

EFFECTO DE LA EPOCA Y GRADO DE USO DEL
PASTIZAL MEDIANO ABIERTO SOBRE LA
INFILTRACION Y LA EROSION

JESUS RODOLFO FLORES ZAVALA

T E S I S

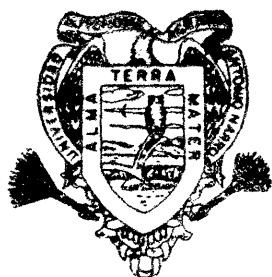
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN MANEJO DE PASTIZALES

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

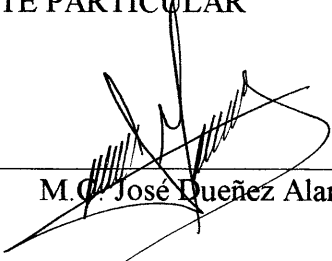
NOVIEMBRE DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS DE MANEJO
DE PASTIZALES

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal :



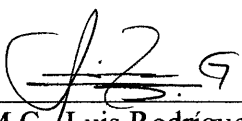
M.C. José Dueñez Alanís

Asesor:

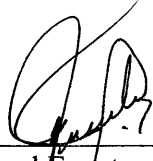


M.C. Luis Pérez Romero

Asesor :



M.C. / Luis Rodríguez Gutiérrez



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Noviembre de 1997.

IN MEMORIUM

Con profundo respeto y agradecimiento dedico a la Memoria del Dr. Julian Gutiérrez Castillo el presente; por la huella indeleble que impregnó en Mí vida y en mi carrera. Por el trato cordial y afable. Por su gran Capacidad y Espíritu de Servicio, por la conducción, asesoría y orientación técnica para la realización de este trabajo, con una participación y empeño incondicional. Por el gran apoyo que de su parte recibí de siempre.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. José Dueñez Alanis por la valiosa asesoría, conducción y participación, al igual que la revisión del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Luis Pérez Romero y al Ing. M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez por su participación y valiosa asesoría, así como la revisión de este trabajo.

Al Ing Manuel De Luna Romero y al Ing M.C. Cesar Treviño de la Fuente, a los Srs. Juan Betancourt Villanueva y Francisco Rodríguez por su desinteresada colaboración y apoyo en todo el proyecto.

A la Academia de Manejo de Pastizales por proporcionarme sus conocimientos y amistad e inculcar en mí el deseo de desarrollo.

Al Departamento de Recursos Naturales Renovables, así como a todas las personas que de alguna forma contribuyeron para la realización de este trabajo y que de manera involuntaria fueron omitidas.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

Elsa Laura; quien con todas mis limitantes, con amor
me brindó su apoyo incondicional

A MIS HIJOS

Laura Paola

Lucia Pamela

y

Rodolfo

A MIS PADRES

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS

A MI ALMA MATER

Efecto de la Época y Grado de Uso del Pastizal Mediano

Abierto Sobre la Infiltración y la Erosión

Por

JESÚS RODOLFO FLORES ZÁVALA

MAESTRIA EN CIENCIAS DE MANEJO

DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 1997

Ing. M.C. José Dueñez Alanis - Asesor -

Palabras clave: Época de Uso, Grado de Uso, Densidad de Carga, Infiltración,
Erosión, Concentración de Sedimentos, Erosión Laminar,
Simulación de lluvia, Pastizal Mediano Abierto.

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar el efecto de cinco grados de uso en dos épocas del año sobre la infiltración y la erosión en un Pastizal Mediano Abierto y determinar algunas variables de suelo y vegetación que influyen en la tasa de infiltración y la pérdida de suelos en el escurrimiento.

El estudio se realizó en el Rancho Demostrativo “Los Angeles” durante los meses de junio-julio de 1990 y enero-febrero de 1991, identificándose como época de crecimiento y época de letargo, respectivamente. El grado de uso del pastizal se consideró en base a la densidad de carga y producción de forraje en cero, 25, 50, 75 y 100 por ciento; en cada época de utilización.

En el presente trabajo se utilizó un simulador de lluvia similar al descrito por Blackburn; en cada evento de simulación se aplicó una intensidad de 120 cm/h sobre parcelas experimentales de un metro cuadrado durante 40 minutos y el escurrimiento superficial se recolectó a intervalos de cinco minutos. La tasa de infiltración fue definida por la diferencia entre la intensidad de lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento de cada periodo de tiempo especificado; del escurrimiento total recolectado en cada prueba se tomó una muestra de un litro, separando los sólidos por sedimentación y obtener la concentración de sedimentos y la erosión laminar. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial; las variables de suelo y vegetación que influyeron en la infiltración y erosión se analizaron por el método de regresión múltiple “stepwise”.

Los resultados indican que al inicio de las pruebas de simulación la infiltración no es afectada por la época o grado de uso; después de los 10 minutos, sus tasas se muestran mayores en la época de letargo y una disminución en sus valores cuando se hizo uso del pastizal; así mismo, se observó que la interacción entre los dos factores afecta significativamente cuando el grado de uso es mayor a un 50 por ciento, durante la época de letargo. La concentración de sedimentos y la erosión laminar presentó diferencia significativa con respecto a los grados de uso del pastizal superiores al 50 por ciento y una relación positiva con los grados de uso menores al 25 por ciento.

Las variables de suelo que presentaron mayor influencia sobre la infiltración fue la densidad aparente y el contenido inicial de humedad, acentuándose principalmente en la época de letargo, así mismo se observó un efecto en la infiltración por el incremento del suelo desnudo para la época de letargo, considerándose ésto al bajo contenido de humedad y la condición del pastizal en este periodo del año. En relación a las variables de vegetación que afectaron la concentración de sedimentos y erosión laminar fueron la cobertura aérea de gramíneas y en segundo término el porcentaje de suelo desnudo.

Effects of the Edge and Grade Use in Short Range on
Infiltration and Erosion

By

JESÚS RODOLFO FLORES ZAVALA

Master Science on
Range Management

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVEMBER 1997

M.C. José Dueñez Alanis - Advisor -

Key words: Use Edge, Use Grade, Stoking Density, Infiltration, Sediments
Concentration, Interril Erosion, Rain Simulator, Short Range.

Objetives of study was to evaluate effects for five use grades in two edge of
the year on infiltration and erosion interrill from short range, and determinig the influence
of vegetation and soil characteristic on the rate infiltration and soil loss from flow surface.

The study area was Rancho Demostrativo Los Angeles, and the estimation
through June and July in 1991, and January and Febrery in 1991, growing and
dormance, respectively. The use was to estimate from stoking density and herbace yield
for zero, 25, 50, 75, and 100 per cent on each edge.

Rain simulation has intensity of 120 cm/h, and applied on square meter plot for 40 minutes; the flow surface was recollected each five minutes; the infiltration rates was estimate from the difference of intensity rain applied and rate surface runoff on each time period that one. The surface runoff recollectated on each event of rain simulation it taked one liter separating the solids by sedimentation, and interrill erosion estimated by total volumen of runoff and the area plot, translation to g/l and kg/ha, respectively. The field dates was analicing for factorial of trataments; the vegetation and soil characteristics was relationed by multiple regression.

The infiltration do not was affect by use edge or grade at five minutes; at 10 minutes the infiltration rate were aument in dormance edge use and grade affecting significatively when use after 50 percent, in dormance edge. The sediment characteristics and interrill erosion was significates on 50 percent use range and they are to have relationed positive at 25 percent.

From soil characteristics the most effects was density bulk and moist soil inicial on infiltration rates, principally on dormance edge, the bare soil affecting the infiltration due to the low wetteing soil and range condition. The vegetation charcteristics that an influencing the sediment concentration and interrill erosion were aerial grass cover and bare soil.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xiv
ÍNDICE DE CUADROS -----	xv
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivos -----	3
Hipótesis -----	3
Justificación -----	4
REVISIÓN DE LITERETURA -----	6
Uso del Pastizal -----	6
Estación de Uso del Pastizal -----	7
Épocas de Crecimiento -----	9
Infiltración -----	10
Efectos del Apacentamiento en la Infiltración -----	12
Erosión -----	19
Efectos del Apacentamiento Sobre la Erosión -----	19
MATERIALES Y MÉTODOS -----	24
Descripción General del Area de Estudio -----	24
Metodología -----	30

Simulación de Lluvia. _____	32
Estimación de la Tasa de Escurrimiento _____	33
Estimación de la Tasa de Infiltración _____	33
Estimación de la Erosión, Concentración de Sedimentos y Erosión Laminar _____	33
Estimación de Características de Vegetación _____	34
Estimación de características del Suelo, Textura, Contenido de Humedad, Densidad Aparente y Contenido de Materia Orgánica _____	35
Análisis Estadístico _____	36
Descripción de los Tratamientos _____	36
Diseño Estadístico _____	37
Prueba de Medias _____	37
Análisis de Regresión Múltiple _____	37
RESULTADOS _____	38
Infiltración _____	38
Erosión _____	45
Concentración de Sedimentos _____	45
Erosión Laminar _____	46
Características de Vegetación _____	52
Características del Suelo _____	52
Variables que influyen la Infiltración _____	55
Variables que influyen la Erosión _____	55
DISCUSIÓN _____	58

Infiltración -----	58
Erosión -----	61
Concentración de Sedimentos -----	61
Erosión Laminar -----	62
CONCLUSIONES -----	64
RESUMEN -----	66
LITERATURA CITADA -----	69

INDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
4.1 Valores de "F" del efecto sobre la infiltración que presenta la época de utilización (A) y el grado de uso (B) y su interacción (AB) a diferentes periodos de tiempo. _____	40
4.2 Valores medios de tasas de infiltración (cm / hr) a intervalos de tiempo de los tratamientos y su respuesta a la prueba de Medios por el método de Tukey _____	43
4.3 Niveles de significancia estadística para la concentración de sedimentos y erosión laminar y grados de uso, así como su interacción. _____	49
4.4 Comparación de tratamientos de los valores medios de concentración de sedimentos (gr/l) y erosión laminar (kg/hr) para los grados de uso en la épocas de estudio por el método de Tukey. _____	51
4.5 Valores medios de características de la vegetación obtenidas en los diferentes grados de uso del pastizal en la épocas en estudio. _____	53

CUADRO

PÁGINA

4.6	Valores medios de las características físicas del suelo registrados en los diferentes grados de uso del pastizal en las épocas de estudio. __	54
4.7	Valores del coeficiente de determinación de las variables que influyen en la infiltración del suelo durante las dos épocas de estudio. _____	56
4.8	Valores del coeficiente de determinación de las variables de vegetación y suelo que influyen sobre la concentración de sedimentos y erosión laminar. _____	57

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
3.1 Ubicación y plano de infraestructura del Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles" (Tomado de Serrato et. al., 1983) _____	26
3.2 Tipos de vegetación del Rancho Experimental Ganadero "Los Ángeles" y ubicación del sitio experimental. _____	28
4.1 Valores medios de infiltración para la época de crecimiento en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto. _____	41
4.2 Valores medios de infiltración para la época de Letargo en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto. _____	42
4.3 Valores medios de concentración de Sedimentos en las épocas de utilización en estudio. _____	47
4.4 Valores medios de erosión laminar en diferentes épocas y grados de uso del Pastizal Mediano Abierto. _____	48

INTRODUCCIÓN

El principal factor a considerar en el estudio de los ecosistemas del pastizal a través del tiempo, y la relación que guardan los componentes, procesos e interacciones de los mismos dentro de un equilibrio en la naturaleza, es el hombre, quien al ser eminentemente productivo y el dejar de ser sensitivo a las alteraciones que realiza en el ambiente. Algunas causas que se observan asociadas a los recursos agua, suelo y vegetación es el manejo que se proporciona a ellos, la dinámica natural que se presenta entre dichos recursos y la utilización con la cual degrada y produce graves consecuencias en los mismos, en forma particular en la disminución de la infiltración, la disminución del nivel freático, el incremento de los escurrimientos y la erosión de los suelos.

En los pastizales la infiltración y el escurrimiento son considerados procesos de vital importancia para el manejador, ya que de ellos depende la cantidad disponible de humedad en el suelo para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y en consecuencia la producción de forraje, por lo que cualquier alteración en el fenómeno infiltración-escurrimiento tiene una consecuencia en el balance de agua en las cuencas de pastizales.

El estudio del comportamiento hidrológico en diferentes épocas y grados de uso del pastizal, es un conocimiento necesario y complementario para la planeación y manejo de los ecosistemas de pastizal sobre todo de aquellos enclavados en áreas críticas o estratégicas de una cuenca hidrológica; todo lo anterior es debido a que de su óptimo manejo depende la cantidad y calidad de agua que se puede producir y la humedad disponible para la vegetación.

Por lo anterior, resulta de gran importancia analizar y estimar los efectos de la actividad del ganado en una superficie dada con características de uso conocido, para así determinar el impacto del manejo dentro de un área de pastizal, y conocer el efecto del uso del suelo sobre los procesos hidrológicos de infiltración, escurrimiento y erosión.

Dada la importancia que representa el grado de uso, las intensidades de carga y la época de utilización de los pastizales es necesario evaluar su efecto sobre la infiltración y la erosión.

Objetivo General, Evaluar los efectos sobre la infiltración y erosión por la época y grado de uso de un Pastizal Mediano Abierto del Rancho "Los Angeles".

Objetivos Específicos

Analizar el impacto de la época de utilización del Pastizal Mediano Abierto sobre las tasas de infiltración y erosión laminar.

Determinar el efecto de diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto sobre las tasas de infiltración y la erosión laminar.

Determinar algunos factores del suelo y vegetación que influyen sobre las tasas de infiltración y la erosión laminar.

Hipótesis

De los objetivos planteados se deriva las siguientes hipótesis:

Ho1: Las tasas de infiltración y la erosión laminar no son afectadas por la época de apacentamiento de un Pastizal Mediano Abierto.

Ho2: Las tasas de infiltración y erosión laminar no son afectadas por el grado de uso del Pastizal Mediano Abierto.

Ho3: La infiltración y la erosión no son influenciadas por algunas características del suelo y vegetación de un Pastizal Mediano Abierto. “

Justificación.

El presente trabajo pretende contribuir al conocimiento del comportamiento de los procesos hidrológicos en un pastizal teniendo como base el uso del suelo y mejorar las técnicas de manejo del pastizal que tiendan a un óptimo de los recursos vegetación, suelo, agua, y que apoyen al manejador de pastizales en la definición de áreas críticas que requieran de una práctica de manejo específica y adecuada para la conservación y fomento de los recursos naturales asociados al pastizal.

Además, según Gutiérrez et al. (1989, 1990) se requiere de información básica que apoye al entendimiento de los procesos hidrológicos que ocurren en el pastizal: El Comportamiento de los procesos de precipitación, infiltración, evaporación y erosión. Los cuales son necesarios para complementar la planeación del uso y manejo de los pastizales, sobre todo aquellos enclavados en áreas críticas o estratégicas de una cuenca hidrológica.

Por otro lado, dentro de cualquier predio ganadero uno de los grandes apoyos en la toma de decisiones para el manejo del pastizal es la información generada por investigaciones sobre los diferentes sistemas de apacentamiento y los efectos que producen con la modificación y/o cambio en el balance de agua y las características

del suelo y vegetación. El conocimiento del impacto del apacentamiento debe ser considerado como una herramienta aplicada hacia un manejo adecuado del pastizal acorde con su conservación y mejoramiento, no únicamente con el recurso vegetal sino también con otros recursos asociados como el agua y el suelo.

REVISION DE LITERATURA

Uso del Pastizal

Uso del pastizal se define como la defoliación por los animales de plantas arraigadas en el suelo (Huss, 1964). Se considera como el consumo del forraje en pie por el ganado o la fauna (Kothmann *et al.*, 1974), o la defoliación de las partes superficiales de la planta (Hodgson, 1979); Huss (1964) señala que el uso del pastizal es la proporción de producción de forraje de un año que es consumida o destruida por animales en apacentamiento. Heady (1975) menciona que la pérdida o destrucción del forraje puede ser por insectos, lagomorfos y roedores, y el viento al desprender semillas, hojas y tallos en letargo, llamándose pérdidas por uso invisible.

Huss y Aguirre (1973) mencionan que el grado de uso del pastizal puede expresarse subjetivamente en términos de porcentaje, o bien como sin uso, uso completo, uso severo o destructivo; siendo importante definir entre uso y uso adecuado, donde el uso adecuado es aquel que mantiene y mejora la condición del pastizal en base a los objetivos de planeación y dirección del pastizal, por lo que un uso del cero por ciento puede ser un uso adecuado, dependiendo de la condición del mismo pastizal (Heady, 1975).

Estación de Uso del Pastizal

El uso estacional se refiere al apacentamiento de una área durante una estación específica del año, como primavera, verano, otoño o invierno; este tipo de apacentamiento es realizado donde existen diferencias fenológicas estacionales en el desarrollo de la vegetación (Huss y Aguirre, 1973). Heady (1954) menciona que apacentamiento estacional es el uso del pastizal, en un cierto periodo de tiempo, para alcanzar uno o más de los siguientes objetivos: a) Rehabilitar la condición del pastizal y estabilizar el suelo; b) Sostener una alta producción animal; c) Uso eficiente del forraje; d) Cubierta de especies deseables y reducción de especies indeseables; y 5) Disminución en la selectividad en el pastizal por el animal.

Coyne y Cook (1970) indican que de acuerdo al uso del pastizal, la respuesta de las plantas al tiempo y grado de uso, existe una menor recuperación en las especies que han sido defoliadas en su periodo activo de crecimiento, debido a una menor reserva de carbohidratos en las plantas. De igual manera, Aguirre (1974) menciona que la utilización del pastizal como el factor determinante del uso, al interactuar un gran número de factores dentro del ecosistema pastizal, y la densidad de carga y la distribución del apacentamiento son determinantes en la planeación y uso del forraje después del periodo de crecimiento, por lo cual un uso del 50 por ciento puede considerarse una utilización adecuada.

En la actualidad no hay un método eficaz y universal para determinar la utilización del pastizal, las metodologías desarrolladas para determinar el grado de utilización del pastizal son (Aguirre, 1974): a) Empleo de Exclusiones; b) Método Relación Altura de la Planta - Producción; c) Método de Planta Consumida; d) Guías Fotográficas; y e) Monitoreo o Estimaciones.

Además de estas técnicas existen otras modalidades, pero cada una tiene su metodología para la estimación del grado de uso del pastizal. Cook y Stoddart (1953) manifiestan que el uso y manejo de la vegetación implica tratamientos tales como: estacionalidad, intensidad y descanso al pastoreo, pero existen factores que afectan el uso del pastizal, como es la composición de la vegetación, la abundancia y el vigor de las plantas, la reproducción, las plantas tóxicas, la erosión, la topografía, el agua, la fauna silvestre y el fuego; de tal manera, el área puede quedar clasificada en diferentes clases de uso, leve, moderado o severo, y la condición del pastizal como el resultado de dicho uso, haciendo estos factores más difícil la determinación del uso del pastizal (Aguirre y Carrera, 1974)

Tergas (1982) menciona que la carga animal es el factor más importante, debido a la interacción entre la disponibilidad del forraje y el crecimiento de la vegetación, la defoliación y el consumo del forraje por los animales, variando de acuerdo a las características morfológicas y fisiológicas de las plantas.

Martín (1973) encontró que la mejor respuesta de los zacates perennes a la lluvia, es cuando se les protege del uso, dos de cada tres años. Serrato *et al.* (1983) recomiendan que se aisle a la vegetación para influenciar la cobertura basal de zacates perennes con el no uso del pastizal.

Coss (1987) encontró mayor producción y cobertura basal absoluta de zacates perennes al descansar el pastizal en la época de crecimiento dos de cada tres meses, y a su vez, las hierbas disminuyeron en cobertura basal al descansar el pastizal en épocas de crecimiento.

Épocas de Crecimiento

En el norte de México del total de la precipitación anual, únicamente un 40 por ciento es aprovechada por las plantas y el resto se pierde por evaporación, escurrimiento y caída fuera del periodo de crecimiento vegetativo (Gutiérrez *et al.*, 1990); en este sentido, Reed y Peterson (1961) señalan que en áreas donde el clima es el principal factor en los cambios de la vegetación, aunado al apacentamiento intensivo y a los efectos de sequía, se vuelve vital el conocimiento del periodo de manejo óptimo para mejorar la condición del pastizal.

En diversos estudios, se ha demostrado que el forraje en la época de crecimiento es abundante y disminuye con la madurez de las plantas, además, con la precipitación aumenta el contenido de nitrógeno, fósforo y grasas solubles de la

planta en crecimiento, mientras que con la sequía disminuye el contenido protéico y fosfórico y aumenta la cantidad de calcio y fibra cruda.

Lascano (1982) al estudiar el efecto de la época de crecimiento y la selectividad del animal, encontró que la dieta de becerros, al final de la época de lluvias y durante la sequía, reduce la calidad de las gramíneas en los meses siguientes. Además, señala al uso del pastizal y la producción animal relacionados con la cantidad de especies forrajeras del pastizal, cuando los factores asociados al consumo del forraje permanecen constantes.

Infiltración

Infiltración es el término aplicado al proceso por medio del cual el agua pasa de la atmósfera al suelo a través de la superficie del mismo (Kirkby y Morgan, 1984), este proceso es una herramienta de gran importancia para el manejador de los recursos naturales para poder determinar el uso óptimo del suelo, agua y los factores asociados con los procesos hidrológicos (Branson et al., 1981).

El proceso de infiltración determina la cantidad de agua disponible para las plantas, la humedad del suelo y la recarga de acuíferos; además, juega un papel importante en la cantidad de agua que puede producir una cuenca bajo condiciones de aridez, por lo cual su conocimiento es básico para un manejo eficiente del suelo y agua (Hillel, 1971; Gutiérrez et al., 1979).

La entrada del agua al suelo por unidad de tiempo se conoce como tasa de infiltración (Branson, 1981; Hewlett, 1982; Gutiérrez et al. 1988, 1990). Por otra parte, Horton (1933) establece una tasa de infiltración máxima y una mínima, la primera ocurre al inicio de cualquier evento de precipitación y cuando la tasa permanece constante se llama mínima, esta última se denomina infiltración básica o final (Hillel, 1971; Gutiérrez et al., 1979; Wood y Blackburn, 1981a; Narro, 1987).

Factores que Afectan la Infiltración

Gifford (1984) menciona que la infiltración en el pastizal presenta cuatro características de gran importancia: a) Cada complejo Planta-Suelo presenta un patrón característico de infiltración; b) Las tasas de infiltración para un tipo de suelo varían en función de las etapas sucesionales o clases de condición de la vegetación; c) Las tasas de infiltración en un sitio muestran variabilidad temporal y espacial; y d) Las tasa de infiltración son extremadamente sensitivas a varios factores de manejo y uso del suelo.

Wood y Blackburn (1981b) indican que los factores relacionados a la infiltración son definidos por las condiciones edáficas, climáticas, topográficas y principalmente por las características y condiciones de la vegetación; además, señalan que el tipo de vegetación y la cubierta vegetal modifican la relación suelo-planta de una área y el manejo que se realiza para mejorar la cubierta vegetal modifican las tasas de infiltración y la erosión.

Musgrave (1955) agrupa los factores que afectan la infiltración en cinco categorías: a) Características de la superficie del suelo; b) Características de la masa del suelo; c) Condición de la humedad en el suelo; d) Características de la precipitación; y e) Cambios sucesionales de la vegetación.

Por su parte Moore *et al.* (1979) y Branson *et al.* (1981) agrupan los factores que influyen en la infiltración en un suelo, en seis grandes 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 material paretal, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y contenido de sodio; d) Factores bióticos del 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.

Efectos del Apacentamiento en la Infiltración

La infiltración como parte fundamental del balance de agua ha sido estudiada para determinar la influencia y el impacto hidrológico que ocasionan los animales domésticos, la fauna silvestre y la relación hervívoro-planta en diferentes sistemas de

apacentamiento y densidades de carga animal, así como cambios y tratamientos del suelo y vegetación.

Warren et al. (1986a) estudiaron los efectos de estación de uso del apacentamiento en un sistema intensivo sobre la infiltración, encontrando que las tasas de infiltración y el efecto detrimental se presentó durante el uso en el período de crecimiento activo de las plantas.

Busby y Gifford (1981) señalan que el apacentamiento 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 la compactación del mismo por el pisoteo. Por su parte, Lusby (1970) encontró que la disminución de la vegetación en áreas apacentadas, incremento en la cantidad de suelo desnudo, afectando con ello las tasas de infiltración e incrementó en los escurrimientos superficiales, con diferencias hasta por un 45 por ciento entre áreas apacentadas y sin apacentar.

Al evaluar las tasas de infiltración, la vegetación y el manejo de apacentamiento, McGinty et al. (1979) en un sistema rotacional diferido de cuatro potreros, en un sistema continuo y en una exclusión 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

encontró una influencia con la biomasa de las plantas, la densidad aparente, la profundidad del suelo y el microrrelieve.

Blackburn *et al.* (1981) y 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, tiene un incremento en 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 un decremento de la infiltración.

Pluhar *et al.* (1987) al estudiar el efecto de los sistemas de apacentamiento continuo con uso moderado, y un rotacional diferido y una exclusión sobre la infiltración encontraron que éstas aumentaban a medida que se incrementaba la biomasa, la cobertura vegetal, el contenido de materia orgánica y la estabilidad de agregados y cuando decrecía la densidad aparente; concluyen 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 apacentamiento 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 microrrelieve del suelo y el porcentaje de pedregosidad.

Al realizar estudios del efecto del apacentamiento en tres tipos de vegetación, Thurow et al. (1986) concluyen 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.

Al analizar las densidades de carga sobre las tasas de infiltración Warren et al. (1986a) señalan que a mayor densidad de carga se tiene menor infiltración, y disminuye aún más con el pisoteo periódico, y si se incrementa la capacidad de carga del área cuando el suelo se encuentra húmedo los daños son mayores.

Neath y Chanasyk (1995) Señalan que el apacentamiento 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 fuertes intensidades de apacentamiento, aún cuando estos cambios no se incrementan linealmente con intensidades de apacentamiento. Naeth et al.(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 la humedad del suelo fue generalmente reducida por el efecto del apacentamiento, así mismo describen que a altas intensidades 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) mencionan que las tasas de infiltración disminuyeron durante la época de crecimiento cuando se tuvo un uso intensivo del pastizal en comparación con un uso mínimo del recurso, atribuibles al efecto del apacentamiento al modificar las condiciones del suelo.

Rauzi y Smith (1973) evaluaron tres diferentes tipos de suelo bajo tres sistemas de apacentamiento, encontraron que en los tipos de suelo y los niveles de uso del apacentamiento tuvieron mayor infiltración en la utilización intensiva. Concluyen que la tasa inicial de infiltración es afectada por la diferencia entre suelos después de los (15 minutos), la influencia del apacentamiento se presenta y los efectos de la utilización del recurso por el ganado y el tipo de suelos son igualmente importantes, acentuándose a partir de los 30 min.

Weltz y Wood (1986) en un estudio para comparar 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), concluyen que bajo estos tipos de uso del pastizal la distribución del ganado no afectó significativamente la infiltración.

McGinty (1979) al realizar estudios sobre la influencia que presenta el suelo, la cubierta vegetal y el manejo del apacentamiento sobre las tasas de infiltración, encontró

que no existe una diferencia significativa entre un uso del pastizal por el ganado con alta intensidad baja frecuencia y un uso continuo moderado, señalando que las principales variables que influyeron fueron los antecedentes en el contenido de humedad, la fitomasa del mantillo orgánico, fitomasa total en pie, profundidad del suelo, cobertura de piedras y grava, y la densidad aparente del suelo. Sánchez (1984) al evaluar los efectos del uso de pastizal por el ganado en áreas arbustivas de la cuenca El Plateado, Zacatecas, señala que las variables más relacionadas al proceso de infiltración fueron la cobertura foliar y la biomasa de zacates, y la presencia de zacates estoloníferos tiende a incrementar la cobertura foliar e indirectamente la infiltración.

Al evaluar por dos años la influencia antes y después del uso del pastizal en un sistema continuo, rotacional diferido y corta duración bajo uso moderado e intensivo sobre la infiltración, Abdel-Magid *et al.* (1987) encontraron que las tasas de infiltración fueron significativamente mayores en el área de uso moderado que en el área de uso intensivo. En el primer año, al término de la estación de uso las tasas de infiltración fueron significativamente altas en áreas con uso continuo y corta duración que en áreas con uso rotacional diferido; durante el segundo año la infiltración fue mayor con el uso rotacional diferido que las áreas con el uso continuo, atribuido al efecto disgregador de los animales cuando se utilizó un sistema intensivo.

Savory (1979) mencionan 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.

Busby 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 et al. (1986b) al analizar los efectos de la época de uso sobre la entrada del agua al suelo de un pastizal, encontraron que presentan una mayor influencia la densidad aparente, el microrrelieve y la estabilidad de agregados del suelo. Mientras Wood y Blackburn (1986b) mencionan que la estabilidad de agregados y el contenido de materia orgánica son las variables de mayor efecto y no exhiben diferencias significativas la densidad aparente y el microrrelieve.

Pluhar et al. (1986) señalan que las principales variables de influencia en las tasas de infiltración son la cantidad de suelo desnudo, el porcentaje de arena en el suelo y la estabilidad de agregados, 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 y

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.

Erosión

Kirkby y Morgan (1984) definen concentración de sedimentos como el flujo total de sedimentos de una cuenca hidrológica o área de drenaje durante un tiempo determinado. Señalan que no toda la pérdida de suelos se deposita en un sistema de corrientes, una parte se deposita en diversas depresiones de la misma cuenca entonces el material que se transporta hacia algún punto de interés le llaman erosión laminar.

Schmutz (1971) llama a la concentración de sedimentos como el afluente de un proceso sistemático del suelo, el cual es un proceso conocido como erosión, que se distribuye en el tiempo y en el espacio; la concentración de sedimentos como proceso, involucra el desprendimiento de las partículas de la superficie del suelo y el transporte de las mismas.

Efectos del Apacentamiento Sobre la Erosión

Los factores que afectan en mayor grado la erosión hídrica laminar han sido estudiados ampliamente por Kothman *et al.* (1971), Wood y Blackburn (1981b), y Brock *et al.* (1982) quienes señalan que la utilización del pastizal por animales modifica las características de la vegetación y las propiedades físicas del suelo; entre dichos factores

se encuentran: La cosecha en pie de vegetación y el material orgánico, la cobertura del suelo, la estabilidad de agregados, el contenido de materia orgánica, la densidad aparente y el contenido inicial de humedad del suelo, y la pendiente del terreno.

Heady (1981) en un estudio sobre 14 cuencas hidrológicas encontró que el escurrimiento superficial y la cantidad de sedimentos desprendidos fue significativamente bajo, señalando que los sedimentos desprendidos en suelos sin disturbio son prácticamente nulos, la mayor parte de ellos provenían de la capa compacta y la pedregosidad presente en dichas áreas, y cuando existió suelo sin disturbio el efecto de la pendiente se equilibró, aumentando la entrada del agua en el suelo sin disturbio y reduciendo el flujo del agua que arrastra las partículas de suelo.

En Montana, Neff (1982) encontró que la erosión laminar es baja en pendientes moderadas del cinco por ciento y ésta es mayor al inicio de un evento de precipitación y decrece rápidamente, pero son la intensidad y duración de la lluvia factores determinantes.

Al estudiar el impacto del uso múltiple sobre la erosión de una cuenca hidrológica, observó que la erosión laminar no es afectada significativamente cuando se incluye el uso pecuario al uso silvícola. Por otro lado, los efectos erosivos que se presentaron con el uso múltiple no muestran diferencia alguna; las bajas cantidades de suelo perdido son atribuidos al efecto que produce la densidad aparente y la cubierta vegetal del suelo.

Bennett (1939) señala que la erosión esta estrechamente relacionada con la cubierta vegetal del suelo, dado que el suelo desnudo es muy susceptible a la erosión hídrica y se pierden grandes cantidades de suelo durante un evento de precipitación en la estación de lluvias. De igual manera, Osborn et al. (1978) en trabajos sobre cuencas hidrológicas experimentales indica que la erosión laminar hídrica varió significativamente debido a la diferencia en el porcentaje de cobertura vegetal, la presencia y tamaño de las cárcavas; además, encontró que fue mayor en áreas con presencia de cárcavas que sin ellas, y esta fue diez veces mayor en áreas de arbustivas que en áreas de zacates.

McGinty et al. (1979) señalan que la erosión laminar en un pastizal con suelos de diferente profundidad fueron estadísticamente similar; sin embargo, hacen notar que las pérdidas del suelo fue menor en suelos profundos, relacionándose con las variables de la biomasa de mantillo orgánico, la humedad inicial y el microrrelieve del suelo. En comunidades vegetales de encinal, Pastizal Amacollado y Pastizal Mediano Abierto Thurow et al. (1986) encontraron que la erosión laminar esta altamente relacionada con la biomasa total aérea y la cobertura, principalmente en el Pastizal Amacollado; señalan además que la obstrucción del transporte superficial de sedimentos y la protección contra el efecto del impacto de las gotas de lluvia al suelo son las principales funciones de la biomasa total en pie y la cobertura de zacates amacollados.

Wischmeier y Smith (1978) concideran que para áreas de pastizal los valores en pérdidas de suelo deberán fluctuar entre 4,500 y 11,000 kg/ha. Sánchez (1984) al analizar diferentes sitios de pastizal en cuencas hidrológicas del Plateado, Zacatecas, para evaluar el efecto del uso del pastizal por el ganado sobre la erosión laminar, encontró que las variables del suelo y la cobertura vegetal mayormente correlacionadas son los antecedentes de humedad y la cobertura basal y foliar, pero que también influye la biomasa de zacates, el microrrelieve del suelo y el porcentaje de pedregocidad, existiendo una menor cantidad de suelo en el escurrimiento proveniente de las áreas sin uso que en áreas con uso del pastizal.

Wood y Blackburn (1981b) al analizar el impacto del apacentamiento moderado reportan una pérdida de suelo de 114.6 y 440 kg/ha en un pastizal amacollado y pastizal mediano abierto, respectivamente; señalando que estas cantidades son muy pequeñas comparadas con los 11,000 kg/ha permisibles para áreas de pastizales.

Lyons y Gifford (1980) en un trabajo realizado al sureste de Utah para evaluar el impacto de diferentes profundidades del suelo sobre las pérdidas potenciales de sedimentos, señalan que los valores obtenidos variaron entre los 1,066 y 9,933 kg/ha. De igual manera, Lusby (1970) en un estudio realizado en el oeste de Colorado encontró que el sobrepastoreo provocó un incremento del 45 por ciento en la pérdida de suelo. Otro de los factores que tiene implicaciones sobre la pérdida de suelos, según Gifford *et al.* (1977) es la compactación de la fracción mineral de la superficie de los suelos, dado que el impacto en desarrollo de las plantas es definitivo. La

compactación se presenta más severa en la época de primavera cuando el suelo está húmedo y después de fuertes lluvias, ya que a mayor compactación aumenta el potencial de erosión por el incremento de los escurrimientos superficiales y en un momento dado puede cambiar o modificar la composición y cobertura de los pastizales.

Gamoungoun *et al.* (1984) al calcular el efecto de tres sistemas de apacentamiento y una exclusión sobre la erosión, encontraron que no existen diferencias significativas entre los sistemas, excepto en el rotacional cuando se concentraba el ganado en una cuarta parte de la superficie del área, entonces se producen elevadas tasas en erosión. Por su parte, Warren *et al.* (1986 a,b) al analizar los efectos del pisoteo, densidad de carga, efecto estacional y estado de rotación del pastoreo sobre la pérdida de suelos en el sistema rotacional intensivo encontraron que la erosión laminar aumenta considerablemente después del típico pisoteo periódico de este sistema de apacentamiento, similar resultado se obtiene al evaluar la densidad de carga. Al final, observaron que la pérdida de suelos aumenta inmediatamente después de la salida del ganado, acentuándose este efecto en las épocas de sequía en verano y letargo.

Al comparar la erosión en terrenos con pendientes escarpadas con uso del pastizal y en áreas de exclusión, Wilcox y Wood (1988) señalan que la pérdida de suelos fue significativamente mayor para pendientes pastoreadas y que la diferencia en el porcentaje de la partículas de suelos obtenidas en pendientes pastoreadas y excluidas fue solamente para potreros en condiciones de pendientes moderadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción General del Área de Estudio

Localización.- El estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental Ganadero y Demostrativo “Los Ángeles” (figura 3.1); ubicado a 48 Km al sur de la ciudad de Saltillo 34 km. sobre la carretera 54 Saltillo-Zacatecas y 14 km hacia el Este por camino de terracería que conduce a la Hedionda Grande. Se ubica geográficamente entre las coordenadas 25° 02’ 12” y 25° 08’ 51” de Latitud Norte y 100° 58’ 07” y 101° 04’ 14” de Longitud Oeste, es de una superficie total de 6,148 ha divididas en 20 potreros de diferentes dimensiones, su altitud varia 2,100 a 2,400 metros sobre el nivel del mar.

Clima.- De acuerdo con Mendoza (1983) el clima presente en el rancho “Los Ángeles” es BS1kw(e’), García (1973) lo describe como: Clima semiárido estepario, con cociente de P/T mayor de 22.9 siendo éstos los más secos (BS1). Temperatura media anual inferior a los 18 °C. (k). Régimen de lluvia de verano, por lo menos 10 veces mayor a la cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año, que en el mes más seco (w). Muy extremoso, con diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más cálido 14° (e’).

De acuerdo al reporte meteorológico y a los datos registrados en la estación del Rancho Experimental “Los Ángeles”, el área presenta una temperatura media anual de 14.3 °C con oscilaciones moderadas durante todo el año, la mínima anual promedio de 7.6 °C, la más fría se presenta de noviembre a febrero, y enero con las temperaturas más frías, la temperatura cálida se presenta de mayo a septiembre y la más seca en los meses de diciembre a abril; la precipitación pluvial se presenta en los meses de mayo a septiembre, siendo más abundantes en julio y agosto, presenta una precipitación total anual de 307.2 mm. La evaporación promedio anual es de 1,786 mm, siendo los meses de mayor evaporación marzo y abril, y con menor evaporación diciembre y febrero. El valor medio de humedad relativa es superior al 70 por ciento, los valores más altos son en invierno y en los meses lluviosos con valores superiores al 90 por ciento (Mendoza, 1983).

Geología.- las depresiones que presenta el área son anticlinales asentadas en una zona de rocas sedimentarias, dichas depresiones han sido formadas recientemente por materiales aluviales, determinándose como estructura geológica principal anticlinal de Carneros, que data de las Eras Mesozoica y Cenozoica de los períodos Cretácico Inferior (Ki) y Cenozoico superior clástico (Csc) (COTECOCA, 1979).

Hidrología.- En el área de estudio no se presenta un sistema de cauces definidos, se observan escurrimientos superficiales sobre cárcavas y canalillos provocados por la erosión hídrica. En el área existen algunos bordos- abrevaderos que captan volúmenes relativamente bajos, el nivel freático se encuentra a una profundidad de aproximadamente 190 m existe un pozo con capacidad de 25 l/seg, de donde se distribuye a 15 abrevaderos para los requerimientos del consumo animal (Serrato, 1982).

Suelos.- El estrato geológico está constituido principalmente por calizas, depósitos de conglomerados y aluviones provenientes de la meteorización de rocas sedimentarias de la región. Por su origen, los suelos de los valles son profundos de 2 a 15 m con un horizonte oscuro y rico en materia orgánica, textura fina en un 40 por ciento de la superficie del área, en las laderas los suelos son coluviales con cierto riesgo de erosión (Sierra, 1980; Gutiérrez *et al.*, 1990). De acuerdo a la clasificación FAO-UNESCO se tienen tres unidades de suelo que son feozem, rendzina y litosol.

Vegetación.- Vásquez (1973) reporta en el área siete tipos de vegetación: Pastizal Mediano Abierto, Pastizal Amacollado, Pastizal Rosetófilo, Izotal, Matorral Esclerófilo, Bosque de Pino-Encino y Matorral de Dasyliirionspp. con zacates amacollados (figura 3.2).

Descripción del Área de estudio

El estudio se realizó en la pasta nueve, presenta una superficie de 365.76 ha, cuenta con un abrevadero de 5,000 litros. La vegetación es de Matorral Rosetófilo en un 60 por ciento y 40 por ciento es ocupado por Pastizal Mediano Abierto y Pastizal Amacollado. El sitio donde se realizó el estudio corresponde al Pastizal Mediano Abierto (figura 3.2), las especies dominantes son: Boutelouacurtipendula, B.gracilis, B.hirsuta, B.uniflora, Buchloedactyloides, Leptochloadubia y Muhlenbergiarepens. Los suelos en este potrero son descritos por Hernández (1991) los cuales presentan textura arcillosa, de origen aluvial con un horizonte superficial rico en materia orgánica, moderadamente permeable, la estructura varía de bien a pobremente desarrollada y un pH entre 7.7 y 7.8.

Descripción del Simulador de Lluvias

Para llevar a cabo el estudio se utilizó un simulador de lluvias similar al propuesto por Blackburn et al. (1974). Esta constituido por dos tanques de almacenamiento de agua, uno de ellos montado en un remolque con capacidad mayor a 1000 l, el cual abastece por bombeo a otro tanque con capacidad de 200 l elevado a 3.5 m del suelo sobre la estructura del remolque, de donde el agua fluye por gravedad a través de filtros y un flujómetro que regula la intensidad del agua y llega al módulo formador de gotas para simular la lluvia. Este módulo es constituido por dos placas de acrílico sobrepuestas de 1.22 m, con un espaciamiento interior de 1.25 cm

herméticamente sellado, la formación de gotas de lluvia es por tubos capilares de 0.05 cm de diámetro, el módulo se coloca sobre un brazo giratorio suspendido del remolque a 2.13 m de la superficie del suelo, las gotas de lluvia simulada alcanzan un valor del 70 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural. Las intensidades de lluvia simulada que pueden obtenerse son de 30 hasta 220 mm/hr; la lluvia es aplicada en parcelas de un metro cuadrado y el escurrimiento es recolectado en una canaleta y almacenado en cada evento de simulación en recipientes para ser medidos en volumen. Durante la prueba de simulación se utiliza una cortina rompevientos colocada sobre un marco metálico para evitar efectos por el viento sobre la lluvia aplicada a la parcela.

Metodología

Con el fin de cumplir los objetivos del estudio se realizaron recorridos exploratorios previos al trabajo experimental y seleccionar de acuerdo a las características de manejo una superficie en descanso por un período de diez años. El trabajo experimental fue realizado durante dos épocas de desarrollo de la vegetación, la primera en los meses de julio y agosto de 1989 (crecimiento) y la segunda en enero y Febrero de 1990 (letargo) en la pasta nueve del Rancho "Los Ángeles" en el área dominada por Pastizal Mediano Abierto.

Descripción de las Unidades Experimentales

En el presente trabajo fueron considerados cinco diferentes grados de uso: Cero, 25, 50, 75 y 100 por ciento; en cada una de las épocas de evaluación (crecimiento y letargo, respectivamente), estableciéndose cinco unidades experimentales de 25 x 25 m por época y cinco parcelas de estudio en cada unidad Experimental. El grado de uso fue determinado por la densidad de carga animal en el tiempo. Las parcelas fueron delimitadas con cercos eléctricos energizados con una carga de 6 kilowatts a través de un panel solar.

Producción de Forraje

Previo al estudio, la producción de forraje (Fe) fue determinada por el método de cosecha (Pieper, 1978), empleándose 25 parcelas de 56.25 cm² distribuidas aleatoriamente, se tomaron cuatro parcelas como unidad de referencia y 21 de estimación (Andrew *et al.*, 1979; Orta, 1988). El forraje en pie fue colectado en bolsas y secado en estufa a 50 °C por 48 hr y pesado en una balanza analítica. Con los valores obtenidos de las muestras, cortadas y estimadas, se obtuvo un factor de corrección (Fc) (Chambers y Brown, 1983), con la siguiente fórmula:

$$F_c = \frac{\text{pesos cortados}}{\text{pesos estimados}}$$

Del análisis de la producción de forraje se obtuvo una producción de 1550 kg/ha para la época de crecimiento y de 1250 kg/ha para la época de letargo.

Determinación de la Densidad de Carga Animal

Antes de determinar la carga animal para llevar las unidades experimentales al grado de uso deseado se seleccionaron y pesaron 24 novillos, los que tuvieron peso promedio de 300 kg. En base a la producción de forraje y al peso de los novillos se determinó que la densidad de carga animal durante cero días, un día, un día y medio, dos días y tres días se obtendría el grado de uso del cero, 25, 50, 75 y 100 por ciento, respectivamente.

Simulación de Lluvia

Las pruebas de simulación de lluvia se realizaron en parcelas experimentales colocando el cuadrante metálico a una profundidad de diez centímetros, aplicando una intensidad de 12 cm/hr, previa calibración. Se recolectaron los escurrimientos superficiales por gravedad en recipientes graduados para su medición en períodos de tiempo de cinco minutos durante 40 minutos que duró la prueba de simulación.

Estimación de la Tasa de Esguerrimiento.

La tasa del esguerrimiento superficial fue estimada a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 y 40 min; se calculó a partir del volumen de esguerrimientos recolectados, utilizando la ecuación siguiente:

$$\text{Tasa de esguerrimiento (cm/hr)} = \frac{\text{Vol. de esguerrimiento (cm}^3\text{)}}{\text{Área de la parcela (cm}^2\text{)}} * \frac{12}{1 \text{ hr}}$$

Estimación de la Tasa de Infiltración.

La estimación de la tasa de infiltración en cada evento de simulación se determinó por la diferencia que existe entre la intensidad de lluvia aplicada y la tasa de esguerrimiento en intervalos de cinco minutos.

Estimación de la Erosión

Concentración de Sedimentos

Al final de las pruebas de simulación del esguerrimiento recolectado, se obtuvo una muestra de un litro; en laboratorio se filtró y separó los sólidos en suspensión por sedimentación, posteriormente secados en estufa a 65° C durante un período de 24

horas y pesados a la décima de gramo y determinar la concentración de sedimentos (gr/l).

Erosión Laminar.

Para obtener el suelo perdido en el escurrimiento recolectado, la concentración de sedimentos fue transformada para cada prueba de simulación en kilogramos por hectárea, y relacionada con el volumen escurrido, estimando la erosión laminar con la siguiente fórmula:

$$\text{Erosion Laminar} = \frac{\text{Cons. Sedim. (g/l)} \times \text{Vol. de Escurrim. (l)}}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} * \frac{10000 \text{ m}^2}{1 \text{ ha.}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}}$$

Estimación de las Características de Vegetación

Cobertura.- la cobertura vegetal fue considerada en base a las características del Pastizal Mediano Abierto; se incluyó la cobertura de zacates, herbáceas, mantillo, material orgánico y suelo desnudo; se estimó por el método del doble muestreo (Gifford y Hawkins, 1978) utilizando un cuadrante de 1.5 x 0.3 m; el porcentaje de cobertura se obtuvo al multiplicar el número de cuadrantes ocupados por la especie por 0.25.

Estimación de Características del Suelo

Textura y Contenido de Materia Orgánica.- En cada parcela experimental se colectó una muestra de suelo a una profundidad de 0 a 10 cm, de esta muestra se determinó la textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos y el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black.

Densidad Aparente y Contenido de Humedad .- Para no disturbar la parcela en estudio, en su proximidad se obtuvo una muestra de suelo de 52.9 centímetros cúbicos con un extractor de núcleos. La muestra fue llevada a laboratorio, pesada y secada en estufa a una temperatura de 60 °C durante 72 horas, hasta alcanzar un peso constante y registrar su peso seco. Con esta información, la densidad aparente (Da) y el contenido de humedad (Ch) fueron obtenidas con las siguientes fórmulas:

$$Da(\text{gr}/\text{c}^3) = \frac{\text{Peso seco del suelo (g)}}{\text{Volumen del suelo (52.9 cm}^3\text{)}}$$

$$\text{CH (\%)} = \frac{\text{Peso suelo húmedo (g) - Peso suelo seco (g)}}{\text{Peso suelo seco (g)}} \times 100$$

Análisis Estadístico

Descripción de Tratamientos

De acuerdo a los objetivos del estudio, las unidades experimentales de las épocas de desarrollo de la vegetación del Pastizal Mediano Abierto en evaluación (crecimiento y letargo) y los grados de uso (cero, 25, 50, 75, 100 por ciento) se consideraron como tratamientos, y las parcelas de estudio de cada unidad experimental como repeticiones; de esta manera, se obtuvieron cinco tratamientos por época de uso con cinco repeticiones. Por las características del experimento se determinaron dos factores con dos y cinco niveles, estableciéndose de la siguiente forma:

Factor A - Época de uso	Factor B - Grado de Uso
a1 = Época de Crecimiento	b1 = Sin Uso
a2 = Época de Letargo	b2 = Uso del 25 por ciento
	b3 = Uso del 50 por ciento
	b4 = Uso del 75 por ciento
	b5 = Uso del 100 por ciento

Diseño Estadístico

El diseño estadístico por el cual se analizaron los datos fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos de dos niveles para factor A y de cinco niveles para el factor B, para evaluar el efecto de la época y grado de uso del pastizal. Los datos de las tasas de infiltración se analizaron por cada período de cinco minutos y la concentración de sedimentos y la erosión laminar al final de la prueba.

Prueba de Medias

La comparación de los valores medios de la tasa de infiltración, para cada período de tiempo, y la concentración de sedimentos y la erosión laminar fueron analizados por el método de Tukey (Ostle, 1983).

Análisis de Regresión Múltiple

Con el fin de determinar las variables relacionadas a la tasa de infiltración, concentración de sedimentos y erosión laminar los valores de cobertura del suelo, textura, materia orgánica, densidad aparente y contenido de humedad fueron analizados por el método de regresión múltiple “Stepwise” y sometidos al análisis de regresión múltiple para obtener su coeficiente de determinación conjunta.

RESULTADOS

Infiltración

La tasa de infiltración determinada durante la época de crecimiento del Pastizal Mediano Abierto para los diferentes grados de uso se presenta en la figura 4.1. Se observa que el área de pastizal sin uso presenta los mayores valores a partir de los 5 min y hasta el final de las pruebas de simulación de lluvia. Los valores medios para las áreas con algún grado de uso del pastizal decrecen y exhiben variabilidad en las tasas de infiltración; en este sentido, exhiben valores similares las áreas que tuvieron un uso del 25 y 50 por ciento y del 75 y 100 por ciento, exhibiendo éstas últimas los menores valores de entrada de agua al suelo.

Para la época de letargo, las tasas de infiltración determinadas en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto son mostradas en la figura 4.2; durante los primeros cinco min las áreas con cero hasta 75 por ciento de uso del pastizal presentan los valores más altos y hasta los 20 min las áreas con cero y 25 por ciento grado de uso exhiben los valores más altos, después de este tiempo, la tendencia de la infiltración se observa que los valores de las tasas decrecen con el incremento de la utilización

del pastizal, presentando los menores valores las áreas con un grado de uso del 75 y 100 por ciento.

En las dos épocas de estudio (figuras 4.1 y 4.2) se observa que los valores más altos en infiltración se presentaron en el Pastizal Mediano Abierto que no tuvo apacentamiento; no obstante la variabilidad encontrada en la infiltración durante la primera evaluación, en ambos períodos de utilización las tasas de infiltración exhibieron un decremento con el uso de mayor intensidad de apacentamiento. A partir de los 15 min de iniciadas las pruebas de simulación, en los sitios con uso del 25 y 50 por ciento, sus valores de infiltración fueron mayores en la época de letargo que durante el crecimiento; además, se observó después de este período una tendencia constante en la infiltración en ambas épocas de utilización del pastizal.

El análisis estadístico de la infiltración de las dos épocas de utilización del pastizal se muestran en el cuadro 4.1. Las tasas de infiltración por efecto de la utilización en las dos épocas (A) presenta una alta significancia estadística durante los primeros 20 minutos, a los 25 y 35 minutos mostró un efecto significativo y a los 30 y 40 minutos no presentó significancia estadística; el grado de uso del apacentamiento (B) fue estadísticamente significativo a los cinco minutos y después de este período exhibió hasta el final de las estimaciones de infiltración una alta significancia; la utilización y el grado de uso del pastizal (AB) no mostró efectos significativos sobre las tasas de infiltración a los 5, 10, 15, 20, y 35 minutos y estadísticamente significancia a los 25, 30 y 40 minutos.

Cuadro 4.1 Valores de "F" del efecto sobre la infiltración que presenta el efecto de la época de utilización (A) y el grado de uso (B) y su interacción (AB) a diferentes períodos de tiempo.

tiempo (min)	FACTORES		
	A	B	AB
5	6.73 **	3.19 *	1.98 ns
10	15.82 **	12.93 **	2.73 ns
15	12.89 **	12.88 **	2.30 ns
20	7.73 **	32.77 **	2.32 ns
25	4.26 *	51.62 **	3.58 *
30	3.40 ns	44.97 **	3.45 *
35	5.49 *	50.55 **	2.19 ns
40	3.54 ns	55.24 **	3.57 *

El análisis de separación de medias muestra que entre épocas de utilización del pastizal (a1 y a2) las tasas de infiltración no presentan diferencias estadísticas cuando no se hace uso del pastizal a cualquier período de tiempo; el uso del 50 por ciento (b3) presenta diferencias sólo en los períodos de tiempo de 25, 30 y 40 minutos y el uso de 100 por ciento (b5) a los 10 minutos (Cuadro 4.2). Entre los grados de uso del pastizal (b1, b2, b3, b4 y b5) la tasa de infiltración a los 5 minutos no presentó diferencia estadística entre tratamientos.

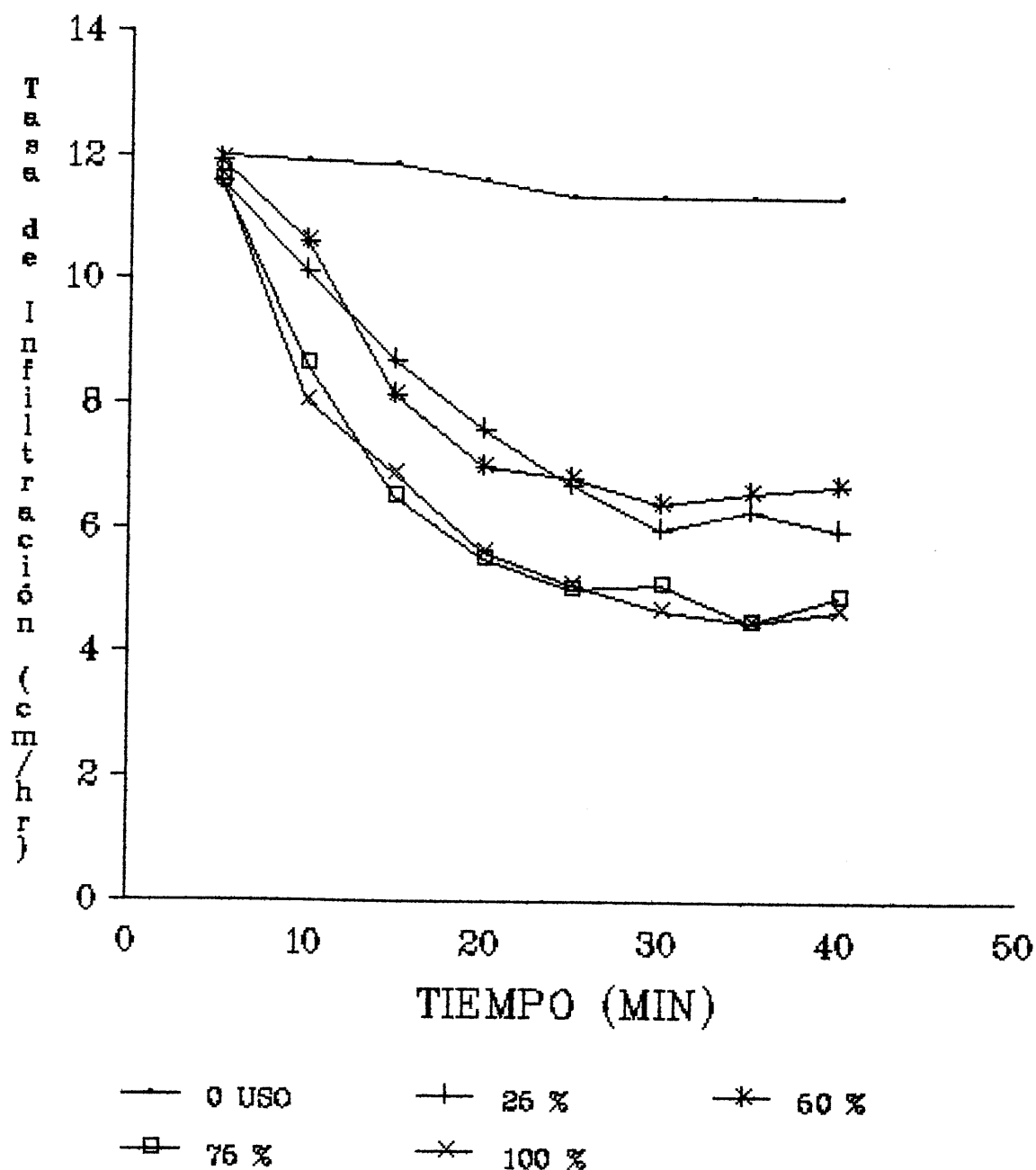


fig. 4.1 Valores medios de infiltración para la época de crecimiento en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto

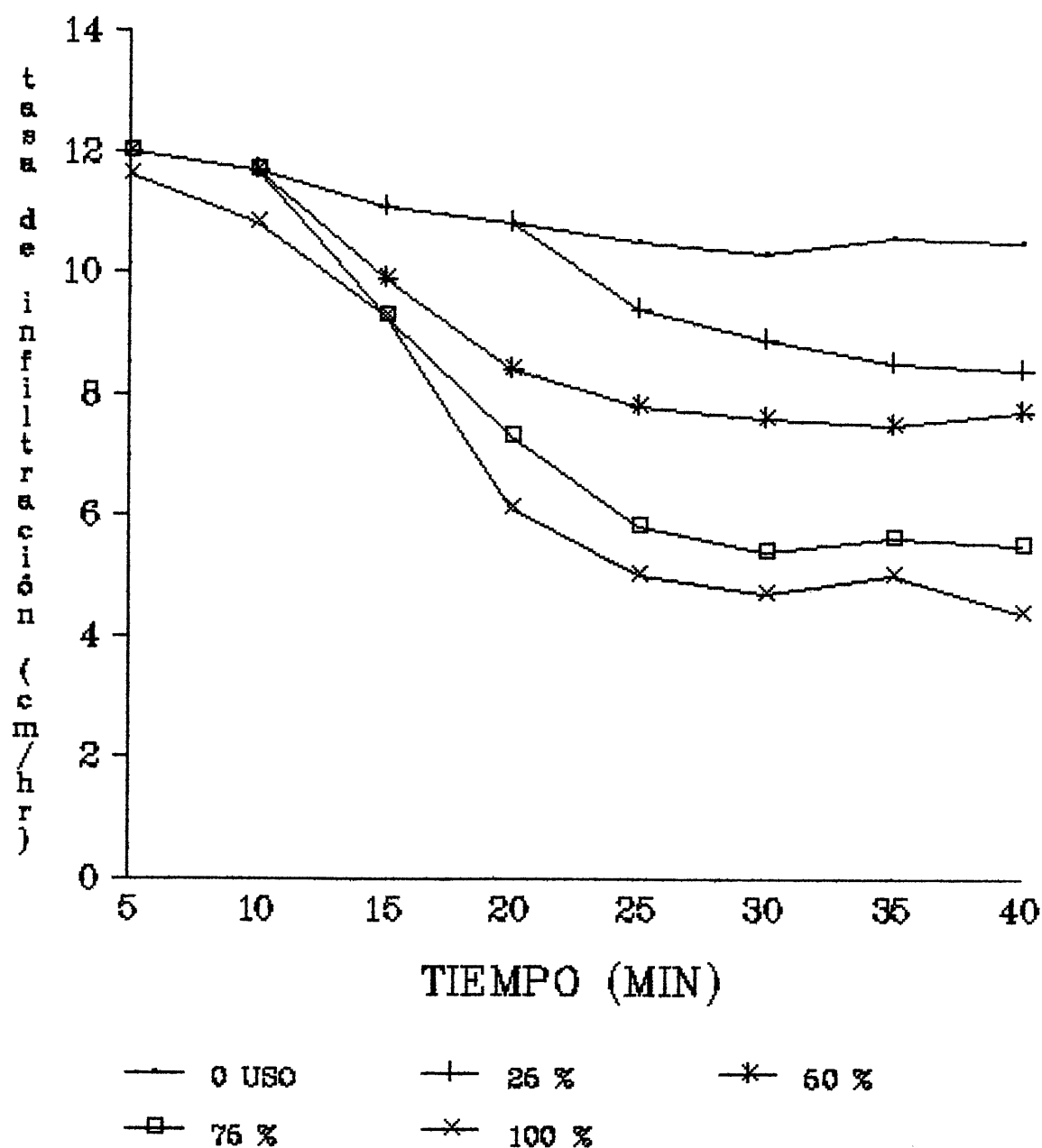


fig. 4.2. Valores medios de infiltración para la época de letargo en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto

Cuadro 4.2 Valores medios de Tasas de Infiltración (cm/hr) a intervalos de tiempo de las épocas de crecimiento (a1) y de letargo (b1) en los grados de uso de cero (b1), 25(b2), 50(b3), 75 (b4) y 100(b5) por ciento y su respuesta a la prueba de medias por el método de Tukey.

Tiempo	Tratamientos				
(min)	a1b1	a1b2	a1b3	a1b4	a1b5
5	12.00 a	11.56 a	11.91 a	11.57 a	11.65 a
10	11.91 a	10.10 abc	10.61 ab	8.64 bc	8.05 c
15	11.86 a	8.72 bcd	8.15 cd	6.50 d	6.90 cd
20	11.60 a	7.60 cde	7.00 cde	5.50 e	5.60 e
25	11.35 a	6.70 de	6.80 cde	5.00 e	5.10 e
30	11.36 a	6.00 de	6.40 cde	5.10 e	4.70 e
35	11.35 a	6.30 cde	6.60 cde	4.50 e	4.50 e
40	11.37 a	6.00 def	6.70 cde	4.90 ef	4.70 ef

(min)	a2b1	a2b2	a2b3	a2b4	a2b5
5	12.00 a	12.00 a	12.00 a	12.00 a	12.00 a
10	11.72 a	11.76 a	11.71 a	11.67 abc	10.75 bc
15	11.07 ab	11.77 ab	9.91 abc	9.26 cde	9.30 cd
20	10.77 ab	9.38 abc	8.40 bcd	7.30 de	6.10 de
25	10.45 ab	8.90 bc	7.80 cd	5.80 de	5.00 e
30	10.32 ab	8.50 bc	7.60 cd	5.40 de	4.70 e
35	10.58 ab	8.40 bc	7.50 cd	5.60 de	5.00 e
40	10.48 ab	8.40 bc	7.70 cd	5.50 def	4.40 f

Nota: Los valores con literal igual entre columnas indican que no existe diferencia entre tratamientos a un nivel de confianza de 95 por ciento.

En las épocas de utilización del pastizal las tasas de infiltración en los tratamientos con algún grado de uso se observa mayor diferencia con el aumento de la intensidad del apacentamiento, presentando durante la época de crecimiento mayores diferencias entre tratamientos a partir de los 20 minutos y durante la época de letargo a partir de los 25 minutos de iniciadas las pruebas de simulación de lluvia.

En la separación de medias se aprecia que en la época de crecimiento (a1), el área sin uso del pastizal tiene la mayor infiltración para todos sus tiempos acumulados, siendo a partir de los 10 min para los tratamientos con uso de 25, 50, 75 por ciento donde se presentan diferencias en la lámina infiltrada. En cuanto a los tratamientos del 100 por ciento de uso no se presenta diferencia estadística entre épocas de uso, pero indicó alta significancia estadística en los grados de uso del pastizal.

En la utilización del pastizal durante el crecimiento, a los 10 minutos exhibieron diferencias el tratamiento sin uso del pastizal y los tratamientos con un grado de uso del 75 y 100 por ciento, pero no mostraron diferencia significativa con el uso del 25 por ciento; a partir de los 15 minutos, la infiltración presentó diferencias entre el área sin uso y las áreas con uso del pastizal y en estas últimas no se presentaron diferencias estadísticas.

En la época de utilización durante el letargo, a los 10 minutos las tasas de infiltración del tratamiento de 100 por ciento de grado de uso fue diferente estadísticamente a los tratamientos con 75 o menos de uso del pastizal; a los 15 y 20 minutos, las áreas con uso del pastizal de 0 y 50 por ciento no exhibieron diferencias en su tasa de infiltración; y después de 25 minutos hasta el final de las estimaciones se diferenciaron estadísticamente entre los tratamientos de 25 y 75 por ciento en grado de uso, y las áreas del pastizal con un 50 por ciento de uso no tuvo diferencia ente ambos usos del pastizal.

Erosión

Concentración de Sedimentos

Los resultados obtenidos de la concentración de sedimentos se presenta en el la figura 4.3. Se aprecia que las áreas con uso del Pastizal Mediano Abierto registran los mayores valores en ambas épocas de utilización.

En la época de crecimiento la concentración de sólidos mostró un incremento con la densidad de carga, siendo mayor en las áreas con un uso del pastizal superior al 75 por ciento; exhibiendo del 25 y 50 por ciento y del 75 y 100 por ciento de uso valores similares entre sí. En la época de letargo, la concentración de sedimentos estimada, presenta la menor concentración de partículas el área sin uso del pastizal, y en los grados de uso incrementan su concentración con la intensidad de apacentamiento, exhibiendo al 75 por ciento los mayores valores.

Las dos épocas en estudio muestran que los sitios con menor concentración de sedimentos lo presentan los sitios con cero grados de uso, con una tendencia similar; al utilizar el pastizal sus valores se incrementaron; presentando mayor contenido de sedimentos en el escurrimiento durante el período de crecimiento, donde las partículas del suelo concentradas son mayores en las áreas con 75 por ciento de intensidad de uso del pastizal.

Erosión Laminar

Los resultados de la erosión laminar en las épocas de utilización del Pastizal Mediano Abierto, se presentan en la figura 4.4. En la época de crecimiento se aprecia un incremento en la pérdida del suelo por escurrimiento donde se presenta la mayor carga para hacer uso del pastizal; en el sitio de estudio con cero grados de uso exhibe los menores valores y las áreas con el 75 y 100 por ciento de uso presentaron valores similares y la mayor pérdida de suelo por el escurrimiento. En la época de letargo, el pastizal sin uso presentó la menor pérdida de suelo y el área con un grado de uso del 75 por ciento exhibió los mayores valores.

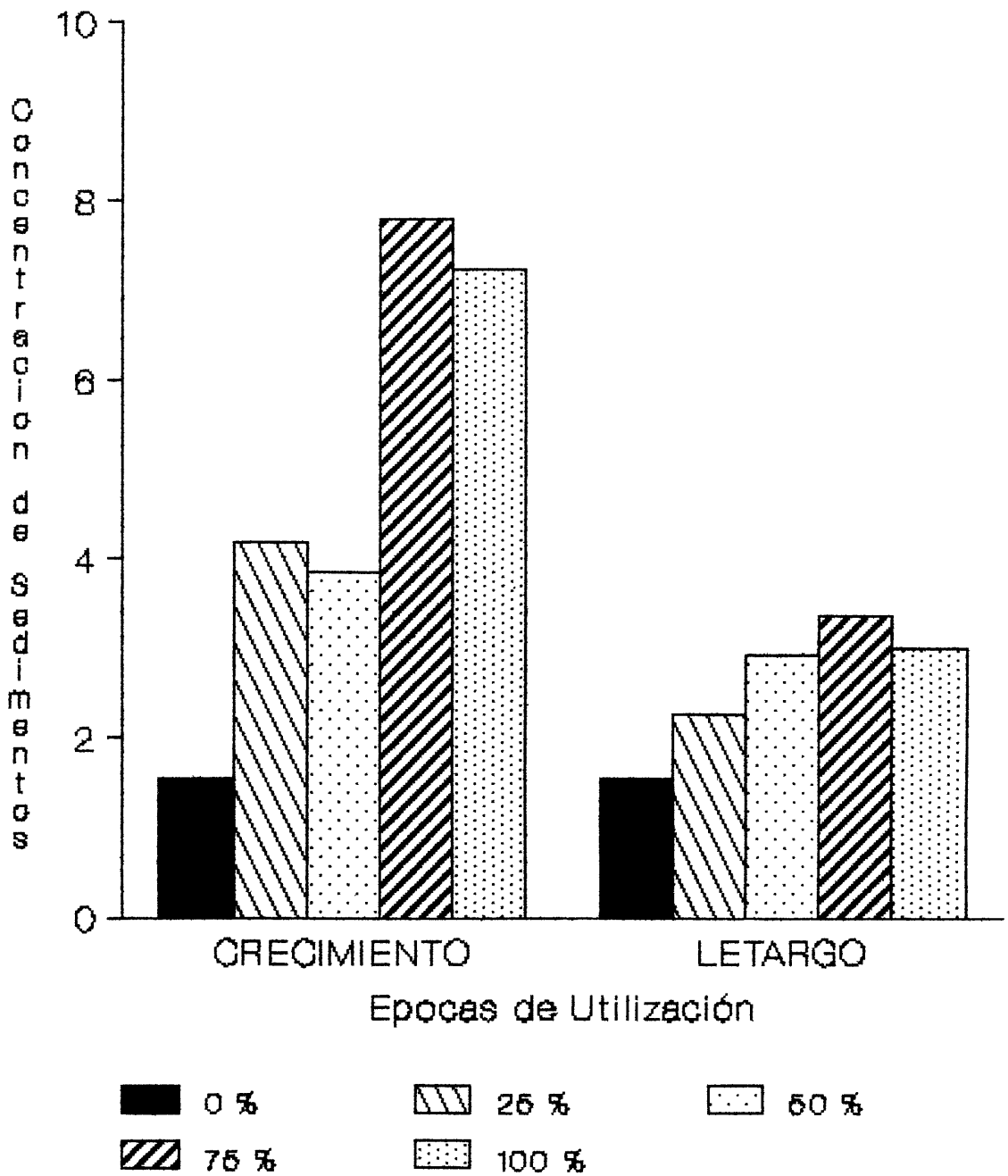


fig. 4.3 Valores medios de concentración de sedimentos en las épocas de utilización en estudio

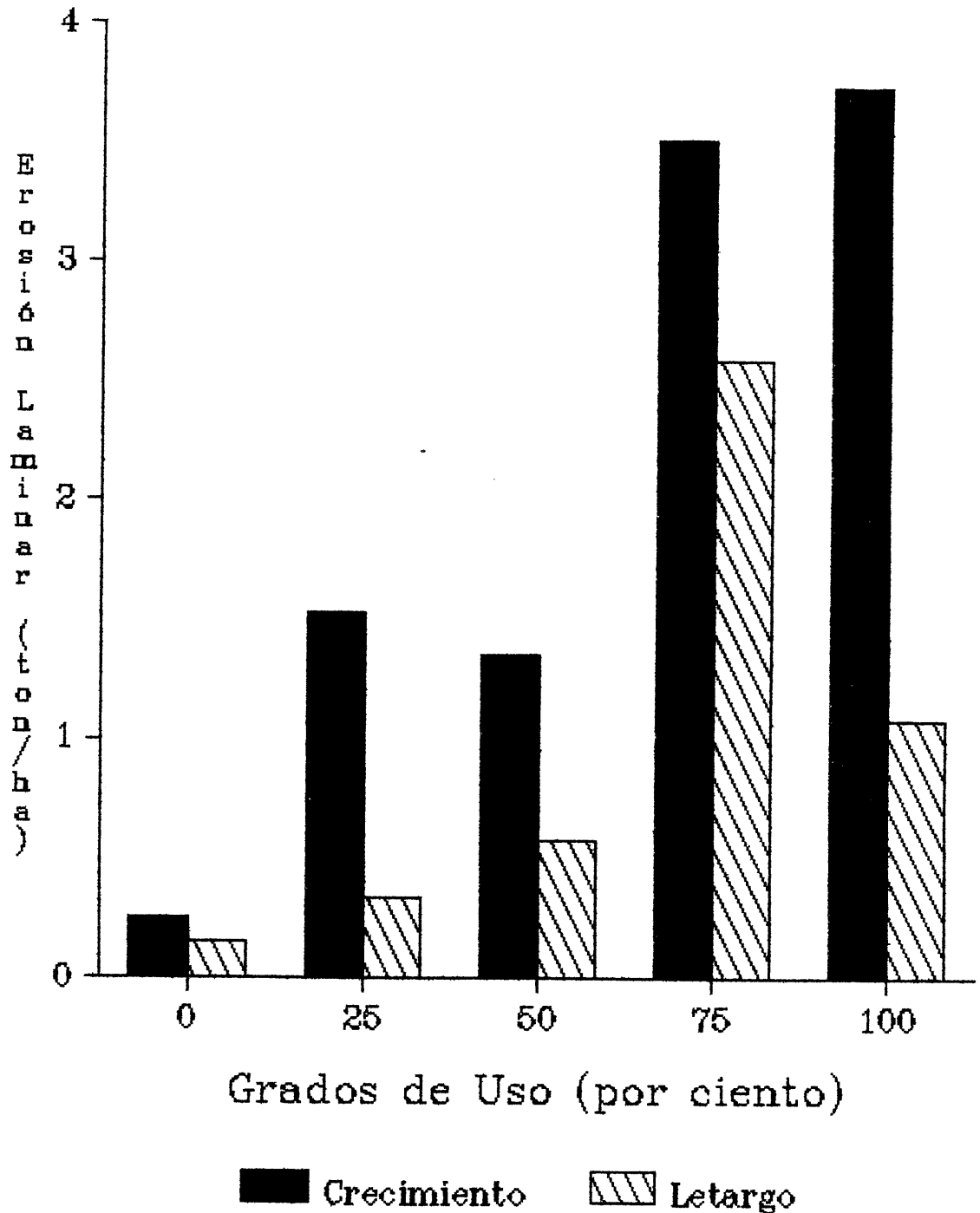


fig. 4.4. Valores medios de erosión laminar en diferentes épocas y grados de uso del Pastizal Mediano Abierto

En ambas épocas de utilización, la pérdida de suelo fue menor en los sitios que no tuvieron uso y los mayores valores en las áreas con 75 y 100 por ciento de grado de uso del pastizal. Al confrontar la erosión en ambas épocas ésta fue menor en la época de letargo.

El análisis de varianza realizado para la concentración de sedimentos y la erosión laminar se presentan en el Cuadro 4.3. Se observa que la concentración de sólidos en el escurrimiento exhibe una alta significancia en la utilización del pastizal en las épocas de estudio (factor A) y no es significativo para el efecto de los grados de uso (factor B) y la interacción de sus tratamientos (AB). En la pérdida de suelo por el escurrimiento los factores son altamente significativos y su interacción no presentó significancia alguna.

Cuadro 4.3 Niveles de significancia estadística para la concentración de sedimentos y erosión laminar en las épocas (factor A) y grados de uso (factor B), así como su interacción (AB).

	FACTORES		
	A	B	AB
Conc. de Sedimentos	**	ns	ns
Erosión Laminar	**	**	ns

El análisis de comparación de medias de la concentración de sedimentos y la erosión laminar del escurrimiento se presenta en el Cuadro 4.4.

La separación de medias para la concentración de partículas sólidas en suspensión de los escurrimientos en las épocas y grados de uso del pastizal no mostró diferencia alguna entre los diferentes niveles de los tratamientos.

La erosión laminar presentó diferencias entre las épocas de utilización del pastizal (a1 y a2) y los grados de uso exhibió diferencias entre áreas sin uso del pastizal (b1) y las áreas con uso del 75 (b4) y 100 (b5) por ciento en la época de crecimiento. Los sitios de estudio en la época de letargo no mostraron diferencia entre sí. En ambas épocas los tratamientos con cero (b1), 25 (b2), y 50 (b3) por ciento de uso durante el crecimiento del pastizal y los grados de uso del cero (b1), 25 (b2), 50 (b3), 75 (b4) y 100 (b5) por ciento del pastizal durante el letargo de la vegetación (a2) no presentaron diferencia estadística por el uso del pastizal.

Cuadro 4.4 Valores medios de concentración de sedimentos (gr/l) y erosión laminar (Kg/ha) en las épocas de estudio (a1 y a2), (b1, ... b5) para los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto por el método de Tukey

Tratamiento	Valores X y Nivel de significancia	
	Conc. de Sedimentos (gr/l)	Erosión Laminar (Kg/ha)
a1b1	4.796 a	248.044 a
a1b2	5.654 a	1531.300 abc
a1b3	4.484 a	1352.122 abc
a1b4	4.556 a	3514.276 bc
a1b5	5.194 a	3740.220 c
a2b1	2.484 a	148.452 a
a2b2	2.582 a	336.680 a
a2b3	2.904 a	573.238 ab
a2b4	2.562 a	2584.802 abc
a2b5	2.618 a	1077.068 abc
Conc. de Sedimentos F a (0.05) =		Erosión Laminar F a (0.05) 4.74

Nota : Literales iguales en tres columnas indican que no existe diferencia significativa (P: 0.05).

Características de Vegetación.

Las variables de vegetación estimadas en las épocas de estudio en los sitios con uso del apacentamiento se presentan en el Cuadro 4.5. Se aprecian en los sitios con uso del cero al 50 por ciento mayor cobertura de zacates y menor suelo sin cobertura en la época de letargo, pero mayor cobertura de herbáceas durante la época de crecimiento, mientras en los sitios de 75 y 10 por ciento esta relación es inversa; la cobertura por material orgánico entre épocas fue similar, excepto en el sitio con uso del 100 por ciento.

Características del Suelo.

Los valores obtenidos de las características de suelo durante las dos épocas de estudio en los grados de uso del Pastizal Mediano Abierto se muestran en el Cuadro 4.6. La profundidad varia de 1.25m en el sitio de 25 por ciento de uso estudiado durante el letargo de la vegetación hasta 1.81m en los sitios con 50 y 100 por ciento de uso durante la época de crecimiento y letargo, respectivamente. La pendiente fue muy similar en los sitios de estudio. La densidad aparente presentó un incremento con el mayor uso del pastizal en ambas épocas.

Los sitios tuvieron un alto contenido de materia orgánica en ambas épocas. Los valores de la humedad del suelo fueron más altos en los sitios con uso de cero al 50 por ciento y durante la época de crecimiento. La proporción de partículas del suelo los sitios con grado de uso mayor al 25 por ciento tuvieron menor contenido de arena y mayor

contenido de arcilla en la época de crecimiento que durante el letargo, mientras el contenido de limo fue muy variable entre los diferentes sitios y entre las épocas en los sitios con grado de uso durante el letargo fue mayor.

Cuadro 4.5 Valores medios de características de la vegetación obtenidas en los diferentes grados de uso del pastizal en las épocas en estudio.

Época/Grado de uso	Cg %	Ch %	Cm %
Crecimiento			
0	25.18	20.32	12.3
25	39.54	15.14	24.28
50	21.90	6.62	17.70
75	18.60	4.38	17.68
100	22.46	1.28	18.00
Letargo			
0	46.20	6.68	13.22
25	51.90	9.56	21.88
50	37.58	3.20	12.80
75	10.90	0.98	12.94
100	8.14	2.16	2.94

Cg = Cobertura de gramíneas,

Ch = Cobertura de herbáceas,

Cm = Cobertura del mantillo orgánico.

Cuadro 4.6 Valores medios de las características físicas del suelo registradas a los diferentes grados de uso del pastizal en las épocas de estudio.

	Pr m	Pd %	Da g/cc	MO %	CH %	Are %	Lim %	Arc %
Época/Grado de uso								
Crecimiento								
0	1.62	2.2	0.95	5.22	25.8	17.0	30.5	52.5
25	1.57	2.1	1.18	7.21	28.2	21.9	27.4	53.6
50	1.08	2.2	1.15	5.80	24.5	23.3	26.5	54.4
75	1.25	2.2	2.50	6.09	21.4	24.3	25.5	55.3
100	1.81	2.3	2.80	5.96	18.1	25.2	23.0	54.2
Letargo								
0	1.52	2.0	0.91	5.80	22.6	19.9	25.5	49.5
25	1.25	2.5	1.25	6.20	24.8	18.5	25.5	50.8
50	1.81	1.5	1.90	5.70	20.9	18.9	30.1	49.0
75	1.79	2.0	2.40	6.20	18.4	21.9	25.3	51.9
100	1.48	2.0	2.70	6.90	10.8	25.3	30.5	61.6

Pr= Profundidad del suelo,

Pd= Pendiente del terreno,

Da= Densidad aparente del suelo,

MO= Material orgánico,

CH= Contenido de humedad,

Are= Contenido de arena,

Lim= Contenido de limo

Arc= Contenido de arcilla.

Variables que Influyen la Infiltración.

Las variables de vegetación y suelo que influyen a la infiltración en las épocas de estudio en los diferentes grados de uso se presentan en el Cuadro 4.7. Se observa que a los 5 minutos el porcentaje de las fracciones de arena y arcilla son las variables que influyen en este período. A los diez minutos las variables que presentan efecto son el porcentaje de suelo desnudo, la fracción de arcilla y la densidad aparente, esta última también influye a los 15 min y la densidad aparente hasta los 25 min; a los 20 min con los coeficientes más altos y hasta el final de las estimaciones las fracciones de arena y arcilla y el contenido de humedad afectan las tasas de infiltración; en este tiempo se observa que los valores en contenido de humedad se presentan en forma permanente hasta el final de las estimaciones de las tasas de infiltración.

Variables que Influyen la Erosión

Las variables que afectan el proceso erosivo se presentan en el Cuadro 4.8. Se aprecia que las fracciones de limo y arcilla y la cobertura de herbáceas fueron las variables que mayor influyeron para la concentración de sedimentos y en menor influencia el contenido de humedad. Para la erosión laminar la variable que presentó mayor efecto fue el contenido de limo, seguido por la densidad aparente y la cobertura de Mantillo Orgánico y con poca influencia el contenido de humedad.

Cuadro 4.7 Valores del coeficiente de determinación de las variables que influyen la infiltración del suelo durante las dos épocas de estudio en los diferentes grados de uso del Pastizal Mediano Abierto del “ Rancho Los Angeles”

Tiempo	SD %	Ch %	Are %	Arc %	Da gr/cc	CH %
5			0.07	0.07		
10	0.01			0.07	0.09	
15				0.17	0.01	
20		0.01	0.13	0.10	0.09	0.07
25			0.14	0.09	0.14	0.10
30	0.05		0.15	0.12		0.12
35			0.14	0.13		0.18
40	0.04		0.12	0.09		0.11

SD = Suelo Desnudo, Ch = Cobertura de Herbáceas,

Are = Contenido de Arena, Arc = Contenido de Arcilla,

Da = Densidad Aparente CH = Contenido de Humedad

Cuadro 4.8 Valores del coeficiente de determinación de las variables de vegetación y suelo que influyen en la concentración de sedimentos y erosión laminar.

	Lim	Arc	Da	CH	Ch	Cm
Concentración Sedimentos	0.16	0.16		0.02	0.07	
Erosión Laminar	0.14		0.08		0.01	0.07

Lim = Contenido de Limo, Arc = Contenido de Arcilla,

Da = Densidad Aparente, CH = Contenido de Humedad,

Ch = Cobertura de Herbáceas,

Cm = Cobertura de Mantillo Orgánico.

DISCUSIÓN

Infiltración

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo en ambos períodos de utilización existe una respuesta de la infiltración a los grados de uso del Pastizal Mediano Abierto. Esto es, las tasas de infiltración se reducen conforme aumenta el grado de uso del pastizal, esto se presenta tanto en la época de crecimiento como en la época de letargo, lo cual coincide con lo reportado por Gentry (1957), Weltz y Wood (1986), Abdel-Magid *et al.* (1987) y Naeth y Chanasyk (1995) quienes afirman que el grado de uso del pastizal afecta las tasas de infiltración en forma negativa mediante la remoción de la cubierta vegetal, dado que el pisoteo y el consumo de forraje altera las condiciones hidrológicas del pastizal. Al igual Blackburn *et al.* (1981) menciona que el apacentamiento promueve el incremento en el impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo y sella la superficie del suelo inhibiendo la entrada de agua al suelo al verse reducida la cubierta protectora del mismo.

Las tasas de infiltración no difieren estadísticamente hablando cuando el uso del pastizal fue nulo o menor a un 50 por ciento de uso, modificándose cuando el uso del pastizal es mayor del 75 por ciento de la remoción de la vegetación, aún cuando se

analizen las épocas de crecimiento y de letargo lo cual concuerda con lo encontrado por Hernandez et al. (1993); quien señala que las tasas de infiltración no se afectan cuando la cubierta vegetal es mayor del 50 por ciento. Busby y Gifford (1981) mencionan que el apacentamiento puede alterar el potencial de las tasas de infiltración por la reducción de la protección proporcionada por la vegetación y por la compactación que se produce en el suelo por el uso del pastizal.

Por otra parte, Coyne y Cook (1970), Martin (1973) y Stoddart y Smith (1955) indican que como el promedio de precipitación registrada en zonas de condiciones climáticas extremas, en la época de sequía el incremento de cobertura y producción de forraje es más lento, señalando que esto ocurre principalmente durante las épocas de primavera y verano.

Debe señalarse que posterior a los 10 minutos, los grados de uso mayores al 50 por ciento afectan en gran manera las tasas de infiltración, con valores más altos en la época de letargo debido al impacto sobre el suelo y al ser altamente utilizada la vegetación del pastizal, y cuando es sometido a la presión de compactación (Blackburn et al., 1981; Gifford et al., 1984) así en la época de crecimiento donde se presenta la mayor parte de la precipitación anual y humedece el suelo, la compactación y sellamiento de la capa superficial de los suelos que exhibieron alto contenido de partículas finas.

En las áreas con uso del pastizal iniciado el proceso de infiltración (a los 25 minutos) el efecto de intensidades es altamente significativo en ambas épocas de utilización y entre tratamientos. La época no es un factor que influye en la tasa de infiltración, dado que presentan similitud en el contenido de cubierta vegetal de gramíneas y en este período de tiempo la tendencia de la infiltración se hace constante en los tratamientos, coincidiendo con lo mencionado por Hernández (1991) quien encontró diferencias en el porcentaje de cobertura vegetal, y la remoción menor al 50 por ciento determinó en gran medida la entrada del agua al suelo.

La importancia que presentan las propiedades físicas del suelo, numerosos autores han destacado el efecto en los sistemas de apacentamiento sobre las tasas de infiltración (Pluhar *et al.* 1987; Busby y Gifford 1981; McGinty 1979; Lusby 1970; Rauzi y Smith 1973) quienes indican que el efecto del apacentamiento sobre la infiltración es debido principalmente a las modificaciones que se pudieran provocar al alterar las condiciones físicas de la capa superficial del suelo. Por otro lado, Huss y Aguirre (1974), Gifford (1983), Thurow *et al.* (1986), Gutiérrez *et al.* (1988) y Gutiérrez *et al.* (1993) han señalado el importante papel que desempeñan los factores edáficos en la tasa de infiltración. Además Meegwing (1970), Huss y Aguirre (1974), Gutiérrez *et al.* (1990) y Gutiérrez y Hernández (1996), señalan que las características principales que influye sobre la tasa de infiltración es la cobertura vegetal, textura y densidad aparente, ya que esto reduce la proporción de suelo sellado por las partículas finas e incrementa la rugosidad hidráulica.

Los factores de vegetación y suelo obtenidos para cada prueba de infiltración muestran que existe cierta homogeneidad en los factores de vegetación a tratamientos a grados de uso similares; los análisis demuestran que existe homogeneidad en cuanto a la cobertura vegetal y contenido inicial de humedad en el suelo; sin embargo los valores de densidad aparente y contenido de arena del suelo muestran que se presentó una variación en las propiedades físicas.

Erosión

Concentración de Sedimentos.

La baja concentración de sedimentos determinada durante el verano en los sitios con un grado de uso al 50 por ciento fue en respuesta a la baja utilización del pastizal y mantener las características de vegetación del suelo y que protegen de la pérdida del suelo sin un efecto detrimental del apacentamiento (Blackburn *et al.* 1981; Gutiérrez, *et al.* 1990); mientras en los sitios con un grado de uso mayor del 75 por ciento es explicado por la alta densidad de carga utilizada para remover la vegetación del pastizal y el disturbio causado en la superficie del suelo por el pisoteo; además de considerar que los efectos de las gotas de lluvia desprendan las partículas del suelo y son transportadas en el escurrimiento; la utilización del pastizal durante el período de letargo fue afectada de manera similar por lo que los bajos valores de la concentración de sedimentos se vieron afectados más por el grado de uso, aunque no de manera significativa, ya que observaron un incremento con el uso mayor al 50 por ciento del pastizal.

La concentración de sedimentos en comparación a las épocas en estudio, es mayor durante el período de crecimiento, lo cual es explicado por Gifford y Hawkins (1978), quienes indican que la compactación es más severa en la época de crecimiento de la vegetación cuando el suelo está húmedo, dado el incremento del apacentamiento y el suelo sin protección ya que a mayor compactación aumenta los escurrimientos superficiales, lo cual promueve el mayor arrastre de partículas en concentración.

Lo anterior, al ser asociado a las características de suelo y vegetación la concentración de sedimentos que se presentó para las áreas sometidas a apacentamiento incrementaron, presentando la textura en el contenido de humedad y lo que explica la cobertura de gramíneas y de herbáceas, que al disminuir la cobertura vegetal protectora de la superficie se incrementa el suelo desnudo y el arrastre de partículas sólidas de suelo por el escurrimiento; este efecto de los escurrimientos superficiales es señalado por Bennett (1939), Thurow *et al.* (1986) y Sánchez (1984) quienes mencionan que la sobreutilización del pastizal incrementa el transporte del suelo, lo cual se presenta en suelos con modificación y alteración de la superficie del suelo y de la composición y cobertura del pastizal.

Erosión Laminar

Los resultados de la erosión laminar obtenidas en los períodos de utilización de crecimiento y letargo de la vegetación del pastizal evidencia que la erosión laminar difieren significativamente por efecto del grado de uso del pastizal mayor al 50 por

ciento. Esta diferencia se explica por la intensidad del apacentamiento y el impacto producido sobre las características del suelo y vegetación por el uso de una alta densidad de carga y utilización al que fueron sometidos. Además, la erosión producida por el escurrimiento se vio afectada por la disgregación del suelo debido al pisoteo y disturbio en la remoción de la vegetación, lo cual deja expuesto y susceptible al suelo a los efectos erosivos de las gotas de lluvia y el escurrimiento (Gifford, 1984; Blackburn *et al.*, 1981; Branson *et al.*, 1981).

Por otro lado, la alta erosión laminar que se presentó en las áreas con 75 por ciento de uso en ambas épocas de utilización del pastizal está influenciado por los cambios de cubierta y propiedades físicas del suelo, como es la cobertura vegetal, la textura y densidad aparente, lo que ha sido ampliamente señalado por Gutiérrez *et al.* (1990), Sánchez (1984), Beltrán (1988), y Wood *et al.* (1989) quienes mencionan que dichos cambios propician un efecto detrimental en los componentes y procesos del balance de agua en un área, cambios en forma natural y gradual, no siendo así para las áreas que son susceptibles a cambios por manejo y uso más intensivo, donde estas acciones resultan con relaciones negativas en la pérdida del suelo como resultado de la época y grado de uso al que son sometidos.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos el Pastizal Mediano Abierto sujeto a intensidades y épocas de uso se concluye que :

La infiltración no es afectada por la época de utilización del Pastizal Mediano Abierto.

La infiltración es afectada significativamente y muestra una relación negativa con los grados de uso mayor del 50 por ciento del pastizal.

La entrada de agua al suelo durante el período de crecimiento y letargo en cualquier grado de uso del pastizal es influenciada significativamente por el suelo desnudo, la textura, la densidad aparente y el contenido inicial de humedad del suelo.

La concentración de sedimentos es afectada significativamente por la época de utilización durante el verano.

La concentración de sedimentos se incrementa con los grados de uso mayores al 50 por ciento del pastizal.



La textura y el contenido de humedad del suelo y la cobertura herbácea determina la concentración de sedimentos.

La erosión laminar es afectada significativamente por la época de utilización y el grado de uso del pastizal.

Los grados de uso del pastizal mayores del 75 por ciento afectan significativamente la erosión laminar.

Los factores de uso del pastizal de suelo y vegetación que influyen la erosión laminar es el contenido de limo, densidad aparente, la cobertura de herbáceas y mantillo orgánico.

RESUMEN

El principal factor a considerar en el estudio de los ecosistemas del pastizal a través del tiempo, y la relación que guardan los componentes, procesos e interacciones de los mismos dentro de un equilibrio en la naturaleza, es el hombre, quien con actividad degradante produce graves consecuencias en el comportamiento hidrológico de una Cuenca. Basado en lo anterior se plantean en el presente estudio los siguientes objetivos: evaluar el impacto de la época de utilización, determinar el efecto de diferentes grados de uso y los factores de suelo y vegetación que influyen sobre las tasas de infiltración y la erosión laminar en un Pastizal Mediano Abierto.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Rancho Ganadero Experimental "Los Angeles" durante los meses Julio-Agosto y Enero- Febrero, utilizando un simulador de lluvias para aplicar una intensidad de 120 mm por hora en parcelas de 1 metro cuadrado. Las tasas de infiltración se determinaron como la diferencia entre la intensidad de lluvia aplicada y la tasa de escurrimientos que fue colectada y estimada en cada parcela por cada cinco minutos durante cuarenta minutos que comprendió cada prueba. Para obtener el suelo perdido en el escurrimiento colectado, se determinó la concentración de sedimentos en gramos por litro, transformando para cada prueba en kilogramos por hectárea y relacionado con el volumen escurrido.

Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos niveles para el factor A y de cinco niveles con el factor B para evaluar el efecto de la época y grado de uso. Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas por el método de Tukey.

Los resultados indican que al inicio de las pruebas de simulación no es afectada por la época o grado de uso; después de los 10 minutos las tasas se muestran mayores en la época de letargo y una disminución en sus valores cuando se hizo uso del pastizal; así mismo se observó que la interacción entre los 2 factores afecta significativamente cuando el grado de uso es mayor al 50 por ciento durante la época de letargo.

Las tasas de infiltración, erosión y variables de suelo y vegetación fueron relacionados utilizando el método de Regresión Múltiple "Stepwise". Los resultados indican que las tasas de infiltración exhiben valores similares en las áreas que presentan un uso de 25 y 50 por ciento, y aquellos donde su utilización fue mayor al 75 por ciento presentan menores valores de entrada de agua al suelo.

Las tasas de infiltración en las épocas de estudio a partir de los 20 minutos en los sitios de uso del 25 y 35 por ciento presentaron efecto altamente significativo, así mismo el grado de uso fue estadísticamente significativo a los cinco minutos, señalando que la interacción A por B no muestran efectos significativos en los primeros 20 minutos.

Los resultados para erosión, presentan en las épocas de uso en concentración de sedimentos y erosión laminar, efecto altamente significativo, mientras que el grado de uso en concentración de sedimentos no presenta diferencia alguna, así como, la interacción de las épocas y grado de uso del pastizal.

Las variables de suelo y vegetación que presentaron mayor influencia sobre las tasas de infiltración y erosión del suelo fueron el contenido de limo, densidad aparente, cobertura de herbáceas y mantillo orgánico.

Las variables de suelo que presentaron mayor influencia sobre la infiltración fue la densidad aparente y el contenido inicial de humedad, acentuándose principalmente en la época de letargo, así mismo se observó un efecto en la infiltración por el incremento del suelo desnudo para la época de letargo, considerándose esto al bajo contenido de humedad y la condición del pastizal en este período del año. En relación a las variables de vegetación que afectaron la concentración de sedimentos y erosión laminar fueron la cobertura aérea de gramíneas y en segundo termino el porcentaje de suelo desnudo.

LITERATURA CITADA

- Abdel-Magid, A.H., G.E. Schuman, and R.H. Hart. 1987. Soilbulk density and water infiltration as affected by grazing systems. *J. Range Manage.* 40(4): 307-309. U.S.A.
- Aguirre V., E.L. 1974. Utilización del pastizal. *J. Range Man's.* 1 (2):46-49. U.S.A.
- Aguirre V., E.L. y F. Carrera. 1974. Empleo de una guía fotografica para determinar la utilizacion del pastizal. VI Demostracion Ganadera en el Rancho Demostrativo "El Puerto". ITESM. Monterrey, 17 p.
- Andrew, M.H., I.R. Noble, and R.T. Lange. 1979. A nondestructive method for estimating the wright of forage on shrubs. *Aust. Rangeland J.* 1(3): 225-231. Australia.
- Beltrán, L. S. 1988. Infiltracion y produccion de sedimentos en tres tipos de vegetacion del Rancho Los Angeles. Tesis Maestria Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 94 p.
- Bennett, H.H. 1939. Soil conservation. McGraw-Hill Inc. New York. 340 p. U.S.A.
- Blackburn, W.H., P.O. Meeging, and C.A. Skaw. 1974. A movil infiltrometer for use on rangeland. *J. Range Manage.* 28(4): 322-323. U.S.A.
- Blackburn, W.H., R.W. Knight, and M.K. Wood. 1981. Impact of grazing on watershed. National Academy of Sciences Natural Resources. Council Coomitee on developing strategies for rangeland management. El Paso, Texas. U.S.A. 31 p.
- Branson, F.A., G.F. Gifford., K.C. Renard, and R.F. Hadley. 1981. Rangeland hidrology. A Publications of the Society for Range Manage. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, Iowa. U.S.A. 340 p.

- Brock, J.H. W.H. Blackburn and R.H. Haas. 1982. Infiltration and sediment production on a deep harland Range site in North Central Texas. *J. of Range Manage.* 35 (2): 195 - 198. U.S.A.
- Busby, F.E., and G.F. Gifford. 1981. Effects of livestock grazing on infiltration and erosion rates measured on chained unchained pynion-juniper sites in Southwestern Utah. *J. Range Management.* 34(5):4 U.S.A.
- Chambers, J.C., and R.W. Brown. 1983. Methods for vegetation sampling and analysis on revegetated mined lands. Gen. Tech. Rep. INT-151. Ogden, UT. U.S.A.
- Coss, V. F. 1987. Manejo del apacentamiento y utilizacion del pastizal mediano abierto. Tesis Maestria Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 93 p.
- Cook, C.W., and L.A. Stoddart. 1953. The quandary of utilization and preference. *J. Range Manage.* 6(5):329-335. U.S.A.
- Comision Tecnico Consultiva para la Determinacion de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1979. Coeficientes de Agostadero de la Republica Mexicana. Estado de Coahuila. México. SARH.-COTECOCA 255 p.
- Coyne, P.I., and C.W. Cook. 1970. Seasonal carbohydrate reserve cycles in eiht desert range species. *J. Range Manage.* 23:438-444. U.S.A.
- Gamoungoun, N.D., R.P. Smith, M.K. Wood and R.D. Pieper. 1984. Soil vegetation and idrologic responses to grazing management al Fort Stanton. New Mexico. *J. Range Manage.* 37(6): 538 - 541. U.S.A.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kíppen. Instituto de Geografia. U.N.A.M. México, D.F. 246 p. Gentry, H.S. 1957. Los pastizales de Durango. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. 82 p.
- Gentry, H.S. 1957. Los pastizales de Durango. Ediciones del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México, D.F. 82 p.
- Gifford, F.G., and R.H. Hawkins. 1978. Hidrologic impact of grazing: A critical review. *Utah. Bull Water Resources Research* 14:305-313. U.S.A.
- Gifford, G.F. 1984. Vegetation allocation for meeting site Requeriments In: *Developing Strategies for Rangeland Management.* National Research Council/National Academy of Sciences Westview Press. U.S.A. p. 35-116.

- Gutiérrez, C.J., F.M. Smith y J.G. Medina T. 1979. Caracterización hidrológica de la cuenca San Tiburcio, Zacatecas. UAAAN. Monografía Técnico Científica. Buenavista, Saltillo, 5(4). 68 p.
- 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., S. Beltrán L., y A. Zárate L. 1990. Efecto de los tipos de vegetación y suelo sobre la infiltración y producción de sedimentos en el sureste de Coahuila. Revista Agraria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 6(1): 51-65. México.
- Gutiérrez, C.J., y I.I. Hernández. 1996. Runoff and interrill erosion as affected by grass cover in a semiarid rangeland of Northern Mexico. Journal of Arid Environments. 34: 287-295.
- Heady, H.F. 1954. Methods of determining utilization of range forage. J. Range Manage. 2:53-73. U.S.A.
- Heady, H.F. 1975. Rangeland management. McGraw-Hill 460 p.
- Heady, H.S. 1981. Multiple use of Rangeland pp. 225-237. in: F. Morely, H.W. (Ed). Grazing Animal. World Animal Science, B1. Elsevier Sciences Publishing Company. Amsterdam, Nethrland.
- Hernández J., I.I. 1991. Efecto de la época de crecimiento y cobertura vegetal sobre la infiltración y producción de sedimentos en un pastizal mediano abierto. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 109 p.
- Hernández J., I.I., J. Gutiérrez C. y R. Reynaga V. 1993. Infiltrabilidad de un suelo con diferentes rangos de cobertura de gramíneas en dos épocas del año. Revista Manejo de Pastizales. SOMMAP, México No. 6: 81-89.
- Hewlett, J.D. 1982. Principles of forest hidrology. The University of Georgia Press. Athens, Ga. U.S.A. 183 p.
- Hillel, D. 1971. Soil and water; physical principles and processes. Academic Press Inc. U.S.A. 275 p.
- Hodgson, J. 1979. Nomenclature and definitions in grazing studies. Grass and Forages Sci. 34(1): 11-18. U.S.A.

- Horton, R.E. 1933. The Role infiltration in the hidrologic cycle. Am. Geophys Union Trans. 14: 446-460. U.S.A.
- Huss, D.L. 1964. A glosary of terms used in range management. Society for Range Management. Denver CO. U.S.A.
- Huss, D.L. y E. L. Aguirre. 1973. Fundamento del Manejo de Pastizales. ITESM. Monterrey, N.L. México. 227 p.
- Kirkby, M.J. y R.P.C. Morgan. 1984. Erosion de Suelos. U.S.A. Limusa. 375 p.
- Kothman, M.M., G.W. Mathis and W.J. Waldrio. 1971. Cowcalf response to stocking rates and grazing systems on native ranges. J. Range Manage. 24: 71-72. U.S.A.
- Kothmann, M.M., D. Bendleton, and H. Swank. 1974. A glossary of terms used in range management. Society for Range Management. Denver, CO. U.S.A. 35 p.
- Lascano, C. 1982. Factores edíficos y climáticos que intervienen en el consumo y la selección de las plantas forrajeras bajo pastoreo, En; Memorias de la reunión de trabajo de metodologías de evaluación en Calí, Colombia. 22-24 de sept. 1982. CIAT. Colombia.
- Lusby, G.C. 1970. Hidrologic and biotic effects of grazing Vs Non-grazing near grand Junction Colorado. J. Range Manage. 23(4):256-259. U.S.A.
- Lyons, S.M. and G.F. Gifford. 1980. Impact of incremental surface soil depths on infiltration rates, Potential sedimen losses and chemical water qualitu. J. Range Manage. 33: 186 - 189. U.S.A.
- Martin, S.C. 1973. Response of semidesert grasses to seasonal rest. J. Range Manage. 3:165-170. U.S.A.
- 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. J. Range Manage. 32:33-37. U.S.A.
- Meewing, R.O. 1970. Infiltration and water repellency in granitic soils paper INT-III. Forest Service. USDA. Washington, D.C. U.S.A. 15-22 pp.
- Mendoza H., J.M. 1983. Diagnóstico climático para la influencia del Rancho Los Angeles. Dpto. de Agrometeorología UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 616 p.

- 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, CO. U.S.A. 147 p.
- Musgrave, G.W. 1955. How much of the rain enters the soil. In: Water USDA. Yearbook. U.S.A. 155-159. p.
- Naeth, M.A., Chanasyk. D.S., Rothwell, rL. and Bailey, a. W. 1991. Grazing impacts on soil water in mixed prairie and grassland ecosystems of Alberta, Can. J. Soil Sci 71:313 - 325 p.
- Naeth, M.A., and D.S. Chanasyk. 1995. Grazing effects on soil water in Alberta Foothills fescue grasslands. J. Range Manage. 48: 528-534. U.S.A.
- Narro, F. E. 1987. Física de suelos con enfoque agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. p. 10-18.
- Neff, E.L. 1982. Chemical quality and sediment content of runoff water from Southeastern Montana rangeland. J. of Range Manage. 35(3): 130 - 132 U.S.A.
- Orta D., A. 1988. Influencia del perrito de la pradera (Cynomys mexicanus Merriam) en la vegetación y el suelo del pastizal mediano abierto en Coahuila. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México 140 p.
- Osborn, H.B., J. Simanton and K.G. Renard. 1978. Sediment yields of rangeland watersheds. Proc. of the first International Rangeland Congress. p. 329 - 330 U.S.A.
- Ostle, B. 1983. Estadística aplicada. Técnicas de la estadística moderna, cuando y donde aplicarlas. Editorial Limusa. México. 629 p.
- Pieper, R.D. 1978. Measurement techniques for herbaceous and shrubby vegetation. New Mexico State University. U.S.A.
- 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. J. Range Manage. 40(3):240-243. U.S.A.
- Rauzi, F., and F.M. Smith. 1973. Infiltration rates. three soils with three grazing levels in Northeastern Colorado. J. Range Manage. 26:126-129. U.S.A.

- Reed, M.J., and R.A Peterson. 1961. Vegetation, soil and cattle responses to grazing on northern great plains range. Tech. Bull. U.S. Dept. Agric. No. 1252. U.S.A.
- 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, Mexico. P.D. Dissertation. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico. U.S.A. 156 p.
- Savory A. 1979. Range management principles underlying short duration grazing. Beef Cattle Sci. Handbook agric. Serv. Found Clovis C. A. 16:375 - 379 U.S.A.
- 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. 15 p.
- Serrato S.,R. 1982. Respuesta del Pastizal Mediano Abierto a diferentes sistemas de pastoreo. Tesis de Maestria. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 83 p.
- Serrato S.,R., J.G. Medina T. y R. Vásquez A. 1983. Respuesta del pastizal mediano abierto a diferentes sistemas de pastoreo. UAAAN. Monografía Técnico - Científica. 19(1):1-79. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
- Sierra T., J.S. 1980. Gramíneas del Rancho Los Angeles. Identificación para sus características vegetativas. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 69 p.
- Stoddart, L.A., and A.D. Smith. 1955. Range Management. McGraw Hill N.Y. 433 p.
- Tergas, E.L, 1982. Efecto del manejo del pastoreo en la utilización de la pradera tropical. En; Memorias de la reunión de trabajo de metodologías de evaluación en Cali, Colombia. 22-24 de septiembre de 1982. CIAT. Colombia.
- Thurow, T.L., W.H. Blackburn and C.A. Taylor Jr. 1986. Hidrologic characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems. Edwards plateau, Texas. J. Range Manage. 39(6): 5 U.S.A.
- Vásquez A., R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el Rancho Demostrativo "Los Angeles". Tesis Licenciatura. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Univ. de Coahuila. Saltillo, Coahuila, México. 113 p.

- Warren, S.D., W.H. Blackburn, and C.A. Taylor Jr. 1986a. Effects of season and stage of rotation cycle on hydrologic condition of rangeland under intensive rotation grazing. *J. Range Manage.* 39(6):486-490. U.S.A.
- Warren, S.D., T.L. Thurtow., W.H. Blackburn, and N.E. Garza. 1986b. The Influence of livestock trampling under intensive rotation grazing on soil hydrologic characteristics. *J. Range Manage.* 39(6):4 U.S.A.
- Weltz, M., and M.K. Wood. 1986. Short duration grazing in central New México: Effects on infiltration rates. *J. Range Manage.* 39 (4): 365-368. U.S.A.
- Wilcox, B.P., and M.K. Wood. 1988. Hydrologic impacts of sheep grazing on Steep slopes in Semiarid Rangelands. *J. Range Manage.* 41(4): 303 - 306 U.S.A.
- Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. U.S. Dep. Agr. Sci. Educ. Admin. Agr. Handbk. No. 537 . 58 p.
- Wood M.K., and W.H. Blackburn. 1981a. Grazing systems: their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. *J. Range Manage.* 34(4):331-335. U.S.A.
- Wood, M.K., and W.H. Blackburn. 1981b. Sediment Production as Influenced by Livestock Grazing in the Rolling Plains. *J. Range Manage.* 34(3):228-231. U.S.A.
- Wood, M.K., W.H. Blackburn., H.A. Pearson and T.K. Hunter. 1989. Infiltration and runoff water quality response to Silvicultural and grazing trataments on a Longleaf Pine forest. *J. Range. Manage.* 42(5): 378 - 381 U.S.A.

EFFECTO DE LA ÉPOCA Y GRADO DE USO DEL PASTIZAL
MEDIANO ABIERTO SOBRE LA INFILTRACIÓN Y LA EROSIÓN

JESÚS RODOLFO FLORES ZÁVALA

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

PROGRAMA DE GRADUADOS

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH.

NOVIEMBRE DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS DE MANEJO
DE PASTIZALES

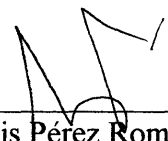
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal :



M.C. José Dueñez Alanís

Asesor:



M.C. Luis Pérez Romero

Asesor :



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Noviembre de 1997.

IN MEMORIUM

Con profundo respeto y agradecimiento dedico a la Memoria del Dr. Julian Gutiérrez Castillo el presente; por la huella indeleble que impregnó en Mí vida y en mi carrera. Por el trato cordial y afable. Por su gran Capacidad y Espíritu de Servicio, por la conducción, asesoría y orientación técnica para la realización de este trabajo, con una participación y empeño incondicional. Por el gran apoyo que de su parte recibí de siempre.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. José Dueñez Alanis por la valiosa asesoría, conducción y participación, al igual que la revisión del presente trabajo.

Al Ing. M.C. Luis Pérez Romero y al Ing. M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez por su participación y valiosa asesoría, así como la revisión de este trabajo.

Al Ing Manuel De Luna Romero y al Ing M.C. Cesar Treviño de la Fuente, a los Srs. Juan Betancourt Villanueva y Francisco Rodríguez por su desinteresada colaboración y apoyo en todo el proyecto.

A la Academia de Manejo de Pastizales por proporcionarme sus conocimientos y amistad e inculcar en mí el deseo de desarrollo.

Al Departamento de Recursos Naturales Renovables, así como a todas las personas que de alguna forma contribuyeron para la realización de este trabajo y que de manera involuntaria fueron omitidas.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA

Elsa Laura; quien con todas mis limitantes, con amor
me brindó su apoyo incondicional

A MIS HIJOS

Laura Paola

Lucia Pamela

y

Rodolfo

A MIS PADRES

A MIS MAESTROS, COMPAÑEROS Y AMIGOS

A MI ALMA MATER

Efecto de la Época y Grado de Uso del Pastizal Mediano

Abierto Sobre la Infiltración y la Erosión

Por

JESÚS RODOLFO FLORES ZÁVALA

MAESTRIA EN CIENCIAS DE MANEJO

DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. NOVIEMBRE DE 1997

Ing. M.C. José Dueñez Alanis - Asesor -

Palabras clave: Época de Uso, Grado de Uso, Densidad de Carga, Infiltración, Erosión, Concentración de Sedimentos, Erosión Laminar, Simulación de lluvia, Pastizal Mediano Abierto.

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar el efecto de cinco grados de uso en dos épocas del año sobre la infiltración y la erosión en un Pastizal Mediano Abierto y determinar algunas variables de suelo y vegetación que influyen en la tasa de infiltración y la pérdida de suelos en el escurrimiento.

El estudio se realizó en el Rancho Demostrativo “Los Angeles” durante los meses de junio-julio de 1990 y enero-febrero de 1991, identificándose como época de crecimiento y época de letargo, respectivamente. El grado de uso del pastizal se consideró en base a la densidad de carga y producción de forraje en cero, 25, 50, 75 y 100 por ciento; en cada época de utilización.

En el presente trabajo se utilizó un simulador de lluvia similar al descrito por Blackburn; en cada evento de simulación se aplicó una intensidad de 120 cm/h sobre parcelas experimentales de un metro cuadrado durante 40 minutos y el escurrimiento superficial se recolectó a intervalos de cinco minutos. La tasa de infiltración fue definida por la diferencia entre la intensidad de lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento de cada periodo de tiempo especificado; del escurrimiento total recolectado en cada prueba se tomó una muestra de un litro, separando los sólidos por sedimentación y obtener la concentración de sedimentos y la erosión laminar. Los datos obtenidos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial; las variables de suelo y vegetación que influyeron en la infiltración y erosión se analizaron por el método de regresión múltiple “stepwise”.

Los resultados indican que al inicio de las pruebas de simulación la infiltración no es afectada por la época o grado de uso; después de los 10 minutos, sus tasas se muestran mayores en la época de letargo y una disminución en sus valores cuando se hizo uso del pastizal; así mismo, se observó que la interacción entre los dos factores afecta significativamente cuando el grado de uso es mayor a un 50 por ciento, durante la época de letargo. La concentración de sedimentos y la erosión laminar presentó diferencia significativa con respecto a los grados de uso del pastizal superiores al 50 por ciento y una relación positiva con los grados de uso menores al 25 por ciento.

Las variables de suelo que presentaron mayor influencia sobre la infiltración fue la densidad aparente y el contenido inicial de humedad, acentuándose principalmente en la época de letargo, así mismo se observó un efecto en la infiltración por el incremento del suelo desnudo para la época de letargo, considerándose ésto al bajo contenido de humedad y la condición del pastizal en este periodo del año. En relación a las variables de vegetación que afectaron la concentración de sedimentos y erosión laminar fueron la cobertura aérea de gramíneas y en segundo término el porcentaje de suelo desnudo.