....		de	

Análisis estadístico.....	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	
Infiltración al inicio de primavera.....	
Infiltración al término de primavera.....	
CONCLUSIONES.....	
.....	
LITERATURA CITADA.....	
ANEXO.....	
.....	

Índice de figuras

Figura 1. Fisiografía del “Rancho los Ángeles”.....	42
.....	43
Figura 2. Hidrología del “Rancho los Ángeles”.....	44
Figura 3. Vegetación del “Rancho los Ángeles”.....	45
Figura 4. Infraestructura del “Rancho los Ángeles”.....	46
Figura 5. Lugar de muestreo.....	47
Figura 6. Tasas de infiltración en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a inicio de primavera en el Municipio Saltillo.....	47 ..
.....	48

Figura 7. Tasas de infiltración en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a término de primavera en el Municipio Saltillo.....
.....

Figura 8. Tasas de infiltración final en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a inicio y término de primavera en el Municipio Saltillo.....

Índice de cuadros

Cuadro 1. Valores medios de cobertura vegetal y pedregosidad en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.....

Cuadro 2. Valores medios del porcentaje de materia orgánica en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.....

Cuadro 3. Valores medios de textura del suelo en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.....

Cuadro 4. Valores medios de Da y porosidad del suelo en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.....

INTRODUCCIÓN

Los factores que comprueban el incremento del escurrimiento y la erosión de las cuencas hidrológicas son consecuencia de interacciones muy complejas entre vegetación y características de suelo. Así por ejemplo la condición hidrológica se refleja por las tasas de infiltración y erosión inter montana, la cual integra estos factores de suelo y vegetación.

Se ha demostrado que la intensidad de pastoreo altera las características de la superficie del suelo y de vegetación en una amplia variedad de ecosistemas. El incremento de la población humana ha ocasionado que deba incrementarse la producción de carne en los pastizales naturales, lo cual ha resultado en un incremento de la intensidad, frecuencia y severidad de defoliación, que a su vez redundan en la disminución de la estabilidad relativa que debe existir entre disturbancia y recuperación del recurso.

Se ha estudiado que el decrecimiento en cobertura vegetal así como un cambio en la composición de especies de gramíneas perennes a herbáceas, ocurre como consecuencia del incremento de la intensidad del apacentamiento. Por otro lado la tendencia sucesional en las comunidades de las plantas son proporcionales a la intensidad de pastoreo, con lo cual ocurren severos cambios bajo pastoreo de carga animal alta.

Las características hidrológicas de los pastizales están positivamente correlacionados a cobertura vegetal y producción de forraje en pié.

El hábito de crecimiento de la vegetación también es una importante determinante de la hidrología de pastizales con escurrimiento y erosión bajo los árboles, seguido en disminución de herbáceas, gramíneas rizomatosas y suelo desnudo.

Posteriormente los cambios en la composición de especies resultan en la remoción de plantas perennes, estos son especialmente indicadores de la condición del pastizal, ya que su declinación está comúnmente asociada con un incremento de la erosión.

La variación estacional de la precipitación puede interactuar con el pastoreo para alterar la condición hidrológica de los pastizales.

En la mayoría de los suelos el pisoteo ha demostrado que reduce las tasas de infiltración debido a la promoción de la compactación de los suelos.

El manejo del pastoreo en tierras comunales de zonas áridas y semi áridas es afectado por una serie de diversos factores que hacen difícil la conservación de suelo y agua

El uso del recurso natural en los ecosistemas de los estados del norte de México por las diversas especies animal existentes en el pastizal dado las características de pastoreo transhumante en el medio rural en los estados del norte de México es inadecuado, lo cual ha ocasionado que el ecosistema vaya en detrimento del mismo, consecuencia de ello el desarrollo sustentable de la región no se ha cuidado.

Los estudios al respecto en la determinación de la capacidad de infiltrabilidad de los recursos naturales es desconocido ya que las últimas investigaciones realizadas en Coahuila datan de los años ochentas, pero no en relación a determinar el efecto del pisoteo animal en las características de suelo y vegetación.

La justificación del presente estudio se basa en el creciente deterioro del pastizal dada la mentalidad utilitarista por el recurso a través del hocico del animal, esto es, el hacer uso del pastizal solamente de extracción y no devolver al ecosistema a través de acciones que permita la recuperación del mismo, ya sea por sí sólo o por medio de las acciones del ser humano.

Llegar a determinar la capacidad de infiltrabilidad de los potreros a nivel ejidal, permitirá diseñar programas de utilización apropiada del recurso pastizal por ende llevar a cabo un desarrollo sustentable del ecosistema en el sureste de Coahuila.

Objetivo

Determinar la influencia del pastoreo animal sobre los factores de infiltración y las características físicas del suelo, así como su relación con los procesos de desertificación, para lo cual se medirá la infiltrabilidad y compactación en el suelo en un gradiente en dos comunidades de vegetación distintas

(gobernadora-hojasén y gramíneas) con uso ganadero diferente en el Rancho "Los Ángeles" y Ejido "Tanque de Emergencia".

Hipótesis

Se dará un mayor grado de compactación en función de la carga animal, asimismo las tasas de infiltración serán mayores en función del grado de uso del pastizal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Características Físicas del Suelo

Sedimentación

Según Gifford (1984), la producción de sedimentos es el resultado del proceso conocido como erosión y está en función de la topografía, el clima y el suelo, estos sedimentos son una mezcla heterogénea de material orgánico y mineral en diferentes tamaños de partículas con una variedad de propiedades químicas y naturales.

Según Mitchel y Bubbenzer (1984), la sedimentación se define como la salida total de partículas de suelo de una cuenca, las cuales son depositadas en un punto de evaluación y deben diferenciarse del proceso de erosión y del concepto pérdida de suelo.

Consideraciones de la Infiltración

Definición

Movimiento o paso del agua a través de la superficie del suelo (Vélez y col., 2002), lo cual es un proceso más importante en los estudios relacionados con el manejo de pastizales, ya que las tasas de infiltración o como se definió anteriormente, cantidad de agua absorbida por el suelo por unidad de tiempo, determinan el contenido de humedad en el suelo, lo cual es un parámetro muy importante que puede satisfacer o no las necesidades hídricas para el mejor desarrollo de las plantas (Wood y Blackburn, 1981b).

Generalidades

La infiltración es un proceso por medio del cual el agua pasa del medio ambiente externo al interior del suelo a través del mismo. (Gutiérrez y Dueñez, 1988). Por otra parte la tasa de infiltración es la cantidad de agua absorbida por el suelo por unidad de tiempo (Branson y col., 1981).

Es muy común la utilización de la tasa de infiltración en gran parte de los estudios que se relacionan con la infiltración y se ha determinado que está en función del porcentaje de humedad contenida en el suelo en un momento

determinado, siendo por lógica la tasa de infiltración, mayor, cuando el suelo está seco y por lo tanto menor cuando aumenta el contenido de humedad del suelo, hasta llegar a un valor final y muy pequeño denominado infiltración básica, o infiltración final. (Hillel, 1971), señalan que el conocimiento de los procesos de infiltración se determina por las propiedades del suelo y por la eficiencia del manejo del agua y del suelo.

Horton (1933), menciona que la capacidad máxima de infiltración para cualquier evento dado ocurre al comienzo de la misma, y generalmente la tasa de infiltración es alta cuando el suelo está seco, y decrece rápidamente debido a los cambios de estructura de la superficie del suelo por el incremento de contenido de humedad del suelo.

El porcentaje de humedad disponible para las plantas está en función del proceso de infiltración, además juega un papel importante en la cantidad de agua que pueda producir una cuenca bajo condiciones de aridez, por lo cual su conocimiento básico para un manejo eficiente del suelo y agua (Hillel, 1971; Gutiérrez y col., 1979).

La capacidad del suelo de absorber el agua de lluvia es lo más importante en la producción de forraje y en el control de la erosión en las épocas de avenidas. Las características del suelo y del pasto así como del apacentamiento por manejo de ganado y su acción sobre la cobertura vegetal, son los factores más importantes en la determinación de la infiltración. Estos factores asociados con el clima predominante de la región, determinan la cantidad de lluvia que podrá ser absorbida y retenida por el suelo (Giordanengo y col., 2003).

La infiltración juega un papel muy importante en la determinación de la cantidad de agua que puede producir una cuenca como recarga de humedad en el suelo (Kramer, 1969). Además, las tasas de infiltración, determinan la cantidad de agua que entra en el suelo, así como también la cantidad de exceso de lluvia que producirá escurrimiento, por eso el conocimiento del proceso de infiltración es necesario para el manejo eficiente del agua y del suelo (Gutiérrez y col., 1979).

Gutiérrez y col. (1986), señala que la infiltración en el pastizal mediano abierto del Rancho "Los Angeles" es influenciada por el porcentaje de materia orgánica, contenido de humedad y porcentaje de arena. Cuando la intensidad de la lluvia de un evento de precipitación, excede la infiltración del suelo en un

tiempo dado se genera un exceso de agua en la superficie que causa el escurrimiento superficial al rebasar el micro relieve en el sentido de la pendiente (Gutiérrez y col., 1996).

Dee y col. (1966), encontraron que los rangos de infiltración varían para las diferentes comunidades de plantas, en áreas dominadas por *Bouteloua gracilis*, absorbieron mayor cantidad de agua en dos horas (21.33cm.), que en otras áreas donde crecieron hierbas anuales y otros zacates como *Chloris verticillata* Nutt. (14.22cm.), y *Buchloe dactyloides*. (12.29 cm), además, menciona que la profundidad de la infiltración fue mayor en las especies *Andropogon sacharoides* (6.17 cm/hr), *Sporobolus cryptandrus* (5.28 cm/hr) y *Bouteloua gracilis* y menor en *Buchloe dactyloides* (2.13cm/hr) y otras especies.

Técnicas Para Estimar la Infiltración

Dentro de los métodos más comunes y sencillos para la determinación, podemos mencionar los siguientes:

1) Estudios de parcela, donde se encuentran los estudios mediante lisímetros, parcelas de inundación en áreas confinadas y los llamados mecanismos de aspersión (Wood y Blackburn, 1981b);

1) Simuladores de lluvia.

2) Infiltración bajo lluvia natural.

Diversos Tipos de Estudio a de Infiltración a Nivel de Cuencas Hidrológicas

Cilindros

Método que consiste en el empleo de anillos de los cuales existen muy diversos tamaños, los cuales son enterrados a una profundidad aproximada de entre 5 a 60 cm., dependiendo de las características físicas del suelo.

Simuladores de Lluvia

Técnica que aplica agua en parcelas, de manera similar a la lluvia natural, es una herramienta que ha sido usada por muchos años en estudios de erosión, infiltración y escarmiento (Neef, 1979).

Infiltrómetros

Existen de tipo inundación los cuales producen una infiltración constantemente mayor que los tipos de simulación de lluvia (Musgrave, 1955).

Formas de expresión de la infiltración:

Según Musgrave (1955), la infiltración puede ser expresada en términos de:

a) Tasa de infiltración, b) Tasa de infiltración inicial c) Tasa de infiltración constante, d) Infiltración acumulada

Factores que afectan la infiltración

Según (Musgrave, 1955; Moore, y col., 1979), mencionan que los factores que afectan a la infiltración, se agrupan en las siguientes categorías:

1. Propiedades físicas: textura, estructura, densidad aparente, temperatura, Cobertura del suelo: vegetal, piedras y grava.
2. Propiedades químicas: CIC, PSB, etc.
3. Factores bióticos: Cobertura vegetal, flora en general, fauna, agua en el suelo, (por ciento de humedad, capacidad de retención, etc.).
4. Condiciones climáticas: Estación del año, temperatura, precipitación etc.
5. Fisiografía del área: Pendiente del terreno, etc.

(Moore y col., 1979; Branson y col., 1981), agrupan los factores que influyen en el nivel de infiltración del suelo, en seis categorías siendo estas: a) La cobertura del suelo, con sus porcentajes de hojarasca, piedras y grava; b) Características físicas del suelo de textura, estructura, densidad aparente y contenido de humedad; c) Características químicas del suelo, como es materia parietal, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y contenido de sodio; d) Factores bióticos de tipo de vegetación, cobertura vegetal, densidad de la vegetación, actividad microbiana, tipos y cantidad de fauna en el suelo; e) Condiciones climáticas, estación del año, intensidad, forma y duración de la precipitación, y la velocidad del viento;

f) Fisiografía del área, pendiente del terreno, exposición de la superficie y altitud del lugar.

Infiltrabilidad

Hillel (1971), propuso el término infiltrabilidad del suelo, con el fin de evitar la similitud del término capacidad de infiltración del suelo y lo define como el flujo de agua que entra al suelo cuando el agua a presión atmosférica se encuentra disponible sobre la superficie del suelo.

Al inicio de un evento de precipitación cuando el suelo está seco, la infiltrabilidad es alta y decrece al irse saturando el suelo hasta alcanzar un valor constante; además, cuando el suelo presenta valores altos de infiltrabilidad se reduce el escarmento superficial y la erosión (Tamhane y col., 1981).

Por otra parte Evans (1984), menciona que los suelos con mucha pedregosidad incrementan la entrada de agua a medida que el agua fluye por los bordes de las piedras. La manipulación del tipo de vegetación y la cobertura del suelo pueden determinar la relación suelo-agua y en consecuencia el balance de agua en la cuenca.

El efecto de los eventos de precipitación sobre la infiltrabilidad depende de la intensidad de lluvia, las características de la superficie del suelo y la variación espacial del movimiento del agua dentro del suelo para desplazarse y humedecer capas más profundas y permeables (Dunne y col., 1991). En los bosques templados, la cobertura vegetal y la hojarasca del estrato inferior proporciona una alta protección del suelo disminuyendo los efectos de la precipitación, al retener el escurrimiento en su área de influencia, en el interior o sobre la superficie del suelo; y al favorecer la reserva y la captación de agua en el suelo (Pereira, 1973).

En regiones áridas y semiáridas, la vegetación produce heterogeneidad espacial a nivel de micrositio, cambiando el patrón de flujo de agua, afectando en consecuencia el desprendimiento y pérdida del suelo (Weixelman y col., 1997; Cammeraat y Imeson, 1999; Cerdá 1999; Reid y col., 1999; Valentin y col., 1999). El pastoreo puede afectar el patrón de la cubierta de vegetación, produciendo una erosión más grande del suelo (Wood y Blackburn 1981, 1984;

Braunack y Walker 1985; Naeth y col., 1990; Chanasyk y Naeth 1995). Los efectos del pastoreo incluyen reducción de la biomasa vegetal, compactación del suelo, reducción de la capa vegetal del suelo, y tendencias indeseables en la sucesión de los eventos. Estas tendencias indeseables con frecuencias traen como consecuencia el reemplazo de tipo de zacates, afectando las respuestas a la infiltración del agua (Knight y col. 1984; McCalla y col., 1984; Eckert y col., 1986; Blackburn y col., 1992).

Ajustar la carga animal en el agostadero y permitir un descanso a exclusiones pastoreadas han traído como consecuencia cambios positivos en la condición del pastizal (Anderson y col., 1980). El mejoramiento en la condición del pastizal está asociado al reemplazo de zacates cortos antiguos, por zacates más grandes y más productivos.

Los forrajes perennes reducen la erosión del suelo debido al mantenimiento de la cubierta protectora, la estructura mejorada del suelo, y estabilidad de los agregados y creciente cubierta vegetal en la superficie del suelo. En realidad, muchos estudios de los impactos del pastoreo sobre las propiedades físicas y químicas del suelo han sido realizados sobre zacates perennes. En muchas partes del parque Alamo de Alberta, Canadá, se están usando cortes mecánicos (con cuchillas, por ejemplo) para disponer de especies forrajeras anuales, extendiendo de esta manera la estación de pastoreo (Lagroix-McLean y Naeth 1997), con triticale de invierno y cebada en proceso de convertirse en especies forrajeras comunes (Baron y col., 1993). Sin embargo poco se conoce acerca de los impactos directos del apacentamiento de forrajes anuales sobre los parámetros del suelo.

Además de reducir la cubierta vegetal del suelo e incrementar la densidad bruta del suelo, el daño por las pezuñas del animal incrementa lo abrupto de la superficie (Betteridge y col., 1999).

La invasión de arbustos y la erosión del suelo han sido identificados como los principales procesos de degradación en pastizales semiáridos para agostadero (Friedel 1991). Ambos procesos pueden estar estrechamente relacionados y en general la erosión sigue a la invasión de arbustos (Buffington y Herbel 1965). Schlesinger y col. (1990) sugieren que un sobrepastoreo trae como consecuencia la redistribución de materia orgánica y nutrientes; y es el agente principal responsable de la conversión actual de pastizales previamente productivos a tierras arbustivas con mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr).

En muchos de los pastizales de la Patagonia, el apacentamiento parece haber modificado la vegetación y acelerado los procesos de erosión del suelo (Soriano y col., 1983; Ares y col., 1990). Los cambios en vegetación incluyen el incremento de arbustos de baja calidad forrajera tales como *Mulinum spinosum* y *Chuquiraga avellanedae* (Bertiller 1993; Beeskow y col., 1995) en algunos pastizales originalmente productivos.

El efecto combinado de las deposiciones de excremento y orina con pastoreo de ganado puede alterar la acidez del suelo (Johnston y col., 1971) y la salinidad (Chaneton y Lavado 1996), y puede también incrementar la pérdida de nitrógeno vía volatilización (Holland y Detling, 1990). Además, se sabe que un fuerte pastoreo incrementa la densidad bruta del suelo (Krenzer y col., 1989; Mapfumo y col., 2000) lo cual a su tiempo puede impedir el crecimiento de la raíz.

Efectos del apacentamiento en el proceso de infiltración

Siendo la infiltración una parte muy importante del ciclo hidrológico, se han estudiado los efectos y el impacto que ocasionan los animales domésticos sobre ella, al igual que la relación herbívoro-planta en diferentes sistemas de pastoreo y densidades de carga animal, así como cambios y tratamientos del suelo y vegetación.

Los efectos directos del pastoreo del ganado son ampliamente conocidos e incluye: a) Consumo de biomasa vegetal, b) Pisoteo de plantas incluyendo el bajo crecimiento de algunas partes de la misma y del suelo, c) Entrada de nutrientes y contaminación bacteriana por medio del estiércol y la orina, d) Introducción y dispersión de semillas y otras propagaciones (Tanner, 1991).

(Warren y col., 1986a), en diversas investigaciones realizadas compararon las tasas de infiltración en pastas sujetas a densidades de carga (Ha/UA/año) variables y determinadas por el número de utilización que se le dió a cada potrero más que por la intensidad de carga, en un sistema de pastoreo rotacional intensivo. Los resultados mostraron que de una manera general, las pastas con mayor densidad de carga exhiben la menor tasa de infiltración debido a la compactación que tiene lugar en el terreno por parte del ganado; sin embargo los resultados del trabajo no pueden soportar la hipótesis de que

un incremento en la densidad de carga (Ha/UA/año), manipulando tamaño y/o número de potreros tenga consecuencias hidrológicas que sean significativas. En el sistema de pastoreo de rotación intensiva, la infiltración decrece significativamente después del típico pisoteo periódico de este sistema; el efecto deteriorante del pastizal por parte del ganado generalmente aumenta cuando se incrementa la capacidad de carga y por lógica los daños son mayores cuando el suelo está húmedo.

Busby y Gifford, (1981), señalan que el pastoreo del ganado o de la fauna silvestre altera las tasas de infiltración y propicia los procesos de erosión, causado por la remoción de la cubierta vegetal protectora de la superficie del suelo y compactación del mismo por el pisoteo.

Lusby (1970), encontró que la disminución de la vegetación en áreas apacentadas incrementando la cantidad de suelo desnudo, afectaron las tasas de infiltración e incrementaron los escurrimientos superficiales, con diferencias de hasta un 41 % entre áreas apacentadas y sin apacentar en un sistema rotacional diferido de 4 pastas, en un sistema continuo y en una exclusión al estudiar las tasas de infiltración, la vegetación y el manejo de apacentamiento.

(McGinty y col., 1979), encontraron que la entrada del agua al suelo en el sistema rotacional fue similar al del área excluida y con el apacentamiento continuo se presentó menos de la mitad observada en el sistema de rotación diferida; y encontraron una influencia con la biomasa de las plantas, la densidad aparente, la profundidad del suelo y el micro relieve.

(Blackburn y col., 1981; Busby y Gifford, 1981), señalan que los efectos del uso del pastizal por la remoción de la cubierta protectora del suelo y el pisoteo sobre las propiedades hidrológicas de una cuenca y en un pastizal, tienen un incremento por el impacto de las gotas de lluvia, la disminución del contenido de materia orgánica y de los agregados del suelo, incremento de la costra superficial, dispersión del mantillo y un cambio de las propiedades físicas del suelo, lo cual ocasiona una disminución en la infiltración.

Pluhar y col. (1987), al estudiar el efecto entre los sistemas de apacentamiento continuo con uso moderado, un rotacional diferido y una exclusión sobre la infiltración encontraron que éstas aumentaban a medida que se incrementaba

la cobertura vegetal, el contenido de materia orgánica y la estabilidad de agregados y cuando disminuía la densidad aparente; concluyendo que la condición hidrológica puede variar de acuerdo al sistema de apacentamiento empleado y al efecto del apacentamiento sobre los factores del suelo y vegetación.

Al evaluar los efectos del pastoreo sobre la infiltración, Sánchez (1984), concluyó que las variables del suelo y vegetación con mayor efecto en el proceso fueron los antecedentes de humedad del suelo, la cobertura basal y foliar, fitomasa de zacates, el micro relieve del suelo y el porcentaje de pedregosidad.

Thurow y col. (1986), concluyeron al realizar estudios del efecto del apacentamiento en tres tipos de vegetación que la infiltración está asociada con la cobertura total, contenido de materia orgánica y densidad aparente del suelo. También señalan que la cantidad de cobertura es más importante que el tipo de cobertura, debido a la protección de la estructura del suelo y se promueve la infiltración.

Warren y col. (1986a) señalan diversos análisis sobre las densidades de carga en relación a las tasas de infiltración, ya que en un período de dos años en un pastizal con pastoreo rotacional intensivo, estudiaron las tasas de infiltración al momento de la entrada del ganado a la pasta e inmediatamente después de la salida del mismo, y a la mitad del siguiente período de descanso encontraron que el pastizal amacollado se caracterizó significativamente por las altas tasas de infiltración en comparación con el pastizal mediano abierto. El efecto adverso fue significativo durante el período de sequía o dormancia, pero no durante los períodos del crecimiento activo, siendo las características del suelo significativamente más estables en condiciones hidrológicas durante el período de crecimiento, presentando mayor resistencia al impacto por la actividad del pastoreo.

Naeth y Chanasyk (1995), determinaron que el sobrepastoreo puede producir un profundo impacto sobre el paso del agua al suelo, lo cual influye sobre la infiltración por el pisoteo y la evapotranspiración por los efectos de defoliación. Mencionan que los cambios hidrológicos en pastizales están frecuentemente asociados con sobrepastoreos, aún cuando estos cambios no se incrementen linealmente con intensidades de apacentamiento.

Naeth y col. (1991), al estudiar los efectos de estacionalidad e intensidad de apacentamiento sobre la humedad del suelo a diferentes profundidades y en diferentes épocas del año, señalan que el contenido de agua del suelo fue generalmente reducida por el efecto del apacentamiento, así mismo describen que a altas intensidades se presentó mayor impacto sobre la infiltración que el apacentamiento de baja intensidad, mencionando que la disminución en la humedad de los tratamientos fue el resultado de la combinación entre la reducción de la infiltración y las recargas del perfil del suelo, así como la evapotranspiración.

Schmutz (1971), menciona que durante la época de crecimiento las tasas de infiltración disminuyeron cuando se tuvo un uso intensivo del pastizal atribuible al efecto del apacentamiento al modificar las condiciones del suelo.

Wood y col. (1989), compararon la tasa de infiltración en áreas de apacentamiento con uso continuo, corta duración y sin uso a diferentes distancias del abrevadero (400, 800 y 1200 m), y concluyeron que bajo estos tipos de uso del pastizal la distribución del ganado no afectó significativamente la infiltración.

Savory (1979), menciona que el impacto físico de los animales sobre el terreno no es detrimental a la condición hidrológica de los pastizales áridos, siendo deseable para acelerar el avance de la sucesión vegetal, efecto que se logra por medio de la acción de las pezuñas, al producir el rompimiento de la capa superficial del suelo y permitir con ello una mayor infiltración.

Bubsy y Gifford (1981), al evaluar los efectos de la simulación de uso del pastizal mediante cortes del forraje sobre la infiltración en parcelas experimentales, señalan que el corte simulado no presentó diferencias significativas, debido a que la remoción de forraje tiene un efecto instantáneo y no acumulado como ocurre con la utilización de bovinos, además sólo se remueve la cubierta vegetal protectora y las propiedades físicas del suelo permanecen sin disturbio.

Warren y col. (1986b), encontraron al analizar los efectos de la época de uso sobre la entrada del agua al suelo de un pastizal, que presentan una mayor influencia la densidad aparente, el micro relieve y la estabilidad de agregados del suelo.

Wood y Blackburn (1981a), mencionan que las variables de mayor efecto son la estabilidad de agregados y el contenido de materia orgánica y no exhiben diferencias significativas la densidad aparente y el micro relieve.

Pluhar y col. (1987), mencionan al suelo desnudo, el porcentaje de arena en el suelo y la estabilidad de agregados como las principales variables que influyen en las tasas de infiltración, y se puede incrementar la entrada de agua en el suelo al inducir un cambio en la composición de especies.

Meewing (1970), menciona que además de la cobertura vegetal, el contenido de mantillo orgánico, la densidad aparente, la estabilidad de agregados, el contenido inicial de humedad y la biomasa contribuyen en un 80 por ciento en la cantidad de agua infiltrada en el suelo.

Gifford y Hawkins (1978), en un estudio detallado señalan la importancia hidrológica que el apacentamiento ha recibido en las últimas décadas; la literatura encontrada sobre el estudio del pastoreo es muy importante para el entendimiento de los impactos hidrológicos por la intensidad del pastoreo; presentándose la infiltración y los escurrimientos primeramente como datos bastante relacionados con la intensidad de pastoreo aunque son datos relativos para las condiciones de manejo; sin embargo, necesarios para la evaluación de los impactos hidrológicos. Los efectos sobre las tasas de infiltración por parte del pastoreo son generalmente determinados por condiciones del sitio de muestreo, por sus condiciones de manejo y por la intensidad de pastoreo.

Wilcox y Wood (1988), en un estudio sobre la tasa de infiltración, con el uso de un simulador de lluvias portátil al sur de Nuevo México en áreas ligeramente pastoreadas con ovinos y áreas sin pastorear con pendientes promedio del 50 % en ambos casos, encontraron una infiltrabilidad menor del 12 al 17 % en las

áreas pastoreadas que en las no pastoreadas. Estos resultados son comparables con los reportados para gradientes con pendientes moderadas.

Wood y Blackburn (1981b), estudiaron los efectos del pastoreo sobre las tasas de infiltración en áreas con cobertura de arbustos, en áreas abiertas dominadas por pastizal mediano y en áreas abiertas dominadas por pastizal corto. Encontrando que las tasas de infiltración fueron mayores bajo la cobertura de arbustos que en los espacios abiertos de pastizal, y que en estos la infiltración fue significativamente diferente entre tratamientos, también encontraron que las tasas de infiltración en los tratamientos de rotación diferida se acercaron a los valores óptimos de las exclusiones, y que dichos valores exceden las tasas de infiltración de los sistemas de pastoreo de alta intensidad, baja frecuencia y al de pastoreo continuo.

Thurow y col. (1986), analizando tasas de infiltración en un encinal, un pastizal amacollado, y un pastizal bajo de zacate galleta, y estudiando como eran afectadas las características hidrológicas en estas comunidades por los sistemas de pastoreo, encontraron que la cobertura orgánica total y la densidad aparente se encontraban altamente relacionadas con las tasas de infiltración y que la cantidad de cobertura es más importante que el tipo, afirmando que la protección contra las gotas de lluvia es la principal función de la cubierta vegetal sobre la infiltración.

Rauzi y Smith (1973), evaluaron las tasas de infiltración en tres tipos de suelo con tres niveles de pastoreo, los tres tipos de suelo fueron migajones arenosos con diferentes grados de profundidad y posición fisiográfica. En dos de los tres tipos de suelo, los niveles de pastoreo ligero y mediano tuvieron una tasa de infiltración mayor que a un nivel de pastoreo intenso, concluyen que durante los primeros diez minutos la infiltración solo es afectada por los suelos en forma significativa, a los quince minutos las influencias del pastoreo son detectables, a los veinte minutos el suelo y los efectos del pastoreo son igualmente importantes, para después de los treinta minutos la interacción es evidente.

Gutiérrez y col. (1986), estimaron la infiltración en tres tipos de suelos ocupados por un pastizal mediano abierto de navajita azul sin encontrar diferencia significativa entre los tipos de suelo, dichos autores encontraron que la infiltración está influenciada principalmente por el porcentaje de suelo desnudo, la fitomasa de zacates y el mantillo orgánico.

McCalla y col. (1984), en un estudio para evaluar la influencia del pastoreo mixto (bovino, caprino, ovino) sobre las tasas de infiltración encontraron que no existe diferencia significativa entre un pastoreo de alta intensidad y baja frecuencia, y un pastoreo continuo moderado con relación a este parámetro hidrológico

Lusby (1970), comparando cuatro sistemas de pastoreo y el manejo del ganado durante veinte años de estudio utilizaron los siguientes tratamientos:

- 1) Pastoreo por ganado y ovejas,
- 2) Eliminación completa del pastoreo,
- 3) Pastoreo por ovejas,
- 4) Pastoreo por ovejas después de un año de exclusión, encontrando que la exclusión del pastoreo presenta una reducción de escurrimientos de alrededor del 20 % durante un período de 12 años, y un 20 % adicional en los siguientes años de estudio.

Gamougun y col. (1984), en un área libre de pastoreo así como en áreas con un pastoreo continuo pesado, un continuo moderado y un área con rotación de pastoreo sobre similar complejo planta-suelo, evaluaron las tasas de infiltración. El área libre de pastoreo presentó altas y significativas tasas de infiltración en comparación con las pastoreadas, no encontrando diferencia en las áreas alta y medianamente pastoreadas en forma continua atribuyéndose esto al incremento en la acumulación de la materia orgánica. El área sometida al pastoreo rotacional presentó tasas bajas comparadas con las áreas de exclusión y con los tratamientos de pastoreo continuo.

Impacto de la intensidad del apacentamiento sobre el flujo del carbón y nitrógeno en los pastos

El apacentamiento por si sólo y la intensidad del apacentamiento en particular, afectan la productividad y el valor nutritivo del pasto (Briske y Heitschmidt 1991; Wedin 1996), el potencial del pastizal para absorber carbono del suelo

(Schnabel y col., 2001; Baron y col., 2001) y la capacidad del mismo para inmovilizar el N (Wedin, 1996).

Generalmente, la productividad se reduce a medida que la intensidad del apacentamiento se incrementa (Parsons y col., 1983; Matches 1992). Se concluye que la capacidad para que los pastos acumulen C, N y otros nutrientes arriba y abajo del suelo pueden ser reducidos con creciente intensidad del apacentamiento (Schnabel y col. 2001; Baron y col., 2002).

La intensidad del apacentamiento afecta la cantidad y calidad de materiales orgánicos y mineralizados que son liberados sobre la cubierta vegetal y el suelo como residuos vegetativos, orina, y heces. A medida que se intensifica el apacentamiento también se intensifica el uso estacional de la materia seca de los pastos, el carbono y el nitrógeno por el ganado (Parsons y col., 1983; Briske y Heitschmidt 1991).

El apacentamiento también afecta la calidad del herbaje en el pastizal, y esto finalmente impacta la tasa de degradación de la cubierta vegetal, de la materia orgánica del suelo, y la mineralización de los nutrientes del suelo (Wedin, 1996).

La eficiencia mejorada del apacentamiento como resultado de apacentamiento intensivo trae como consecuencia más altas relaciones de hoja a tallo (Parsons y col., 1983; Matches 1992), y menos material muerto queda en el pastizal después del apacentamiento (Lemaire y Chapman, 1996).

Finalmente, la calidad del material vegetativo que se mueve del pastizal a la cubierta vegetal afecta la cantidad y tiempo de residencia del C que entra al suelo (McGill y col. 1981; Holland y col., 1992; Wedin, 1996; Schnabel y col., 2001; Baron y col., 2002).

Impactos del apacentamiento sobre el fósforo y nitrógeno del suelo bajo pastos en praderas de Canadá

Es bien conocido que el manejo del apacentamiento afecta el ciclo de nutrientes y la combinación de nutrientes en el suelo (Haynes y Williams, 1993; Whitehead, 1995). El manejo intensivo de pastizales tiende por consecuencia a pastizales de valor nutritivo relativamente alto (Wedin, 1996), en lo cual tiene influencia la naturaleza y biodisponibilidad de excreta (Haynes y Williams 1993; Mathews y col., 1996; Whitehead, 1995). El ciclo de los nutrientes y la

combinación de nutrientes mineralizados en el suelo son productos de relaciones complejas entre características químicas, físicas, y biológicas del suelo, composición del pastizal, especies de ganado, tipo, manejo, y clima (Haynes y Williams, 1993). La intensidad del apacentamiento regula el área residual de la hoja la cual influencia la tasa de crecimiento del pastizal y en consecuencia la asimilación de nutrientes (Briske y Heitschmidt, 1991)

Diferentes tipos de pastizal afectan el uso de nutrientes y la periodicidad debida a la programación estacional del crecimiento (Stout y col., 1997), el tipo de raíz, profundidad, relación de carbono a nitrógeno (C:N), y composición de especies leguminosas y no leguminosas (Wedin y Tilman, 1990; Wedin, 1996).

Impactos de apacentamiento no selectivo sobre las propiedades del suelo

Los animales en apacentamiento afectan primeramente los pastizales mediante impactos directos a través de apisonamientos y excrementos (Smoliak y col., 1972) e indirectamente por alteración de la estructura de la comunidad vegetal (Thurow y col., 1988; Dormaar y col., 1997). La calidad del suelo o el potencial de productividad, se caracteriza entre otras cosas por la tasa de infiltración, el estado de los nutrientes y la estabilidad del mismo (resistencia a la erosión), lo cual determina el flujo de nutrientes y agua entre el suelo y la planta, aunque el manejo puede cambiar estas cualidades del suelo, ya sea mediante el aseguramiento de la conservación de los recursos (suelo, nutrientes, agua) dentro del sistema, o mediante la degradación del sistema de tal manera que se pierden recursos o filtrados (Tongway y Hindlay, 1995). Los procesos del suelo biológicamente mediados tales como la descomposición, la mineralización y el mantenimiento de los macro poros, producción de agregados de suelo, y fijación, son críticos para el mantenimiento y restauración del potencial de producción del suelo (Whitford y Herrick, 1996). Los animales de apacentamiento son las herramientas mediante las cuales el jefe del pastizal puede ya sea mantener o reducir el potencial productivo, dependiendo principalmente de la tasa de almacenamiento y de los sistemas de apacentamiento aplicados. El uso correcto de estas herramientas puede tener implicaciones económicas a largo plazo para el manejo del ganado (Savory 1983; Biondini y col., 1998; Beukes y col., 2002)

Otros investigadores han postulado que sistemas de apacentamiento que combinan períodos cortos de alta intensidad de apacentamiento con

prolongados períodos de descanso (alta-intensidad-baja-frecuencia) simulan el hato de animales con pezuña y pueden jugar un papel importante en influenciar las condiciones del pastizal (Acocks, 1996).

Un número de estudios han mostrado que un apacentamiento fuerte conduce a cambios en la composición de la planta, a una reducción en la cubierta orgánica total, y a diferentes propiedades físicas y químicas de las capas superiores del suelo con una reducción resultante en las tasas de infiltración (Smoliak y col., 1972; McCalla y col., 1984; Graetz y Tongway, 1986; Thurow y col. 1986, Biondini y Manske 1996; Mworio y col. 1997; Biondini y col., 1998). La literatura, sin embargo, está repleta con resultados contradictorios de los efectos de apacentamiento sobre los suelos, posiblemente una consecuencia de los diferentes medios ambientales, suelos y sistemas de manejo de pastizal. Una de las razones para estas contradicciones son las variadas interpretaciones de "apacentamiento fuerte" .

(McNaughton y col., 1988; Savory 1991), postulan que apacentamiento fuerte bajo un sistema de apacentamiento de alta-intensidad-baja-frecuencia/no selectivo mejoraría la calidad del suelo a través de sus impactos concentrados pero de corta duración sobre los procesos del ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Rancho "Los Ángeles" propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en el Ejido "Tanque de Emergencia" los que tienen las siguientes características

Rancho "Los Ángeles"

Localización geográfica: Se encuentra al sur en el municipio de Saltillo, Coahuila a 34 Km por la carretera # 54, Saltillo-Concepción del Oro, Zacatecas en el Km 319 y por el camino de terracería que va hacia el ejido "La Hedionda" se recorren 14 Km. Las coordenadas geográficas son; 100°58'07" y 101°04'14" de longitud W y entre los 25°02'12" y 25°08'51" latitud N (DETENAL, 1970).

Topografía: La altitud dentro del rancho en sus diversos potreros oscila entre los 2100 a 2400 msnm esto es de las partes altas a las más bajas (ver anexo, Figura 1). La superficie total de este predio es de 6184 Ha divididas en 20 potreros de diferentes dimensiones (ver anexo, Figura 4), de una manera general la superficie del rancho está comprendida de aproximadamente por 35% de sierra, 10% de lomeríos y 55% de valles (Arredondo, 1981; Flores, 1999).

Geología: Sus características principales; zona de rocas sedimentarias, con preponderancia de rocas calcáreas en las colinas y suelos aluviales en el valle. (Serrato y col., 1983; Flores, 1999).

La estructura geológica más importante es el anticlinal de Carneros, se estima tiene un rumbo este-oeste, con recumbencia hacia el norte. Las formaciones más recientes y que se depositan en las depresiones (sinclinales) que se forman entre los anticlinales, se encuentran cubiertas por aluvión (Medina y De la Cruz, 1976; Flores, 1999).

Suelos: Los suelos de los valles se caracterizan por ser aluviales, se estima que existe una variación en la profundidad de estos desde 2 hasta 25 metros aproximadamente. Los suelos que se hallan en las laderas y pie de montes son coluviales y los de los llanos son diferentes, esto es debido a que el agua percolante tiene una movilización de una manera lateral y no a través del perfil del suelo mismo en forma perpendicular; por ello son los más susceptibles a la erosión. Así mismo los suelos que se ubican en la parte alta de la sierra que

corresponden al tipo de vegetación del bosque piñonero, por sus características propias, son suelos forestales con altos contenidos de materia orgánica y humus (Sierra, 1980; Flores, 1999).

Los suelos se hallan dentro de la clasificación cerozem, de origen aluvial de una profundidad somera a profunda (0 a 25 cm). La textura está dentro del rango de franco-arenosa a franco-limosa con estructura laminar, tiene una consistencia de ligeramente dura a dura, color gris claro y gris claro en húmedo. El contenido de pedregosidad es aproximadamente de 0-10% y rocosidad de 0-12%, así también existen áreas donde la roca madre llega a aflorar en a la superficie (COTECOCA-SARH, 1979).

Hidrología: En el área experimental no existen corrientes superficiales permanentes. El grado de erosión en las laderas de las sierras no es muy alto, pues si bien hay cárcavas no son estas profundas, debido tal vez a que la pendiente no es pronunciada y así mismo a una adecuada cubierta vegetal existente. (ver anexo, Figura 2).

Clima: Según la clasificación climática de Köppen, modificada por García en 1973, las características climáticas para el área de estudio en el rancho le corresponde la fórmula siguiente: BSkW (é)

BS: Es el más seco de los BS (seco o estepario, dividido en dos sub tipos según el tipo de humedad) con un cociente P/T menor de 22.9.

k: Templado con verano cálido, temperatura media anual entre 18 y 22 °C.

W: Régimen de lluvias en verano por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el mes más seco, (é)

Oscilación de temperatura mayor de 14°C, el cual se designa muy extremoso.

Vegetación: La vegetación ha sido reportada por (Sierra, 1980; Arredondo, 1981, (ver anexo, Figura 3).

Infraestructura: Esta es de gran calidad ya que es de postes de tubo y 4 hilos de alambre de púa, en algunas cercas interiores hay postes de madera; en la mayoría de los potreros se cuenta con saladeros bebederos y aguaje. Para manejo de ganado en poca cantidad existe un corral de manejo entre las pastas 5 y 6, se cuenta con una bodega con capacidad aproximada de 40x20x7 m., dos casas habitación y una para visitas de estudiantes y otros Flores, (1999), (ver anexo figura 4).

Sitio de estudio

El presente trabajo se desarrolló en el potrero 20 en el área del pastizal mediano abierto, este es uno de los que colindan con el ejido Tanque de Emergencia y se presta para el propósito de la investigación que nos ocupa, ver anexo (Figura 5)

Ejido "Tanque de Emergencia"

Debido a la similitud existente en lo mencionado con anterioridad para las características del Rancho Experimental Demostrativo "Los Ángeles" asimismo a la cercanía en las unidades de muestreo, tanto del Rancho "Los Ángeles" como del ejido es que se considerarán los mismos datos. (excepto de infraestructura).y el área de muestreo se localiza frente al potrero # 20 del Rancho "Los Ángeles" y los cinco puntos de muestreo en una distancia aproximada de 200 m. a partir de la cerca que los divide (Flores, 1999).

Metodología para la determinación de los factores de la evaluación

Proceso de Infiltrabilidad

Se seleccionaron dos líneas de estudio para hacer las pruebas de infiltración: Rancho Experimental Demostrativo "Los Ángeles" y Ejido "Tanque de Emergencia".

Se llevaron a cabo dos muestreos para la determinación de los factores a evaluar (infiltración, cobertura vegetal y características físicas del suelo) en épocas distintas del año, la primera se realizó a principios de abril y la segunda a principios de junio.

Después de seleccionar las dos líneas estudio, se determinaron los sitios dónde se realizaron las pruebas de infiltración, estos fueron escogidos de acuerdo a la pendiente del lugar, por lo tanto fueron tres pendientes diferentes, ladera, pie de monte y valle respectivamente para cada área de estudio (Flores, 1999). En cada localidad se realizaron nueve pruebas de infiltración (tres por

pendiente) por fecha muestreo y se estimó a vista el porcentaje de pedregosidad del lugar y de cobertura aproximados.

Las pruebas de infiltración se realizaron con el método de los anillos, el cual consiste en colocar una cinta graduada en el cilindro interior, llenar de agua y tomar el tiempo, luego a un tiempo determinado volver a tomar la lectura y registrar el volumen infiltrado, así se va registrando y rellenando el cilindro hasta un período de dos horas, (Alcántar y col., 1992),

Asimismo de cada estimación de infiltración se tomaron dos muestras de suelo a una profundidad de entre 15 y 20 cm. y a una distancia del anillo de 2 m. a cada lado respectivamente. La colecta de las muestras de suelo se realizó en cada anillo haciendo un total de 2 muestras por los 12 anillos, las muestras de suelo se colocaron en bolsas de papel para la posterior realización de la determinación de propiedades físicas en los laboratorios del Departamento de Suelos de nuestra Universidad. Cada línea de muestreo estaba orientada de norte a sur en dos predios distintos para efecto de comparación.

Para caracterizar el tipo de suelo se utilizó la capacidad agrológica de los suelos lo cual es una adaptación que presentan los suelos a determinados usos específicos, y brinda información acerca de la aptitud del terreno para un cultivo determinado. El método consiste en clasificar un territorio según las limitaciones que presenta respecto a los usos agrícolas, pecuarios y forestales.

Estimación de características del suelo:

Densidad aparente: Se determinó por el método de la probeta el cual consiste en colocar un poco de suelo seco a la estufa en una probeta previamente secada y pesada luego se deben dar aproximadamente treinta golpes verticales a una frecuencia de aproximadamente uno por segundo, después se toma el volumen al que quedo el suelo y se elimina el peso de la probeta vacía y se utiliza la fórmula $D_a = m_s / v_t$ donde D_a : Densidad aparente, m_s : Masa de los sólidos y v_t : es el volumen final del suelo compacto (Gandoy, 1991).

Contenido de materia orgánica: Se usó el método de Walkey y Back,

(titulación con ac. sulfúrico). el cual consiste en pesar 1gr de suelo seco a la

estufa, y colocarlo en un matraz erlenmeyer de 500ml. agregar 10 ml de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$ 1N) y 20ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, dejar enfriar y agregar 200ml de agua destilada y 4 gotas de indicador ortofenantrolina, titular con $FeSO_4$. (Aguilar, y col., 1987).

Textura: Se determinó por el método del hidrómetro Bouyoucus, el método consiste en: secar la muestra de suelo en estufa, calibrar el hidrómetro con el hexametáfosfato y agua destilada, pesar 40 gr. de suelo seco, agregar 50 ml de hexametáfosfato y agitar durante 5 min. Pasar la muestra a un cilindro de sedimentación (probeta de 1000 ml.), y aforar a 1000 ml. Agitar con agitador manual y a los treinta segundos introducir el hidrometro y registrar la lectura y temperatura, esperar 120 min. y tomar la segunda lectura y temperatura. (Gandoy, 1991).

Los datos se interpretan utilizando la fórmula:

$$P = \frac{(R+AR)-(R_c+AR_c)}{W} (100)$$

Donde:

R: Lectura del hidrometro.

AR: Corrección por temp. En la probeta.

R_c: Lectura del hidrometro en solución dispersora.

Arc: Corrección por temperatura en el cilindro de sedimentación con solución dispersora.

W: Peso seco de la muestra.

pH: Utilizando un potenciómetro. en vasos de precipitado se coloca aproximadamente 40gr. de suelo y llenar hasta la mitad del volumen del vaso con agua destilada y posteriormente tomar la lectura con el potenciómetro. (Aguilar y col., 1987).

Espacio Poroso: Por la fórmula $E=1-D_a/D_s$,

Dónde D_a : es densidad aparente y D_s : es densidad de sólidos.

Para la realización de estas pruebas se utilizaron tubos de PVC de 4" y de 30 cm de largo. Primeramente se enterró cada tubo a los 5 cm, se llenaron de agua hasta un nivel marcado en el interior del tubo, inmediatamente se calibraba el cronómetro para registrar la primera lectura a los 60 segundos hasta los 5 minutos, después de este tiempo, se tomaron lecturas cada 5 minutos hasta completar 60 minutos.

Materiales de Laboratorio

Los materiales que se usaron para el análisis de muestras de suelo en el Laboratorio en general son los siguientes:

Materiales

Matraz de 250 ml.
Probeta de 20 ml.
Probeta de 1000 ml.
Vaso de precipitados.
Piceta de 100 ml.
Piceta de 250 ml.
Termómetro.
Cronómetro.
Hidrómetro de Bouyoucos.
Potenciómetro.
Conductivímetro.
Varilla manual de metal.
Balanza analítica.
Licuadora Oster.
Pipeta de 10 ml.
Pipeta de 30 ml.
Suelos tamizados y secos.
Vasos de unicel 150 ml.

Reactivos y Soluciones

Ácido Sulfúrico Concentrado.
Soluciones Buffer, pH 4, 7, 10.
Hexametáfosfato.
Sulfato Ferroso.

Dicromato de Potasio.
Indicador ortofenantrolina.
Agua destilada.

Análisis estadístico

Después de obtener los datos de campo se aplicaron fórmulas para la determinación de infiltrabilidad.

Se calcularon las velocidades de infiltración en cm/hr en base a la fórmula general siguiente:

Fórmula

$$VI = Kt^n$$

En donde:

V.I. = Velocidad de Infiltración en cm/hr.

K = Coeficiente de infiltración por unidad de tiempo en cm/hr.

T = Tiempo en minutos.

n = Exponente negativo encontrado al medir la pendiente de la gráfica que $0 < n < 1$.

Posterior a esto, se obtuvo las sumatorias de Velocidad de Infiltración (V.I), y el tiempo, para después poderlos procesar con las fórmulas que me muestran posteriormente

$$n = \frac{L \sum XY - \sum X \sum Y}{L \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$\text{Log}.K = \frac{\sum Y - n \sum X}{L}$$

$$K' = \frac{K}{(n+1)60}$$

Donde:

n = es la pendiente de la línea encontrada

L = n datos del registro de infiltración

X = sumatoria de logaritmo de tiempo acumulado

Y = Sumatoria de logaritmo de Velocidad de Infiltración

X² = Ese el logaritmo de tiempo acumulado elevado a la segunda potencia.

Una vez obtenido los resultados de K' se realizaron los cálculos de Lámina Acumulada, con la siguiente fórmula;

Fórmula

$$LA = K'T^{n+1}$$

Donde:

LA= Lámina acumulada,

K' = Coeficiente de infiltración por unidad de tiempo

T = Tiempo en minutos

n = Pendiente de la línea encontrada

Asimismo se realizó un análisis de comparación de medias para los diversos factores de evaluación.

De igual manera se aplicaron fórmulas para los análisis de laboratorio de las muestras de suelos.

Los resultados aplicados a estas fórmulas se ilustran en el capítulo de resultados y discusión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la presentación de los resultados se tomaron en cuenta diversos términos en función de pastoreo animal controlado (Rancho "Los Ángeles") y pastoreo animal no controlado (Ejido "Tanque de Emergencia"), esto debido al diferente manejo del pastizal en cada una de las localidades de estudio, para ello se dividió de acuerdo a la pendiente del terreno de cada localidad en: ladera, pie de monte y valle (pastoreo animal controlado); ladera, pie de monte y valle (pastoreo animal sin control) a inicio y término de primavera.

Infiltración

La mayor tasa de infiltración se registró en valle con pastoreo controlado con 31.60 cm/hr, seguido de pie de monte con pastoreo controlado con 29.80 cm/hr y por último ladera con pastoreo controlado con 28 cm/hr (ver anexo, Fig. 8), si bien existieron diferencias en cuanto al tiempo de infiltración en los sitios con pastoreo sin control no se dieron estas diferencias intra sitio, sin embargo existieron diferencias entre sitio con pastoreo controlado en comparación de sitios con pastoreo sin control, esto es, la mayor tasa de infiltración fue en valle y la menor para ladera con pastoreo controlado. Por otro lado la mayor tasa de infiltración para pastoreo sin control fue en valle con 26.8 cm/hr y el menor tiempo fue en pie de monte con 20.40 cm/hr (ver anexo, Fig. 8). Se puede asumir que el valor de infiltración es consecuencia de la existencia de incremento en la cobertura vegetal (ver anexo, cuadro 1), y un similar decrecimiento en la cantidad de materia orgánica en dichos sitios (ver anexo, cuadro 2). Datos similares obtuvo Gutiérrez y col. (1986), ya que dichos autores encontraron en suelo de igual textura, que la infiltración está influenciada principalmente por el porcentaje de suelo desnudo, fitomasa de zacates presentes y contenido del mantillo orgánico.

Asimismo el porcentaje de porosidad no observó cambios muy significativos, pues ladera con pastoreo controlado obtuvo el mayor con 60.68%, y el menor en pie de monte con 58.87% (ver anexo, cuadro 4), se asume a que sostiene la mayor carga animal en ésta época de pastoreo consecuencia de la cobertura vegetal existente en este sitio con un valor de 64.58% (ver anexo, cuadro 1).

Cabe destacar que la menor compactación se observó en ladera del sitio con pastoreo controlado cuya compactación del suelo se considera baja en base a los valores de $D_a = 1.04 \text{ g cm}^{-3}$ y porosidad = 60.68 % (ver anexo, cuadro 4).

Por otro lado es importante el determinar el tiempo de uso y descanso de la unidad de pastoreo ya que con ello se evita la sucesión de espacio de plantas de gramíneas por plantas de arbustivas y por ende la erosión del suelo (Friedel 1991),

aunado a la disminución de la productividad y el valor nutritivo del pasto (Wedin 1996).

Infiltración al inicio de primavera

La mayor tasa de infiltración se observó en pie de monte del sitio con pastoreo controlado con 36 cm/hr y la menor fue en el sitio pie de monte sin pastoreo controlado con 21.2 cm/hr, (ver anexo, Fig. 6), esto se debió a que en el sitio con pastoreo controlado existe mayor cobertura vegetal con 64.58% (ver anexo, cuadro 1), arcilla con 29.63% (ver anexo cuadro 3) y densidad aparente con 1.12 g/cm³ (ver anexo, cuadro 4), que en el sitio sin pastoreo controlado con 37.50% (ver anexo, cuadro 1), correlacionado con la presencia de más arcilla con 32.58%, (ver anexo cuadro 3). El anterior comportamiento de la infiltración se correlaciona con la presencia en mayor o menor porcentaje de materia orgánica, en este caso fue mayor en ladera con un 5.17% que en valle con 3.30% (ver anexo, cuadro 2). Resultados similares obtuvieron Schnabel y col. (2001), quienes concluyeron que la capacidad de acumulación de carbono y nitrógeno por los pastos depende de que los nutrientes arriba y abajo del suelo puedan ser reducidos con un incremento en la intensidad del apacentamiento.

Infiltración al término de primavera

El comportamiento de la infiltración en éste período es contrastante con el anterior período, pues la mayor tasa de infiltración se obtuvo en ladera del sitio con pastoreo controlado con 29.6 cm/hr (ver anexo, Fig. 7), consecuencia de mayor cobertura vegetal con un 56.25% (ver anexo, cuadro 1) y menor densidad aparente 1.04 g/cm³ (ver anexo, cuadro 4) y la menor tasa de infiltración se encontró en pie de monte en el sitio sin pastoreo controlado con 19.6 cm/hr (ver anexo, Fig. 7), con menor cobertura vegetal 37.50% (ver anexo, cuadro 1), materia orgánica con un 3.30% (ver anexo, cuadro 2) y por ende mayor densidad aparente 1.16 g/ cm³ (ver anexo, cuadro 4). Resultados similares obtuvieron Schnabel y col. (2001), quienes concluyeron que la capacidad de acumulación de carbono y nitrógeno por los pastos depende de que los nutrientes arriba y bajo la superficie del suelo puede ser reducidos con un incremento en la intensidad del apacentamiento.

Por otro lado Baron y col. (2002), concluyeron que a mayor carga animal en el pastizal la porosidad del suelo se afecta causando disminución de la producción de forraje. Es menester considerar que con el sub-pastoreo o bien sobrepastoreo se

permite la reducción de la cubierta vegetal del suelo y el incremento de la densidad bruta del mismo, por el efecto de compactación por las pezuñas del animal (Betteridge y col., 1999).

CONCLUSIONES

1. La mayor tasa de infiltración en Abril es en el sitio pie de monte localidad pastoreo controlado, con 36 cm/hr; la menor es en el sitio pie de monte localidad pastoreo sin control, con 21.2 cm/hr.
2. La mayor tasa de infiltración en Junio es en el sitio ladera localidad pastoreo controlado, con 29.6 cm/hr; la menor es en pie de monte localidad pastoreo sin control, con 19.6 cm/hr.
3. La mayor cobertura vegetal es en valle localidad pastoreo controlado, con 68.58%; la menor cobertura vegetal es en pie de monte localidad pastoreo sin control, con 37.50%.
4. El mayor contenido de materia orgánica es en el sitio ladera localidad pastoreo controlado con 5.17% y el menor es en pie de monte sitio pastoreo sin control con 3.30%.
5. En el sitio donde se registró la mayor tasa de infiltración final con 36 cm/hr siendo dicho punto pie de monte localidad pastoreo controlado, se registró en forma inversa el menor contenido de arcillas, con 29.63%.
6. La menor compactación se presentó en el sitio pie de monte localidad pastoreo controlado con una densidad aparente de 1.04 gr/cm³, y la mayor compactación fue en el sitio pie de monte de la localidad con pastoreo sin control, con una densidad aparente de 1.16 gr/cm³.
7. Los resultados obtenidos permiten concluir que las mejores tasas de infiltración se observan en los sitios con pastoreo controlado, que conllevan mayores coberturas vegetales, mejor contenido de materia orgánica, menor contenido de arcillas y menor densidad aparente.

LITERATURA CITADA

- Acocks, J.P.H. 1996. Non-selective grazing as a means of veld reclamation. *Proc. Grassl. Soc. South Africa* 1:33-9.
- Aguilar A., Etchevers J., J. Castellanos. 1987. Análisis Químico para evaluar la fertilidad del suelo. Editorial Trillas, D.F. México.
- Alcántar, G., Etchevers J., y Aguilar A. 1992. Los Análisis Físicos y Químicos, su aplicación en agronomía. Editorial Trillas, D.F. México.
- Anderson, D.L., J.A. del Aguila, A. Marchi, J.C. Vera, E.L. Oriente, y A.E. Bernardón. 1980. Manejo Racional de un campo en la Región Árida de Los Llanos de La Rioja. (In Spanish). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, 90 pp.
- Ares, J.O., A.M. Beeskow, M.B. Bertiller, C.M. Rostagno, M.P. Irisarri, J. Anchorena, G.E. Defossé, and C.A. Merino. 1990. Structural and dynamic characteristics of the overgrazed grassland of northern Patagonia, Argentina. P. 149-175. A Breymeter (ed.), *Managed Grasslands: Regional Studies*. Elsevier, Amsterdam.
- Arredondo, D.G. 1981. Componentes de la vegetación del Rancho Demostrativo "Los Angeles". Tesis Profesional de licenciatura Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Recursos Naturales Renovables.
- Baron, V.S., A.C. Dick, E. Mapfumo, S.S. Malhi, M.A. Naeth, and D.S. Chanasyk. 2001. Grazing impacts on soils nitrogen and phosphorus under parkland pastures. *J. Range Manage.* 54(6): 704-710.
- Baron, V.S., E. Mapfumo, A.C. Dick, M.A. Naeth, E.K. Okine, and D.S. Chanasyk. 2002. Grazing intensity impacts on pasture carbon and nitrogen flow. *J. Range Manage.* 55(6): 535-541.
- Baron, V.S., H.G. Nadja, D.F. Salmon, J.R. Pearen, and A.C. Dick. 1993. Cropping systems for spring and winter cereals under simulated pasture: sward structure. *Can. J. plant Sci.* 73:947-959.
- Beeskow, .M., N.O. Elissalde, and C.M. Rostagno, 1995. Ecosystem changes associated whit grazing intensity in the Punta Ninfas rangelands of Patagoni, Aregentina. *J. Range Manage.* 48:517-522.
- Bertiller, M.B. 1993. Estepas graminosa de *Festuca pallezens* en el SW del Chubut. P. 14-22. En : Paruelo, J.M., MB. Bertiller T.M. Shilichter y F. Coronato (eds), *Secuencias de deterioro en distintos ambientes patgónicos. Su caracterización mediante el modelo de Estados y Transiciones*, Cooperación INTA-GTZ, S.C. de Bariloche.

- Betteridge, K., D.A. Mackay, D.J. Barker, T.G. Shepherd, P.J. Budding, V.P. Devantier, and D.A. Costall. 1999. Effect of cattle and sheep treading on surface configuration of a sedimentary hill soil. *Aust. J. Soil Res.* 37:743-760.
- Beukes, P.C., R.M. Crowling, and S.I. Higgings. 2002. An ecological economic simulation model of a non-selective grazing system in the Nama Karoo, South Africa. *Ecol. Econ.* 42:221-242.
- Biondini, M.E. and L. Manske. 1996. Grazing frequency and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA. *Ecol. Appl.* 6:239-256.
- Biondini, M.E. and L. Manske. 1998. Grazing intensity and ecosystem processes in a northern mixed prairie, USA. *Ecol. Appl.* 8:469-479.
- Blackburn, W.H., R.W. Knight, and M.K. Wood. 1992. Impact of grazing on Watershed. National Academy of Sciences Natural Resources. Council Committee on developing strategies for rangeland Management. El Paso. Texas USA. 31 p.
- Branson, F.A., G.F. Gifford., K.C. Renard, and R.F. Hadley. 1981. Rangeland hydrology. A Publications of the Society for Range Management. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa USA. 340 p.
- Braunack, M.V. and J. Walker. 1985. Recovery of some surface soil properties of ecological interest after sheep grazing in a semi-arid woodland. *Aust. J. Ecol.* 10: 451-460.
- Briske, D.D. and R.K. Heitschmidt. 1991. An ecological perspective, p.7-2. in R.K. Heitschmidt and J.W. Stuth. (eds.), *Grazing management: an ecological perspective.*
- Buffington, L.C. and C. H. Herbel. 1965. Vegetation changes on a semi-desert grassland range from 1858 to 1963. *Ecol. Monogr.* 15:139-164.
- Busby, F.E. and G.F. Gifford. 1981. Effects of livestock grazing on infiltration and erosion rates measured on chained and unchained Pinyon-Juniper sites in Southeastern Utah. *Journal of Range Management.* 34: 400-405.
- Cammeraat, L.H. and A.C. Imeson. 1999. The evolution and significance of soil-vegetation patterns following land abandonment and fire in Spain. *Catena* 37:107-27.
- Cerdá, A. 1999. Parent material and vegetation affect soil erosion in eastern Spain. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 63: 362-368.
- Chanasyk, D.S. and M.A. Naeth. 1995. Grazing impacts on bulk density and soil strength in the foothills fescue grasslands of Alberta, Canada. *Can. J. Soil Sci.* 75: 551-557.
- Chaneton, E.J. and R.S. Lavado. 1996. Soil nutrients and salinity alter long-term grazing exclusion in a Flooding Pampa grassland. *J. Range Manage.* 43: 456-460.
- Comisión Técnica de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA)-SARH. 1979. Coahuila. 255P.
- Dee, R.F., T.W. Box and E. Robertson, Jr. 1966. Influence of Grass Vegetation on Water Intake of Pullman Silty Clay Loam. *Journal of Range Management.* 19:77-79.

Dirección de Estudios del Territorio Nacional. (DETENAL). 1970 México.

- Dormaar, J.F., B.W. Adams, and W.D. Willms. 1997. Impacts of rotational grazing on mixed prairie soils and vegetation. *J. Range Manage.* 50:647-651.
- Dunne, T., W. Zhang and B.F. Aubry. 1991. Effects of rainfall, vegetation and microtopography on infiltration and runoff. *Water Research* 27:2271-2285
- Eckert, R.E., Peterson, and J.T. Belton. 1986. Relation between ecological-range condition y proportion . *J. Range Manage.* 39: 409-414.
- Evans, R. 1984. Mecanismos de la erosión hídrica y sus controles espaciales y temporales: un punto de vista empírico. pp 141-163. Traducción al español de: M. J. Kirkby y R.P.C. Morgan (compiladores). *Erosión de suelos*. Editorial Limusa. México.
- Flores, K.J.G. 1999. La infiltrabilidad con factores de pendiente y sus efectos sobre suelos ganaderos. Tesis Lic. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. pp 65.
- Friedel, M.H. 1991. Range Condition assessment and the concept of threshold: A viewpoint, *J. Range Manage.* 44:422-426.
- Gamogun, N.D., R.P. Smith, Wood, M.K. and R.D. Pieper. 1984. Soil Vegetation and hydrologic responses to grazing Management at Fort Stanton, New México. *Journal of Range Management.* 37(6):538-541
- Gandoy B. W., 1991 *Manual de Laboratorio para el manejo físico de suelos*. Editorial
- García, E., 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Segunda edición. Instituto de Geografía UNAM. DF. México
- Gifford, G.F., 1984. Vegetation allocation for meeting site Requirements In: *Developing Strategies for Rangeland Management*. National Research Council/National Academy of Sciences Westview Press. p. 35-116
- Gifford, G.F., and R.H. Hawkins. 1978. Hydrologic impact of grazing: A critical review. *Utah. Bull Water Resources Research* 14:305.
- Giordanengo, J.H., G.W. Frasier and M.J. Trlica. 2003. Hidrologic and sediment responses to vegetation and soil disturbances. *J. Range Manage.* 56(2): 152-158.
- Graetz, R.D. and D.J. Tongway. 1986. Influence of grazing management on vegetation, soil structure and nutrient distribution and the infiltration of applied rainfall in a semi-arid chenopod shrubland. *Aust. J. Ecol.* 11:347-360.
- Gutiérrez, C.J., A. Zárate L., L.A. Natividad B. J.A. Díaz G. Y J.G. Medina T. 1988. Infiltración y producción de sedimentos en tres tipos de suelo ocupados por pastizal mediano abierto. *Manejo de pastizales*. SOMMAP. Vol. 2(1). Saltillo, Coahuila, México.

- Gutiérrez, C.J., F.M. Smith y J.G. Medina T. 1979. Caracterización Hidrológica de la cuenca San Tiburcio, Zacatecas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento Recursos Naturales Renovables Monografía Técnico Científica. Buenavista, Saltillo, 5(4). 68 p.
- Gutiérrez, C.J., y C.M.A. Salazar. 1986. Impacto de la reforestación en la Sierra de Zapalinamé sobre las tasas de infiltración. *Agraria, Revista Científica*. 2(2):286-302. Saltillo, Coahuila México.
- Gutiérrez, C.J., y I.I. Hernandez. 1996. Runoff and interill erosion as affected by grass cover in a semiarid rangeland of Northern México. *Journal of Arid Enviroments*. 34:287-295.
- Haynes, R.J. and P.H. Williams. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Adv. in Agron.* 49: 119-199.
- Hernández, H.L. 2006. Efecto del pisoteo, pendiente e infiltrabilidad en características de suelo y vegetación en el municipio de saltillo. Tesis Lic. Departamento de Recursos Naturales. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México. pp 70.
- Hillel, D. 1971. *Soil and water, physical principles and processes*. Academic Press Inc. U.S.A. 275 p.
- Holland, E.A. and J.D. Detling. 1990. Plant response to herbivory and belowground nutrient cycling. *Ecol.* 71:1040-1049.
- Holland, E.A., W.J. Parton, J.K. Detling, and L. Coppock. 1992. Physiological responses of plant populations to hervivory and their consequences for ecosystem nutrient flow. *Amer. Naturalist*. 140: 685-706.
- Horton, R. E. 1933. The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Amer. Geoph. Unich. Trans.* 14:446-460.
- Johnston, A., J.F. Dormaar, and S. Smoliak. 1971. Long-term grazing effects on fescue grassland soils . *J. Range Manage.* 24:185-188.
- Knight, R.W., W.H. Blackburn, and L.B. Merril.1984. Characteristics of Oak Motttes Edwards Plateau, Texas. *J. Range Manege.* 37: 534-537.
- Krenzer Jr., E.C., C.F. Chee, AND j.f. Stone 1989. Efects of animal traffic on soil compaction in wheat pastures. *J. Prod. Agr.* 2:246-249.
- Lagroix-McLean, R.L. and M.A. Naeth.1997. Forages in the aspen parkland, A literature and data review. Final Report Prepared for Ducks Unlimited Canada, North Amer. *Waterfowl Manage. Pland and Conservation and Dev. Branch. Dep. Of Renewable Resources, Univ. ALBERTA, Edmonton, Canada.*
- Lemaire, G.C. and D. Chapman. 1996. Tissue flows in grazed plant communities, p 3-36. In J. Hodgson and A.W. Illius (eds.), *The ecology and management of grazing systems*. CAB International, Wallingford, Oxon, U.K.
- Lusby, G.C., 1970. Hydrologic and biotic effects of grazing vs non-grazing near grand junction Co. *Journal of Range Management.* 23(4):256-259.

- Mapfumo, E., D.S. Chanasyk, V.S. Baron, and M.A. Naeth. 2000. Grazing impact on selected soil parameter under short-term forage sequences. *J. Range Manage.* 53(5): 466-470.
- Matches, A.G. 1992. Plant response to grazing: a review. *J. Prod. Agr.* 5: 1-7.
- Mathews, B.W., L.E. Sollenberg, and J.P. Tritschler II. 1996. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: Soil considerations. P 213 to 226 In: R.E.
- McCalla, G.R., W.H. Blackburn and L.B. Merrill. 1984 Effect of livestock grazing on infiltration rate. Edwards Plateau, Texas. *Journal of Range Management.* 37:265-268.
- McGill, W.B., H.W. Hunt, R.G. Woodmansee, and J.O. Ruess. 1981. Phoenix, a model of the dynamics of carbon and nitrogen in grassland soils. *Ecol. Bull. (Stockholm)* 33:49-11.
- McGinty, W.A., F.E. Siemens and L.B. Merrill. 1979. Influence of soil, vegetation and grazing management on infiltration rates and sediment production of Edwards Plateau rangeland. *Journal of Range Management.* 32:33-37.
- McNaughton, S.J., R.W. Ruess, and S.W. Seagle. 1998. Large mammals and process dynamics in African ecosystems. *BioScience* 38:794-800.
- Medina, T., J.G. y J.A. de la Cruz. C. 1976. Ecología y control del perrito de las praderas mexicanas (*Cynomys mexicanus* Merriam) en el norte de México. *Monografía Técnica Científica. Departamento*
- Meewing, R.O. 1970. Infiltration and Soil Erosion as Influenced by Vegetation and Soil in Northern Utah. *Journal of Range Management.* 23(3):185-188.
- Mitchell, J.K. and G.D. Bubenzer. 1984. Estimación de la pérdida de suelo. pp 35-88. En: M.J. Kirkby y R.P.C. Morgan (compiladores). *Erosión de Suelos. Editorial Limusa. México.*
- Moore, E.E., J.F. Kinsinger., R. Pitney, and J. Sainsberry. 1979. Livestock grazing Management and water quality protection (State of the art reference document). EPA-91019-79-67. U.S. Bureau of Land Management. Denver, Colorado USA. 147 p.
- Musgrave, G.W. 1955. How much of the rain enters the soil. In: Water United States Department of Agriculture. *Yearbook.* 155-159 p.
- Mworia, J.K., W.N. Mnene, D.K. Musembi, and R.S. Reid. 1997. Resilience of soils and vegetation subjected to different grazing intensities in a semi-arid rangeland of Kenya. *African J. Range Forage Sci.* 14: 26-31
- Naeth, M.A. and D.S. Chanasyk. 1995. Grazing effects on soil water in Alberta Foothills fescue grasslands. *Journal of Range Management.* 48:528-534.

- Naeth, M.A., Chanasyk, D.S., Rothwell, L. and Bailey, A. W. 1991. Grazing impacts on soil water in mixed prairie and grassland ecosystems of Alberta, Canada. *Journal of Soil Science* 71:313-325.
- Naeth, M.A., R.L. Rothwell, D.S. Chanasyk, and A.W. Bailey. 1990. Grazing impacts on infiltration on mixed prairie and fescue grassland ecosystem of Alberta. *Can. J. Soil. Sci.* 70: 539-605.
- Neef, E.L. 1979. Why Rainfall Simulation. In USDA (ed). *Proceedings of the Rainfall Simulators Workshop. Science Reviews and Manuals. ARM-W-10. United States of America.*
- Parsons, A.J., E.L. Leafe, B. Collett, P.D. Penning and J.Lewis. 1983. The physiology of grass production under grazing II. Photosynthesis, crop growth and animal intake of continuously-grazed swards. *J. App. Ecol.* 20:127:139.
- Pereira, H.C. 1973. *Land use and water resources in temperate and tropical climates.* Cambridge University Press. London, 246p. Great Britain.
- Pluhar, J.J., R.W. Knight and R.K. Heltschmidt. 1987. Infiltration rates and sediment production as influenced by grazing systems in the Texas rolling plains. *Journal of Range Management.* 40(3):240-243.
- Rauzi, F., and F.M. Smith. 1973. Infiltration rates. Three soils with three grazing levels in Northeastern Co. *Journal of Range Management.* 26:126-129.
- Reid, K.D., B.P. Wilcox, D.D. Breshears, and L. MacDonald. 1999. Runoff and erosion in a Piñon-Juniper woodland: influence of vegetation patches. *Soil. Sci. Soc. Amer. J.* 63: 1869-1879.
- Sánchez, B.C., 1984. Effects of livestock grazing and exclusion on infiltration rates and sediment yields for different range sites on the Plateado watershed Zacatecas, México. Ph.D. Dissertation. New México State University. Las Cruces, New México.U.S.A. 156p.
- Savory A. 1979. Range Management principles underlying short duration grazing. *Beef Cattle Science. Handbook agronomic Services. Found Clovis CA. Journal of Range Management.* 16:375-379.
- Savory, A. 1983. The Savory Grazing Method or Holistic Resource Management. *Rangelands* 5:155-159.
- Savory, A. 1991. Holistic resource management: a conceptual framework for ecologically sound economic modeling. *Ecol. Econ.* 3:181-191.
- Schlesinger, W.H., J.F. Rynolds, G.L. Cunningham, L.F. huenneke, W.M. Jarrel, R.A. Virginia, and W.G. Whitford, 1990. Biological feedbacks in global desertification. *Sci.* 247:1043-1048.
- Schmutz, E.M. 1971. Estimation of range use with grazed class photo guide. Cooperative Extension Service and Agriculture Experiment Station. Bull A-73. The University of Arizona. U.S.A. 15p.

- Schnabel, R.R., A.J. Franzluebbbers, W.L. Stout, M.A. Sanderson, and J.A. Steudeman. 2001. The effects of pasture management practices. p. 291-322. In: R.F. Follet, J.M. Kimble and R. Lal (eds.). The potential of U.S. grazing lands to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Lewis Publisingh, Boca Raton, Fla.
- Serrato, S.R., J.G. Medina T., R. Vásquez A. 1983. Respuesta del pastizal mediano abierto a diferentes sistemas de pastoreo. Monografía Técnico Científica. Departamento Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio narro. Saltillo, Coahuila. 84p.
- >Sierra, T.J.S. 1980. Identificación de las gramíneas, por sus características vegetativas, del Rancho Demostrativo "Los Angeles". Tesis profesional Departamento Recursos Naturales Renovables, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila.
- Smoliak, S., J.F. Dormaar, and A. Johnston. 1972. Long-term grazing effect on *Stipa-Bouteloua* prairie soils. *J. Rnage Manage.* 25:246-250.
- Soriano, A., W. Wolkheimer, H. Walter, E.O. Box. A.A. Marcolin, J.A. Valeini, CD.P. Movia, R.J. Leon, J.M. Gallardo, M. Rumboll, M. Canevari, P. Canevari, and W. Vasina. 1983. Deserts and semi-dessert of Patagonia . P. 423-460 N.E. West (ed.) *Ecosystems of the world. Temperature deserts and semi deserts.* Elsevier, Amsterdam.
- Stout, W.L., S.A. Fales, L.D. Muller, R.R. Schanabel, W.E. Priddy, and G.F. Elwinger. 1997. Nitrate leaching from cattle urine and faeces in Northeast USA. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 61:1787-1794.
- Tamhane, R.L., R.W. Miller y J. C. Shicluna. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Prentice Hall International. Bogotá, Colombia. 624p.
- Tanner, C.C. 1991. A review of cattle grazing effects on lake margin vegetation with observations from dune lakes in northland, New Zeland. *New Zeland Natural Sciences.* 19: 1-14.
- Thurow, T.L., W.H. Blackburn and C.A. Taylor Jr. 1986. Hydrologic Characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems. Edwards Plateau, Texas. *Journal of Range Management* 39(6):505-508.
- Tongway, D. and N. Hindley. 1995. Manual for soil condition assessment of tropical grasslands. Division of Wildl. And Ecol., Csidro, Canberra, Australia.
- Valentin, C., J.M. d´Herbes, and J. Poesen. 1999. Soil and water components of banded vegetation paterrerns. *Catena* 37: 1-24.

- Vélez, M., Vélez., J. 2002. Capítulo 8:Infiltración. Universidad Nacional de Colombia, Unidad de Hidráulica.
<http://poseidon.unalmed.edu.co/materias/hidrologia.html>
- Warren, S.D., W.H. Blackburn, and C.A. Taylor Jr. 1986a. Soil hydrologic response to number of pastures and stocking density under intensive rotation grazing. *Journal of Range Management*. 39:500-504.
- Warren, S.D., W.H. Blackburn, and C.A. Taylor Jr. 1986b. Effects of season and stage of rotation cycle on hydrologic condition of rangeland under intensive rotation grazing. *Journal of Range Management*. 39(6):486-490. Warren et al. 1986b).
- Wedin, D.A. and D. Tilman. 1990. Species effects on nitrogen cycling: a test with perennial grasses. *Oecologia* 84-433-441.
- Weding, D.A. 1996. Nutrient cycling in grass-lands: An ecologist's perspective. p. 29-44 In: R.E. Joost and C.A. Roberts (eds.) *Nutrient cycling in forage systems*. Proc. Sym. March 7-8, 1996 Columbia, MO. Potash and Phosphate Inst. and the Found. for Agron. Resaerch, Manhattan, Kans.
- Weixelman, D.A., D.C. Zamudio, K.A. Zamudio, and R.J. Tausch. 1997. Classifying ecological types and evaluating site degradation. *J. Range Manage.* 50: 325-321.
- Whitehead, D.C., 1995. Consumption, digestion and excretion of nitrogen by ruminant livestock p. 59-81. In D.C. Whitehead (ed.), *Grassland Nitrogen*. CAB. International, Wallingford, Oxon, U.K.
- Whitford, W.G. and J.E. Herrick. 1996. Rangelands in a sustainable biosphere , p. 33-37. In: N.E. West (ed.) *Maintaining soil processes for plant productivity and community dynamics*. Proc. Of the 5th Int. Rangeland Congr., Soc. For Range Manage., Denver, Colo.
- Wilcox, B.P., M.K. Wood, and J.M. Tromble. 1988. Factors influencing infiltrability of semiarid mountain slopes. *Journal of Range Management*. 41:197-206.
- Wood, M.K. and W.H. Blakburn. 1984. Vegetation and soil responses to cattle grazing systems in the Texas Rolling Plains. *J. Range Manage.* 37: 303-308.
- Wood, M.K. and W.H. Blakburn. 1981a. Grazing systems: their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. *J. Range Manage.* 34: 331-335.
- Wood, M.K., and W.H. Blackburn. 1981b. Sediment production as influenced by livestock grazing in the Rolling Plains. *Journal of Range Management*. 34(3):228.

Wood, M.K., W.H. Blackburn., H.A. Pearson and T.K. Hunter. 1989. Infiltration and runoff water quality response to silvicultural and grazing treatments on a Longleaf Pine Forest. *Journal of Range Management*. 42(5):378.381.

ANEXO FIGURAS

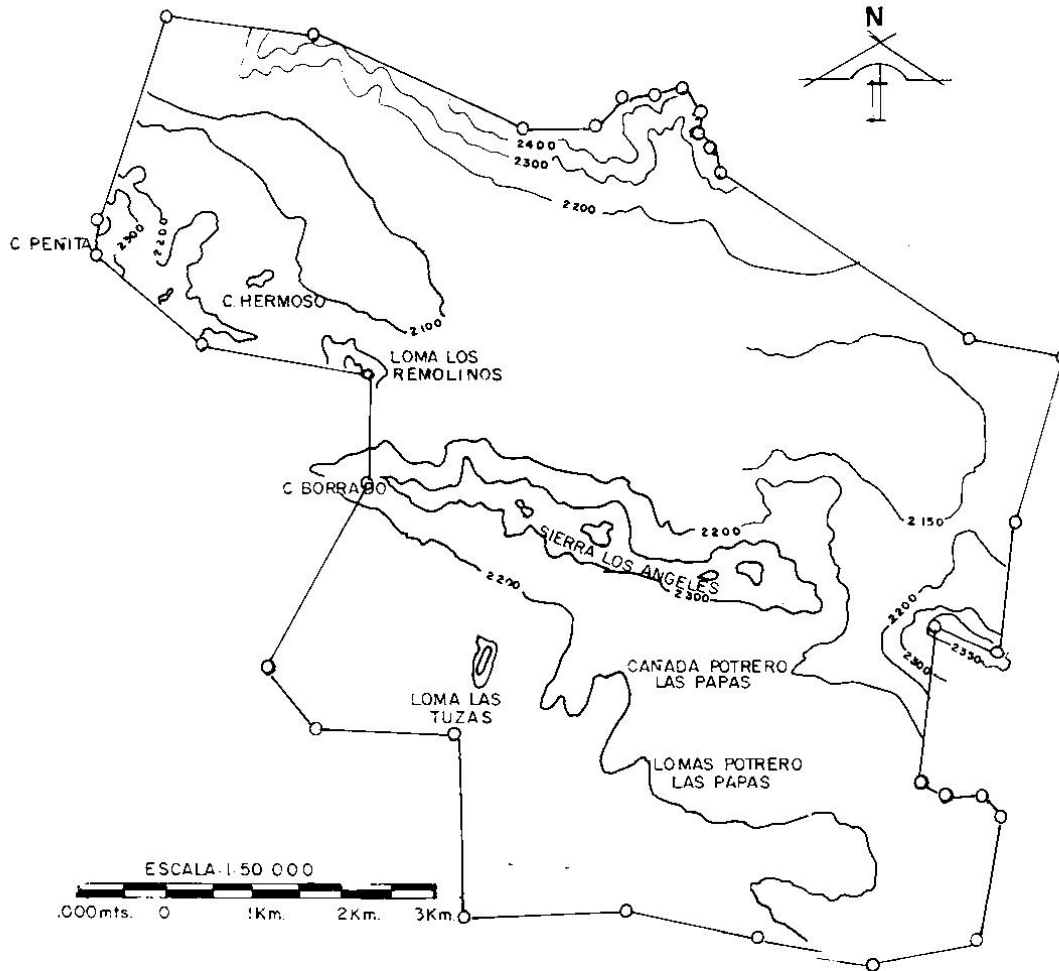
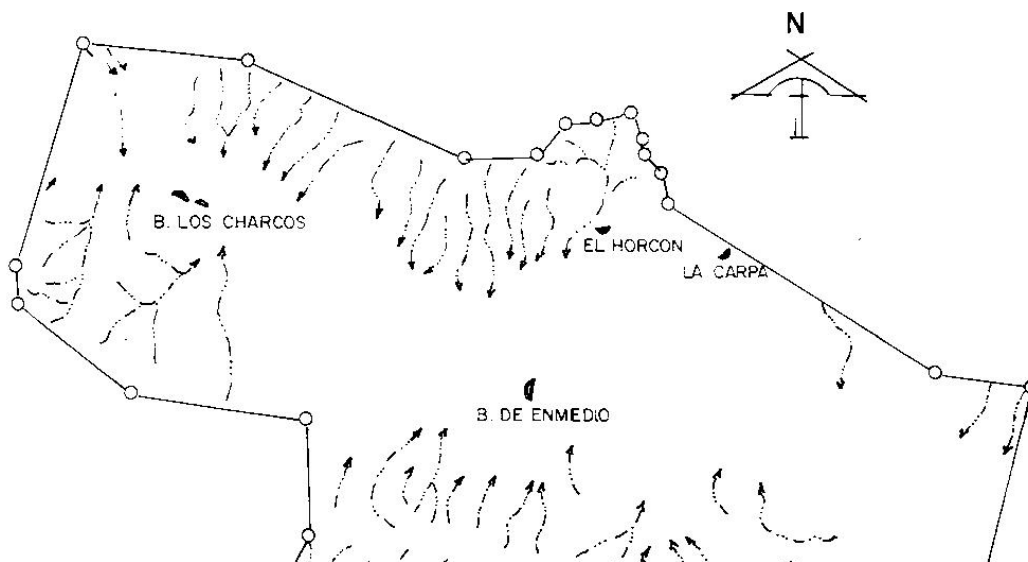
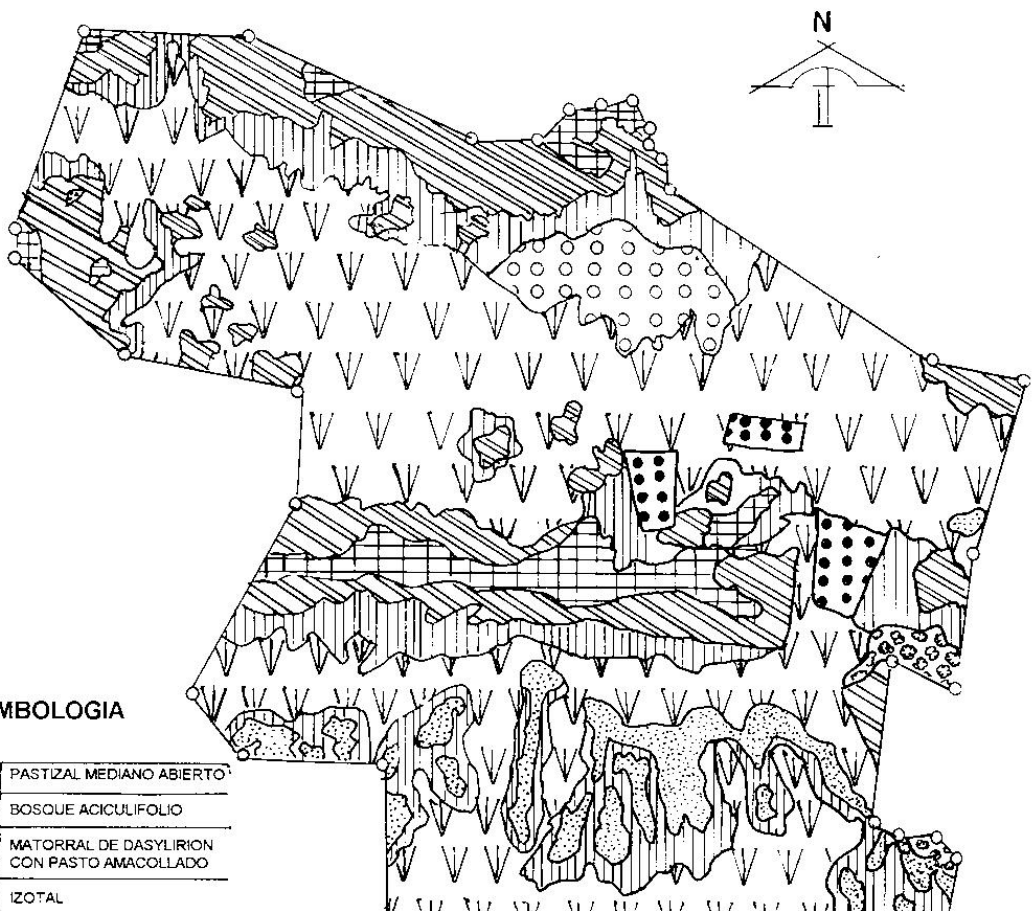


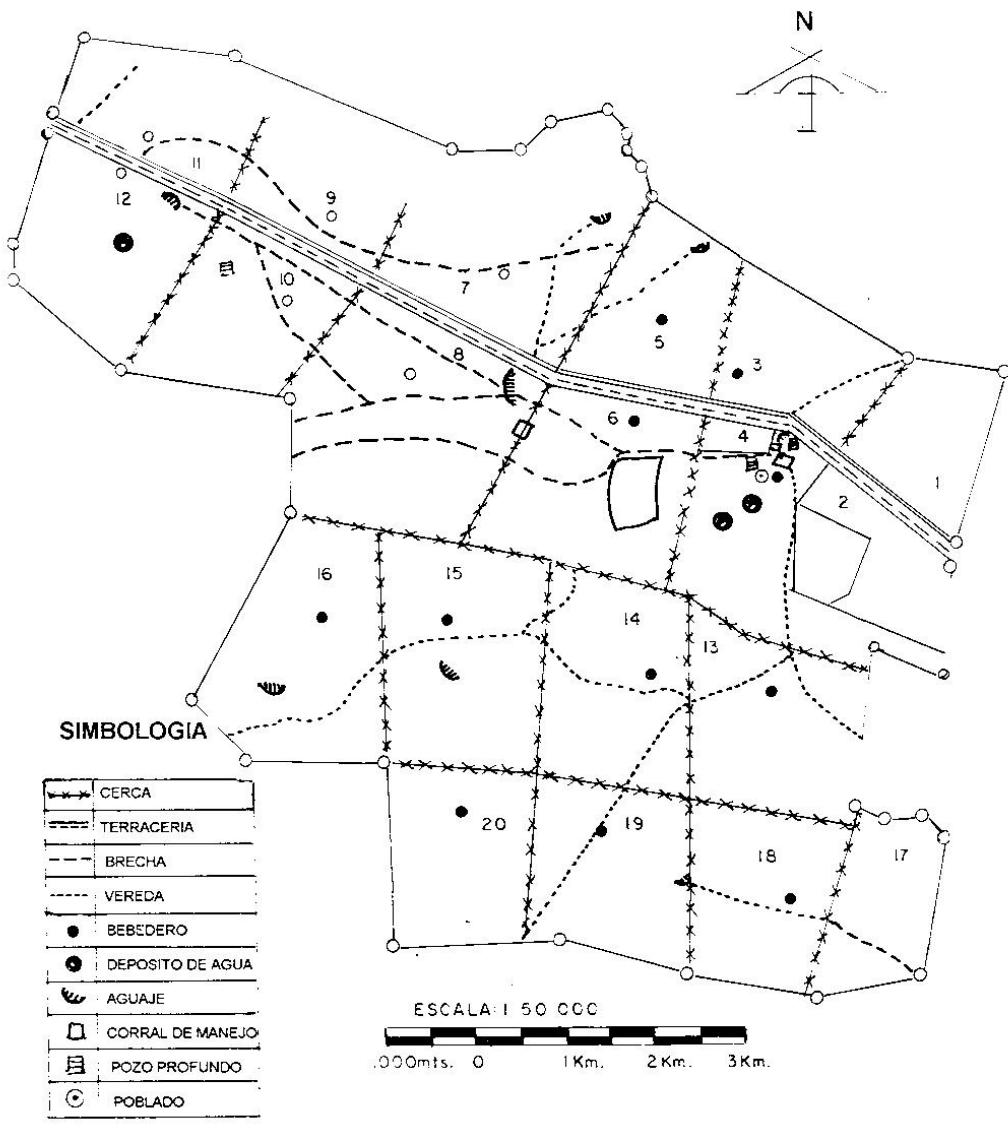
Figura 1. Fisiografía del “Rancho los Ángeles”





SIMBOLOGIA

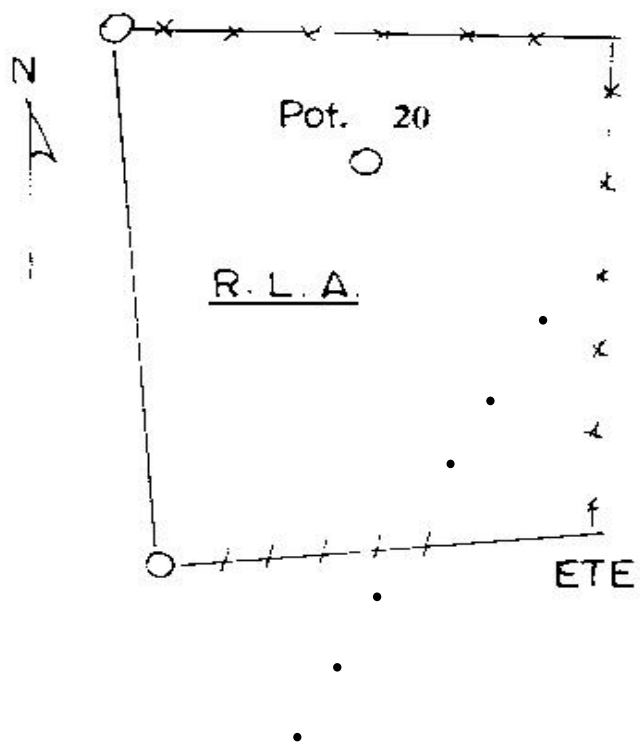
	PASTIZAL MEDIANO ABIERTO
	BOSQUE ACICULIFOLIO
	MATORRAL DE DASYLIRION CON PASTO AMACOLLADO
	IZOTAL



SIMBOLOGIA

	CERCA
	TERRACERIA
	BRECHA
	VEREDA
	BEBEDERO
	DEPOSITO DE AGUA
	AGUAJE
	CORRAL DE MANEJO
	POZO PROFUNDO
	POBLADO

ESCALA: 1 50 000
 000mts. 0 1Km. 2Km. 3Km.



SIMBOLOGIA:

- PUNTOS DE MUÉSTREO
- +++ CERCA DE DIVISION

Figura 5. Lugar de muestreo.

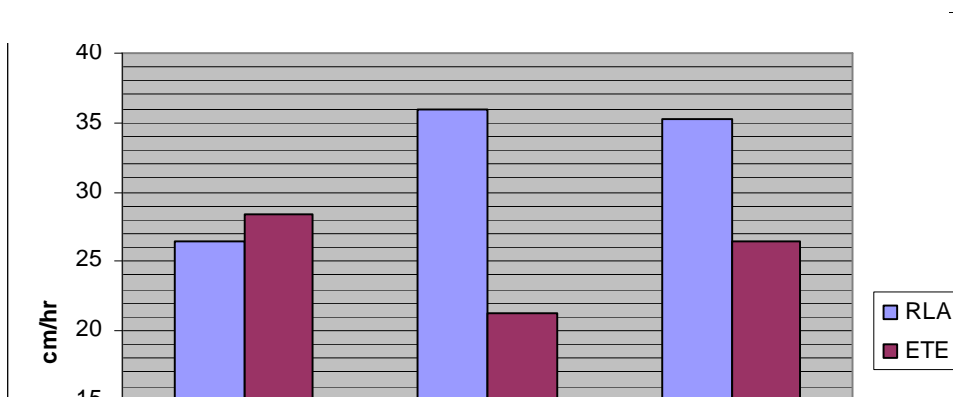


Figura 6. Tasas de infiltración en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a inicio de primavera en el Municipio Saltillo.

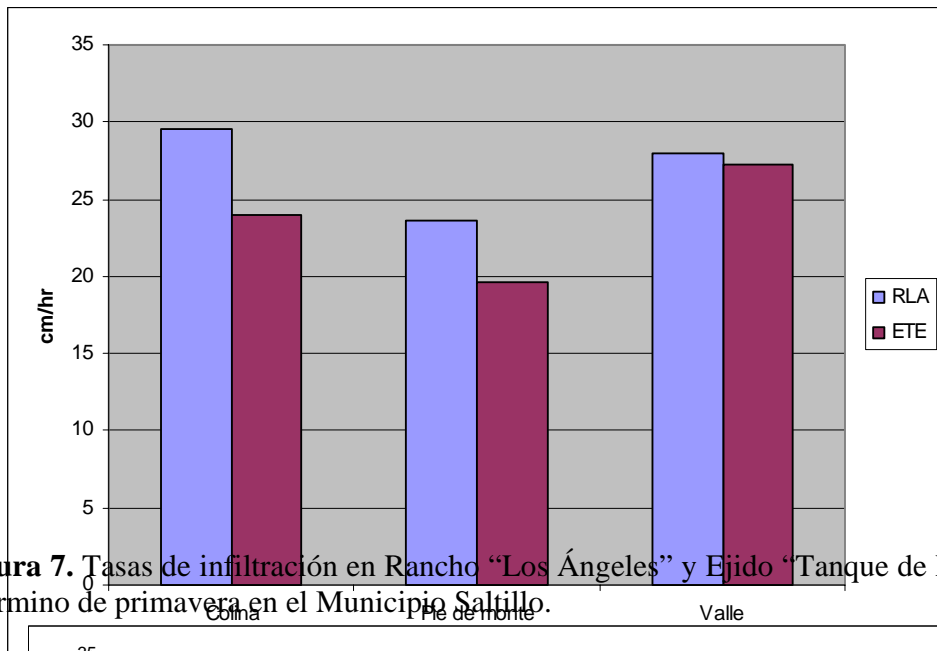


Figura 7. Tasas de infiltración en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a término de primavera en el Municipio Saltillo.

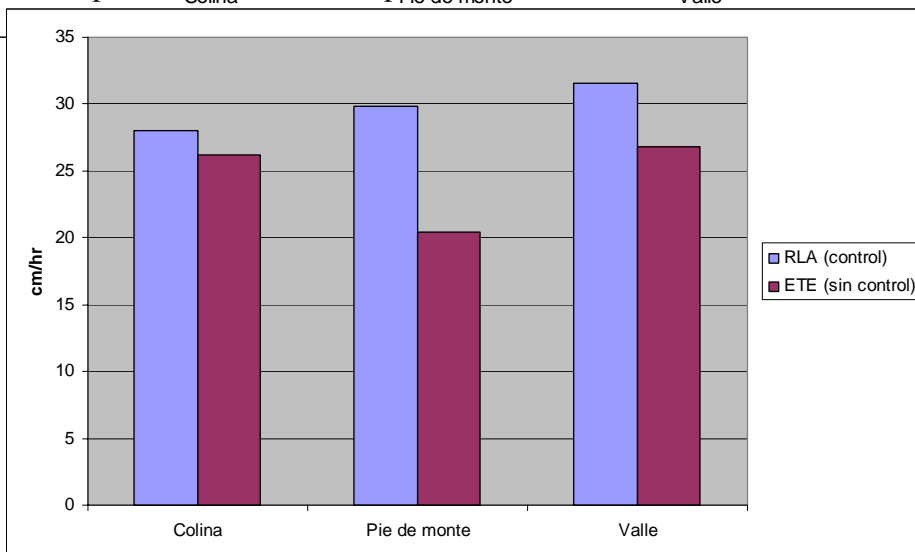


Figura 8. Tasas de infiltración final en Rancho “Los Ángeles” y Ejido “Tanque de Emergencia” a inicio y término de primavera en el Municipio Saltillo.

Localidad:	Posición	Cobertura Vegetal (%)	Pedregosidad (%)
Rancho L.A (control).	Ladera	56.25	12.00
	Pie de monte	64.58	2.00
	Valle	68.58	2.00
Ejido T.E (sin control).	Ladera	44.58	11.67
	Pie de monte	37.50	1.00
	Valle	43.33	0.00

ANEXO CUADROS

Cuadro 1. Valores medios de cobertura vegetal y pedregosidad en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.

Rancho Los Ángeles			Ejido Tanque de Emergencia		
Ladera	Pie de monte	Valle	Ladera	Pie de monte	Valle
5.17%	3.38%	3.77%	4.67%	3.30%	3.30%
			Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)
Rancho L.A (control).	Ladera		41.79	27.83	30.38
	Pie de monte		39.67	30.71	29.63
	Valle		29.96	30.96	39.08
Ejido T.E (sin control).	Ladera		35.75	29.88	34.38
	Pie de monte		42.21	25.21	32.58
	Valle		44.13	25.21	33.00

Cuadro 2. medios del de materia las distintas de estudio municipio

Valores porcentaje orgánica en localidades en el de Saltillo.

Localidad:	Posición	Da (g cm ⁻³):	Porosidad (%)
Rancho L.A (control).	Ladera	1.04	60.68
	Pie de monte	1.12	58.87
	Valle	1.08	59.09
Ejido T.E	Ladera	1.07	59.53

Cuadro 3. medios de suelo en las localidades el municipio

Valores textura del distintas de estudio en de Saltillo.

(sin control).	Pie de monte	1.16	59.07
	Valle	1.09	58.24

Cuadro 4. Valores medios de Da y porosidad del suelo en las distintas localidades de estudio en el municipio de Saltillo.