

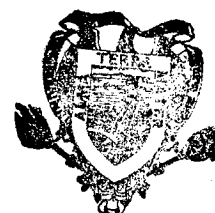
INFILTRACION Y PRODUCCION DE SEDIMENTOS  
EN TRES TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO  
"LOS ANGELES"

SERGIO BELTRAN LOPEZ

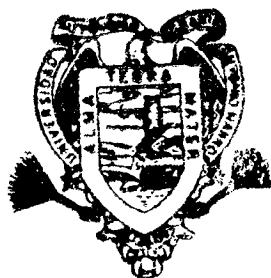
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN MANEJO DE PASTIZALES

Universidad Autónoma  
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTEC



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

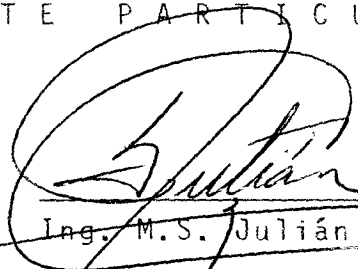
DICIEMBRE DE 1988

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

MAESTRO EN CIENCIAS EN  
MANEJO DE PASTIZALES

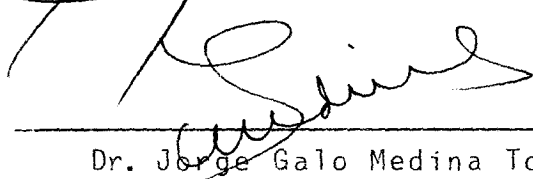
COMITE PARTICULAR

Asesor principal:



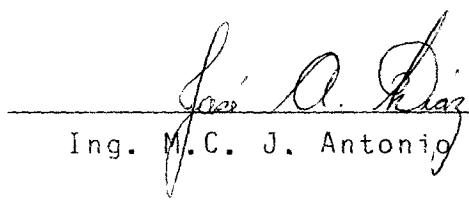
Ing. M.S. Julián Gutiérrez Castillo

Asesor:

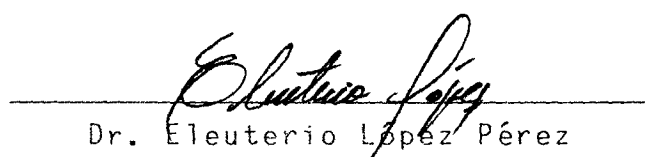
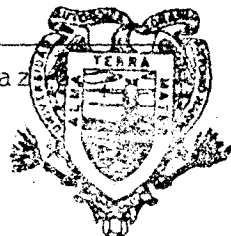


Dr. Jorge Galo Medina Torres

Asesor:



Ing. M.C. J. Antonio Díaz



Dr. Eleuterio López Pérez  
Subdirector de Asuntos de Postgrado

BIBLIOTECA  
EGIDIO G. REBONZ  
BANCO DE TES  
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Diciembre de 1988.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.S. Julián Gutiérrez Castillo, por su total disponibilidad para entregarme sus conocimientos durante mis estudios de Maestría y durante el presente trabajo de investigación.

Al Dr. Jorge Galo Medina Torres, por sus acertadas observaciones, consejos y total apoyo al presente trabajo.

Al Ing. M.C. José Antonio Díaz García, por su activa participación en el análisis estadístico.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo recibido durante una parte de mis estudios de postgrado.

A la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) por el apoyo recibido.

Al Ing. M.C. Alejandro Zárate Lupercio por la gran ayuda brindada en la planeación y ejecución de la presente tesis.

A la Ing. Catarina Loredó Osti, por sus acertadas observaciones en la estructuración de la tesis.

Al pasante Martín F. Rivera Núñez, por su desinteresada ayuda en el trabajo de campo.

A la Sra. Laura Guadalupe Malacara de Pérez por el mecanografiado de la presente tesis.

DEDICATORIA

A mis Padres:

SOTERO BELTRAN TORRES  
JUANA LOPEZ REGALADO

Con cariño, admiración y respeto

A mi Esposa:

C A T Y

con amor

A mis Hijos:

SERGIO  
CECILIA SARAHI

con amor

A mis Hermanos:

ANTONIO, ALICIA, RAUL, ARTURO, CARMEN, JAVIER  
MANUEL, GRACIELA Y MARTHA.

A los Profres:

GREGORIO LOREDO CADENA  
CATARINA OSTI ESPINOZA

COMPENDIO

INFILTRACION Y PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN  
TRES TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO "LOS ANGELES"

por

SERGIO BELTRAN LOPEZ

MAESTRO EN CIENCIAS

EN MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1988.

Ing. MS. Julián Gutiérrez Castillo - Asesor -

Palabras clave: Simulación, lluvia, infiltración,  
sedimentos, pastizal, matorral.

Los objetivos planteados para el presente estudio fueron evaluar las tasas de infiltración y producción de sedimentos en tres tipos de vegetación y determinar las variables de suelo y vegetación más importantes que tienen influencia en esos procesos.

La investigación fue realizada en el Rancho Demostrativo "Los Angeles" durante los meses de febrero y marzo de 1988, utilizando un simulador para producir lluvia con una intensidad de 13.75 cm/hr sobre parcelas de 1 m<sup>2</sup> y aplicarla durante 63 min en seco y durante

33 min en húmedo, separadas estas aplicaciones por un lapso aproximado de 24 hr.

La infiltración fue calculada como la diferencia entre la lluvia simulada y el escurrimiento colectado a intervalos de tiempo. La producción de sedimentos fue medida colectando una muestra de 1 lt de escurrimiento en cada parcela.

Las tasas de infiltración inicial fueron similares entre tipos de vegetación, tanto en seco como en húmedo, registrándose diferencia significativa después de los 18 min en seco, y 13 min en húmedo. A partir de estos tiempos la infiltración fue estadísticamente diferente entre el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo sin presentarse diferencias entre estos y el pastizal amacollado. Las variables que influyeron la infiltración fueron la cobertura basal de zacates, cobertura aérea de zacates, suelo desnudo, densidad aparente del suelo, fitomasa aérea de zacates y contenido de materia orgánica del suelo.

En relación a la producción de sedimentos totales el matorral micrófilo fue estadísticamente superior al pastizal mediano abierto pero no hubo diferencias entre el pastizal amacollado y los primeros. Las variables que tuvieron mayor influencia en la producción de sedimentos fueron cobertura basal de zacates, fitomasa aérea de arbustos, fitomasa del mantillo, cobertura de piedras y pendiente del terreno.

## ABSTRACT

INFILTRATION AND SEDIMENT PRODUCTION IN  
THREE VEGETATION TYPES OF THE RANCHO "LOS ANGELES"

by

SERGIO BELTRAN LOPEZ

MASTER OF SCIENCE: RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1988.

Ing. MS. Julian Gutierrez-Castillo - Adviser -

Key words: Simulation, rainfall, infiltration, sediments, rangeland, shrubland.

The objectives of this study were to evaluate the infiltration rates and sediment production on three vegetation types. And to determine the variables of soil and vegetation that have influence on such processes.

The research was conducted in the Rancho "Los Angeles" of Southeastern Coahuila, Mexico, during February and March of 1988. A drip-type rainfall simulator was utilized to apply high intensity (13.75 cm/hr) rainfall on plots of 1 square meter. Water was applied twice at each plot. Applications times were separated by about 24 hours. Rainfall was simulated for 63 minutes during

dry runs and 33 minutes during wet runs. Infiltration was calculated as the difference between an applied rainfall and runoff for specific time intervals. Sediment was measured by collecting a 1 lt sample of runoff plus sediment from each plot.

Maximum infiltration rates were similar in the vegetation types. Infiltration rates were high in short grass, followed by bunch grass and shrubland. Soil and vegetation variables that have influence on infiltration were basal cover of grasses, aerial cover of grasses, bare ground, bulk density, organic matter and phytomass of grasses.

Total sediment production was high in shrubland followed by bunch grass and short grass. Variables more correlated with sediment production were basal cover of grasses clay content, phytomass of shrub, litter, gravel cover and slope.



## INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS .....	xii
INDICE DE FIGURAS .....	xiv
INTRODUCCION .....	1
OBJETIVOS .....	3
HIPOTESIS .....	3
JUSTIFICACION .....	4
REVISION DE LITERATURA .....	6
INFILTRACION .....	7
METODOS PARA ESTIMAR LA INFILTRACION .....	9
SIMULADORES DE LLUVIA .....	9
INFILTRACION EN PASTIZALES .....	14
PRODUCCION DE SEDIMENTOS .....	21
PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN PASTIZALES .....	22
MATERIALES Y METODOS .....	26
AREA GENERAL DE ESTUDIO .....	26
CLIMA .....	26
GEOLOGIA .....	29
HIDROLOGIA .....	29
SUELOS .....	30
VEGETACION .....	30
AREA DE ESTUDIO .....	32
SUELOS .....	32

	PAGINA
VEGETACION .....	33
HISTORIA DE USO .....	35
MATERIALES .....	35
METODOLOGIA .....	37
DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS .....	37
OPERACION DEL SIMULADOR DE LLUVIA .	37
ESTIMACION DE FACTORES DE LA VEGETACION ...	38
COBERTURA AEREA Y BASAL .....	38
FITOMASA AEREA .....	38
ESTIMACION DE FACTORES DE SUELO .....	39
TEXTURA Y CONTENIDO DE MATERIA	
ORGANICA .....	39
DENSIDAD APARENTE Y CONTENIDO	
DE HUMEDAD .....	39
PROFUNDIDAD DEL SUELO .....	39
PENDIENTE DEL TERRENO .....	40
SIMULACION DE LA LLUVIA .....	40
OBTENCION DE LAS CURVAS DE INFILTRACION	41
DETERMINACION DE LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS	42
ANALISIS ESTADISTICO .....	42
DISEÑO ESTADISTICO .....	42
PRUEBA DE MEDIAS .....	43
ANALISIS DE REGRESION .....	43
RESULTADOS .....	46
TASAS DE INFILTRACION EN SECO .....	46
TASAS DE INFILTRACION EN HUMEDO .....	48
CURVAS DE INFILTRACION	50

	PAGINA
PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN SECO .....	52
PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN HUMEDO .....	56
COBERTURA AEREA .....	57
COBERTURA BASAL .....	59
FITOMASA AEREA .....	61
VARIABLES DE SUELO .....	61
PRINCIPALES VARIABLES QUE AFECTAN LA INFILTRACION	64
CORRIDAS EN SECO .....	64
CORRIDAS EN HUMEDO .....	67
PRINCIPALES VARIABLES QUE INFLUYERON EN LA PRODUCCION	
DE SEDIMENTOS .....	69
DISCUSION .....	71
CONCLUSIONES .....	81
RECOMENDACIONES .....	84
RESUMEN .....	86
LITERATURA CITADA .....	89

## INDICE DE CUADROS

NO.		PAGINA
4.1	TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) A INTERVALOS DE TIEMPO DEFINIDO EN EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.), Y MATORRAL MICROFILO (M.M.) DURANTE LAS CORRIDAS EN SECO Y RESPUESTA A LA PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY.	47
4.2	TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) A INTERVALOS DE TIEMPO DEFINIDO EN EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.) Y MATORRAL MICROFILO (M.M.) DURANTE LAS CORRIDAS EN HUMEDO Y RESPUESTA A LA PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY.	49
4.3	VALORES DE LAS PRODUCCIONES MEDIAS DE SEDIMENTOS TOTALES EN LOS TRES TIPOS DE VEGETACION, VALORES DE F CALCULADAS EN EL ANALISIS DE VARIANZA Y COMPARACION DE MEDIAS DE ACUERDO AL METODO DE TUCKEY, MARZO DE 1988.	55
4.4	PORCENTAJE MEDIO DE COBERTURA AEREA (%) ENCONTRADOS EN LOS TRES TIPOS DE VEGETACION, MARZO DE 1988.	58
4.5	PORCENTAJES PROMEDIO DE COBERTURA BASAL ENCONTRADOS EN LOS TRES TIPOS DE VEGETACION, MARZO DE 1988.	60
4.6	VALORES MEDIOS DE LA FITOMASA AEREA (G/M <sup>2</sup> ) ENCONTRADOS EN LOS TRES TIPOS DE VEGETACION, MARZO DE 1988.	62
4.7	VALORES MEDIOS DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO REGISTRADOS EN EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.) Y MATORRAL MICROFILO, MARZO DE 1988.	63
4.8	PORCENTAJE DE INFLUENCIA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DEL SUELO Y VEGETACION QUE TIENEN INFLUENCIA EN LAS TASAS DE INFILTRACION DURANTE LAS CORRIDAS EN SECO, A INTERVALOS DE TIEMPO DEFINIDOS, MARZO DE 1988.	65

NO.		PAGINA
4.9	PORCENTAJE DE INFLUENCIA DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DEL SUELO Y VEGETACION QUE TIENEN INFLUENCIA EN LAS TASAS DE INFILTRACION DURANTE LAS CORRIDAS EN HUMEDO, A INTERVALOS DE TIEMPO DEFINIDOS, MARZO DE 1988.	68
4.10	PORCENTAJE DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DEL SUELO Y VEGETACION QUE TIENEN INFLUENCIA EN LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS DURANTE LAS CORRIDAS EN SECO Y EN HUMEDO, MARZO DE 1988.	70

## INDICE DE FIGURAS

NO.		PAGINA
3.1	LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DE ESTUDIO RANCHO DEMOSTRATIVO "LOS ANGELES" UAAAN.	27
3.2	PLANO DE INFRAESTRUCTURA DEL RANCHO DEMOSTRATIVO "LOS ANGELES" (TOMADO DE SERRATO <u>ET AL.</u> , 1983).	28
3.3	TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO DEMOSTRATIVO "LOS ANGELES" (TOMADO DE SERRATO <u>ET AL.</u> , 1983).	31
4.1	TASAS DE INFILTRACION EN SECO PARA EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.) Y MATORRAL MICROFILO (M.M.).	51
4.2	TASAS DE INFILTRACION EN HUMEDO PARA EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.) Y MATORRAL MICROFILO (M.M.).	53
4.3	PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO (P.M.A.), PASTIZAL AMACOLLADO (P.A.) Y MATORRAL MICROFILO (M.M.) EN SECO Y EN HUMEDO.	54

\* \* \* \*

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

Debido a la complejidad de los ecosistemas de pastizales es conveniente estudiar sus principales componentes de manera aislada para comprender los procesos que ocurren en ellos e integrarlos posteriormente para observar su comportamiento dentro del sistema dinámico natural.

Los principales componentes de estos ecosistemas son el ciclo de minerales, el flujo de energía, la sucesión vegetal y el ciclo hidrológico (Savory, 1979). De acuerdo a lo anterior, el objetivo fundamental del manejador de pastizales deberá centrarse en lograr una alta conversión de energía solar, una elevada productividad del suelo y el máximo aprovechamiento del agua de lluvia, todo encaminado hacia la obtención de la productividad potencial de forraje en cada sitio del pastizal.

El uso eficiente del agua de lluvia tiene particular importancia en las regiones áridas y semiáridas en donde la precipitación es escasa y su distribución errática, lo cual origina que la humedad de suelo en los pastizales de estas zonas sea el principal factor

limitante para el desarrollo adecuado de la vegetación natural.

Dentro de los ecosistemas del pastizal, los procesos de infiltración y producción de sedimentos tienen un efecto directo, el primero de ellos en la cantidad de humedad disponible en el suelo y el segundo en la disponibilidad de nutrimentos para el crecimiento de las plantas y por consiguiente en la producción de biomasa total de un sitio. Estos procesos se ven afectados por factores asociados a las condiciones de la cubierta vegetal, a las propiedades del suelo y a las características de la precipitación.

El propósito fundamental al evaluar los procesos hidrológicos en diferentes tipos de vegetación es observar el comportamiento que tienen esos procesos en un ambiente natural y con una misma historia de uso. Una vez que han sido valorados los procesos sin considerar la forma de uso es conveniente volver a evaluar dichos procesos con el efecto aditivo del apacentamiento; después de esto se puede valorar el efecto causado por el ganado en forma más precisa y se evita confundir los efectos de ambos factores.



### Objetivos

- Comparar las tasas de infiltración y producción de sedimentos del pastizal mediano abierto, del pastizal amacollado y del matorral micrófilo en el Rancho Demostrativo Los Angeles.
- Determinar las variables de suelo y vegetación que influyen en las tasas de infiltración y producción de sedimentos en tres tipos de vegetación del Rancho Demostrativo Los Angeles.

### Hipótesis

En base a los objetivos establecidos se plantean las siguientes hipótesis:

- Ho<sub>1</sub>: Las tasas de infiltración no difieren significativamente entre un pastizal mediano abierto, un pastizal amacollado y un matorral micrófilo.
- Ho<sub>2</sub>: La producción de sedimentos no difieren significativamente entre un pastizal mediano abierto, un pastizal amacollado y un matorral micrófilo.
- Ho<sub>3</sub>: Las tasas de infiltración y producción de sedimentos no son afectados por atributos específicos de suelo y vegetación.

## Justificación

En la actualidad, en México existen muy pocas investigaciones acerca del comportamiento hidrológico que presentan las comunidades naturales. Con trabajos como el presente, se pretende avanzar en la evaluación de los procesos de infiltración y producción de sedimentos "in situ" para contar con información confiable que permita inferir los efectos de esos procesos sobre la producción en los pastizales y en las cuencas hidrológicas en general.

El presente trabajo considerado pionero en la región pretende además, que a partir de este se de seguimiento al estudio del comportamiento hidrológico tanto en el rancho "Los Angeles" como en áreas similares para obtener un panorama hidrológico más específico y estar en condiciones de predecir el efecto de los eventos de precipitación en áreas naturales de acuerdo al tipo de vegetación.

En particular para el rancho "Los Angeles" este trabajo será de utilidad para analizar si el manejo aplicado hasta la fecha ha sido el adecuado o bien existe la necesidad de inducir un cambio en la composición de especies en las comunidades estudiadas que propicien mínimas cantidades de producción de sedimentos, más altas tasas de infiltración y consecuentemente una mayor producción de forraje. Por otro lado, mediante la

utilización del simulador de lluvia se abre para la UAAAN una amplia gama de investigaciones que servirán para aumentar el conocimiento del comportamiento hidrológico con diversas variantes en su aplicación.

## CAPITULO II

### REVISION DE LITERATURA

El uso adecuado y la preservación de los recursos agua, suelo y vegetación es vital para el bienestar y supervivencia de una civilización en constante crecimiento. Recursos tales como los pastizales de las cuencas hidrológicas han sido descuidados por largo tiempo aún cuando estas áreas ocupan el 40 por ciento de la superficie total mundial y el 80 por ciento de ellas están enclavadas en las zonas áridas y semiáridas (Gamougoun et al., 1984).

El entendimiento de los procesos hidrológicos básicos en los pastizales, es fundamental para un efectivo manejo integral de los recursos (Wilcox et al., 1988); la infiltración del agua en el suelo puede ser considerada como el proceso más importante en el desarrollo de las cuencas de pastizales. En un medio ambiente donde las lluvias convectivas producen la mayoría de los eventos de escurrimiento y erosión del suelo, las características de la infiltración son factores claves en la determinación de la pérdida de suelo, formación de cárcavas y producción de sedimentos. Por otro lado, la humedad del suelo es a menudo el principal factor limitante para el crecimiento de las plantas y la presencia del escurrimiento

superficial inhibe la producción de forraje, por ello, muchas veces, un objetivo principal del manejador de pastizales es prevenir el escurrimiento superficial (Jaynes y Gifford, 1981).

El estudio de los procesos de infiltración, escurrimiento y producción de sedimentos en los ecosistemas del pastizal ha sido reportado en los últimos años por diversos autores, Thurow et al. (1986) señalan que la condición hidrológica de un sitio de pastizal es el resultado de complejas interacciones de los factores suelo y vegetación; y que, las tasas de infiltración y la producción de sedimentos son buenos indicadores de la condición del pastizal.

### Infiltración

El término infiltración se refiere a la entrada de agua a través de la superficie del suelo. La cantidad de agua absorbida por el suelo por unidad de tiempo es lo que se reconoce como tasa de infiltración. La tasa de infiltración que ocurre en un suelo al inicio de cualquier lluvia es considerada como la tasa máxima y disminuye rápidamente en los primeros minutos, para posteriormente decrecer en forma paulatina hasta hacerse relativamente constante, llegando entonces a lo que se identifica como tasa de infiltración final o infiltración básica.

Las tasas a las cuales penetra el agua en el suelo dependen de muchos factores, entre los cuales se pueden señalar la cobertura vegetal, la composición de especies, edad y estado sucesional de la vegetación, cantidad de biomasa producida, cobertura del mantillo orgánico, porcentaje de suelo desnudo, profundidad del suelo, contenido de humedad en el suelo, densidad aparente contenido de materia orgánica en el perfil, textura del suelo, material parental, pendiente del terreno, actividad microbiana, características de la precipitación y estacionalidad (Branson et al., 1981).

Al respecto Musgrave (1955) resume los factores que afectan la infiltración del agua en el suelo en cinco categorías:

1. Características de la superficie del suelo
2. Características del perfil
3. Condición del agua en el suelo
4. Características de la precipitación, y
5. Cambios estacionales.

Para Wood y Blackburn (1981b) la infiltración en el suelo es controlada por factores edáficos, climáticos, topográficos y principalmente las características de la vegetación, señalando inclusive que el tipo de vegetación y la cantidad de cobertura vegetal por si solas pueden modificar la interrelación suelo-agua de un sitio.

## Métodos para Estimar la Infiltración

A través del tiempo se han utilizado varios métodos para estimar las tasas de infiltración en áreas naturales; de acuerdo a la extensión del área en que se estudia la infiltración se pueden dividir en:

- a. Estudios en parcelas
- b. Estudios a nivel cuencas.

De acuerdo a los instrumentos utilizados para estimar la infiltración, Branson *et al.* (1981) y Gutiérrez y Salazar (1986) señalan que existen tres métodos comunes para estimar las tasas de infiltración las cuales son:

1. Simulación de la lluvia
2. Utilización de anillos, y
3. Análisis de registros de precipitación y escurrimientos.

## Simuladores de Lluvia

El método de simulación de la lluvia es en la actualidad la técnica más aceptada por los investigadores en hidrología de pastizales, principalmente porque brinda la oportunidad de controlar las características de la lluvia simulada y el tiempo de aplicación, aunado esto al mínimo disturbio del suelo y la vegetación, por ello la simulación de la lluvia es de gran valor para la obtención de estimaciones rápidas y confiables. Además, -

con el uso de simuladores de lluvia se pueden evaluar otros procesos como la intercepción del agua por las plantas, la producción de sedimentos y la calidad del agua escurrida que con otros métodos no es posible estimar.

De acuerdo a Neff (1979) la simulación de lluvia es una técnica para aplicar agua en parcelas pequeñas de una manera similar a la lluvia natural para obtener en forma rápida y eficiente los datos necesarios para investigaciones de infiltración, escurrimientos, producción de sedimentos y pérdida de nutrimentos del suelo.

Existen dos tipos principales de simuladores de lluvia; los de cedazos de gotéo y los aspersores; en los primeros se utilizan tubos capilares, goteadores de hilo e incluso agujas hipodérmicas; por lo que respecta a los simuladores por aspersión el formador de gotas es una boquilla a la que le antecede un sistema de agua a presión para lograr la lluvia deseada (Kirkby y Morgan, 1984).

De acuerdo a Kirkby y Morgan (1984) y Neef (1979) los simuladores de lluvia presentan las siguientes:

Ventajas:

- a. Se obtienen resultados con mayor rapidez, sobre todo si se trata de poner a prueba condiciones extremas y por lo tanto menos frecuentes.



- b. Son controlables y se pueden tomar mediciones adecuadas con intensidades y duraciones seleccionadas.
- c. Son de un costo razonable, debido al grado de control que puede ser ejercido sobre la simulación; el costo por unidad de dato es completamente bajo si lo comparamos con el costo en un largo experimento que depende de la lluvia natural.
- d. Proveen un máximo de control sobre, cuando, dónde y cuáles datos deberán ser colectados.

Desventajas:

- a. Las áreas tratadas son muy pequeñas, pudiendo abarcar desde uno hasta varios cientos de metros cuadrados, dependiendo del diseño del simulador. Estas pequeñas áreas pueden ser o no representativas del área general que nos interesa.
- b. Los simuladores de lluvia no producen una distribución del tamaño de gotas que sea representativo de una tormenta natural.
- c. Los simuladores no reproducen la intensidad de lluvia con las variaciones temporales de una lluvia natural.

d. Los simuladores de lluvia son caros en construcción y uso, debido al costo de componentes, ensamblaje y personal necesario para su operación.

Los simuladores de lluvia más ampliamente utilizados a la fecha son:

Simulador Rocky Mountain. Propuesto por Dortignac (1951) y construido a base de boquillas tipo F, produce gotas con un diámetro de 3.5 mm, trabaja a intensidades de 75 a 100 mm/hr, alcanza un 65 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural, requiere de 70 lt de agua para una prueba de 30 minutos, su uso se ve fuertemente restringido a vegetación de porte bajo.

Simulador Giratorio. Reportado por Swanson (1979) es un simulador del tipo aspersor, funciona con boquillas con movimiento circular, consta de 300 boquillas montadas en válvulas de globo, se alcanzan intensidades de 60 a 120 mm/hr, una prueba requiere de aproximadamente 540 lt, las boquillas quedan colocadas a 2.5 m sobre el nivel del suelo.

Simulador Tipo Modular. Originalmente diseñado por Meewig (1971) más tarde modificado por Malekuti y Gifford (1978) es del tipo aspersor, la intensidad varía de 30 a 250 mm/hr utiliza parcelas de 0.34 m<sup>2</sup>, el tamaño de las gotas es de 2.9 mm, es portátil, puede ser usado con o sin cuadrantes que circunden las parcelas por lo que puede trabajar en pendientes fuertes y con

suelos rocosos, requiere sólo de 25 lt por prueba de 30 min con una intensidad de 250 mm/hr.

Simulador Móvil. Diseñado por Blackburn et al. (1974) consta principalmente de un módulo formador de gotas de lluvia compuesto por dos placas acrílicas de 1 m<sup>2</sup> el cual contiene 2500 tubos capilares que producen un tamaño de gota de 2.5 mm y alcanzan un 71 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural, cayendo éstas por gravedad desde 2.13 m de altura sobre el nivel del suelo, produce intensidades de 5 a 200 mm/hr.

Simulador de Sonda Gamma. Diseñado por Hamon (1979) utiliza un sistema de doble compartimiento, de agua y aire para la formación de las gotas de lluvia a través de boquillas, el tamaño medio de las gotas es de 2.8 mm, la energía cinética de la lluvia simulada es similar en un 83 por ciento a la lluvia natural, el rango de intensidad de lluvia varía de 4 a 200 mm/hr se complementa con un monitor que mide el movimiento de el agua en el suelo, el cual registra la posición del frente de mojadura al momento de las pruebas de simulación.

Simulador Portátil de Colorado State University. Lusby (1977) propuso una adaptación al simulador diseñado por Dickinson et al. (1967) el cual es del tipo aspersor, el área de trabajo que cubre es de aproximadamente 325 m<sup>2</sup>, el patrón de distribución de los aspersores es regular, se alcanza una intensidad de lluvia de 50 mm/hr con un

55 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural, para simular una lluvia de 38 mm en 45 min se requieren 37,800 lt de agua, el escurrimiento es medido utilizando un colector.

Simulador Manual y Portable. (Wilcox et al., 1986) es del tipo aspersor, fue creado para trabajar en pendientes fuertes, utiliza parcelas flexibles de forma oval de aproximadamente 1 m<sup>2</sup>, se aplica la lluvia sobre la parcela a través de una sola boquilla estacionaria a una altura de 2 m, el tamaño de gotas varía de 0.8 a 2.0 mm con un tamaño medio de 1.2 mm, una característica particular del simulador al momento de realizar la prueba es que se cubre la parcela con una capa uniforme de mantillo u hojarasca para proteger el suelo del impacto de las gotas de lluvia y consecuentemente se evita el salpicamiento de las partículas fuera de la parcela de experimentación.

#### Infiltración en Pastizales

Tromble (1980) realizó un trabajo para evaluar las tasas de infiltración en pastizales roturados cuyos tratamientos fueron una área con gobernadora (Larrea tridentata), suelo desnudo, una área roturada cuatro años antes y una área roturada dos años antes del experimento; utilizó un simulador de lluvia con una tasa de aplicación de 17.8 cm/hr, obtuvo diferencias altamente

significativas después de 20, 30 y 60 min. En relación al antecedente de humedad se pudo observar que la infiltración fue menor cuando los suelos estaban humedecidos que cuando se encontraban secos; concluyen que las tasas de infiltración son más altas en áreas protegidas con vegetación donde la cobertura vegetal es mayor; la infiltración fue 4.8 veces más grande en suelos húmedos en parcelas con gobernadora comparada con las parcelas de suelo desnudo.

McGinty et al. (1979) reportan un estudio realizado en la meseta Edwards en el cual las tasas de infiltración final fueron de 1 a 4 cm/hr más grandes en las pruebas en seco que en las pruebas en húmedo; la infiltración final se alcanzó a los 30 min aproximadamente; y concluyen que los suelos más profundos presentan los valores más altos de infiltración seguidos de los intermedios y finalmente los someros. Las principales variables que influenciaron la infiltración fueron el antecedente de humedad, fitomasa de mantillo orgánico, fitomasa total en pie, profundidad del suelo, cobertura de piedras y densidad aparente del suelo.

Varias investigaciones han comparado las tasas de infiltración entre comunidades de plantas, Dee et al. (1966) encontraron que las tasas de infiltración en diferentes comunidades de plantas con algunas series de suelos se incrementaron en cuanto se aumentaba la posición de las plantas en una escala sucesional,

influyendo considerablemente la cubierta vegetal y la cantidad de mantillo orgánico.

Gutiérrez et al. (1979) en un estudio llevado a cabo en el norte de Zacatecas, en el cual incluyeron cuatro comunidades vegetales no encontraron diferencias estadísticas de las tasas de infiltración que presentan una comunidad halófito, una comunidad de sotol-lechuguilla y una comunidad de lechuguilla-mariola; sin embargo, los resultados les señalan que la infiltración fue mucho menor en una comunidad de gobernadora-hojasén, concluyendo que las diferencias encontradas se deben al contenido de humedad y arcilla que presentan los suelos.

Box (1961) estimando las tasas de infiltración en cuatro comunidades semiáridas: mezquite-zacate búfalo, chaparral-pastizal, pastizal-hierbas anuales y nopal-pastizal, determinó las tasas de infiltración en los suelos desnudos, suelos cubiertos por pastizal y suelo cubierto por arbustos en cada una de las comunidades, encontrando que las tasas de infiltración son mayores en los suelos cubiertos por gramíneas seguida por los suelos cubiertos por arbustivas y finalmente en los suelos desnudos.

Lyford y Qashu (1969) estudiando los efectos de la vegetación desértica sobre las tasas de infiltración encontró que dos especies (Larrea tridentata y Cercidium microphyllum) tienen diferente efecto sobre las tasas de infiltración y encontró que en las áreas abajo de

los arbustos o adyacentes a estos la infiltración fue tres veces más alta que las obtenidas en áreas desnudas, esta diferencia se debió principalmente al contenido de materia orgánica del suelo que existe bajo los arbustos o en las cercanías inmediatas.

Tromble et al. (1979) analizando tres complejos de vegetación al Suroeste de Arizona para cuantificar las diferencias en las tasas de infiltración en tres tipos de suelo que sustentaban vegetación de arbustos, zacates y suelo desnudo concluyen que los suelos de textura fina son los que presentan las menores tasas de infiltración y que los sitios con cobertura de arbustos presentan mayores tasas de infiltración que los sitios sin vegetación y con cobertura de zacates, ésto se debió a que la cobertura de la corona de los arbustos era casi el doble de la cobertura de zacates y a la acumulación de mantillo orgánico bajo los arbustos, lo cual contribuyó al desarrollo de una capa superficial altamente permeable.

La densidad aparente relacionada con la porosidad influye en las tasas de infiltración; al respecto, Meewig (1970), reporta que además de la cubierta vegetal y el mantillo, la densidad aparente de los suelos, el estado de agregación, el contenido inicial de humedad y la biomasa contribuyen con el 80 por ciento de la varianza en la cantidad de agua infiltrada en el suelo.

Brock et al. (1982) estudiando los efectos que sobre las tasas de infiltración tienen las aplicaciones

de productos químicos y al desenraice para controlar mezquite, encontraron que la estabilidad de los agregados del suelo y la interacción de la estabilidad de los agregados y la cantidad de suelo desnudo son los factores dominantes en el control de las tasas de infiltración.

Sánchez (1984) trabajando en la Cuenca de El Plateado, Zacatecas, evaluó el efecto del pastoreo de ganado sobre las tasas de infiltración, encontró que las variables de mayor influencia en áreas arbustivas son la cobertura foliar y la biomasa de zacates señalando además que la presencia de los pastos estoloníferos tiende a incrementar la cobertura foliar e indirectamente las tasas de infiltración.

La mayoría de los investigadores coinciden en señalar que las características de la vegetación son el principal factor que controla la infiltración del agua en el suelo. Wilcox et al. (1988) concuerdan con lo anterior y señalan además que la mayoría de los investigadores han subestimado la pendiente del terreno la cual es una variable de mucha importancia; indican también que la cobertura de piedras está asociada negativamente con la infiltración de los suelos porque generalmente está asociada con escasa cobertura vegetal, no obstante la cobertura de piedras puede en un momento dado ofrecer cierta protección al suelo, especialmente fragmentos mayores de 2.5 cm por lo que en ocasiones es preferible tener esta condición que un suelo desnudo. Concluyen



que las tasas de infiltración están relacionadas negativamente con el gradiente de pendiente, debido a que el interflujo se incrementa conforme aumenta el valor de la pendiente.

Warren et al. (1986) en un trabajo realizado en la Estación Experimental de Texas, en donde los tratamientos fueron los efectos de la estacionalidad sobre la condición hidrológica del pastizal bajo un pastoreo rotacional intensivo, indican que, las variables de mayor influencia en las tasas de infiltración son la densidad aparente del suelo, el microrelieve y la estabilidad de los agregados del suelo.

Wood y Blackburn (1981b) evaluando la influencia de cuatro sistemas de pastoreo en las planicies onduladas de Texas sobre las tasas de infiltración mencionan que la estabilidad de los agregados del suelo y el contenido de materia orgánica son las variables de mayor efecto; sin embargo, no obtuvieron significancia para cobertura de pastos anuales, densidad aparente del suelo y microrelieve.

Pluhar et al. (1986) encontraron que las tasas de infiltración son mayores en comunidades de pastizales amacollados que en pastizal mediano abierto; y señalan que las principales variables de influencia en las tasas de infiltración son la cantidad de suelo desnudo, el porcentaje de arena del suelo y la estabilidad de los agregados del suelo y concluyen que es factible promover incrementos en la cantidad de agua infiltrada en el suelo

induciendo un cambio a largo plazo de la composición de especies.

Thurrow et al. (1986) realizaron un estudio en los tipos de vegetación, matorral de encino, pastizal amacollado, y pastizal mediano abierto y su respuesta a los sistemas de apacentamiento, y encontraron que las tasas de infiltración son muy altas a los cinco min en los tres tipos de vegetación evaluados y declinan rápidamente hasta llegar a la infiltración constante. Indican que la variable más correlacionada con las tasas de infiltración es la cobertura del mantillo orgánico y en menor grado la densidad aparente del suelo, considerando significativa la estabilidad de los agregados del suelo y el contenido de materia orgánica.

Busby y Gifford (1981) trabajando en diferentes tipos de piñonero y enebro al sur de Utah a los cuales se les habían aplicado diferentes tratamientos mecánicos de mejoramiento a la vegetación, evaluaron los efectos del pastoreo sobre las tasas de infiltración para la simulación del pastoreo las parcelas experimentales fueron sometidas a diferentes cortes. Los resultados señalan que los tratamientos de corte no tuvieron efecto significativo sobre las tasas de infiltración, debido a que la remoción del forraje por corte tiene un efecto instantáneo, y no un efecto acumulado como ocurre con el pastoreo; el corte no simula el pastoreo, únicamente remueve la cubierta vegetal protectora, permaneciendo

el mantillo orgánico, y las propiedades superficiales del suelo sin disturbio.

### Producción de Sedimentos

Se entiende por sedimento el conjunto de partículas que se acumulan en un sitio después de haber sido arrastradas por el agua o el viento.

Sedimentación es la acción de las partículas sólidas de depositarse en el fondo una vez que han estado contenidas en una suspensión.

Kirkby y Morgan (1984) definen producción de sedimentos al flujo total de sedimentos de una cuenca hidrológica o área de drenaje durante un tiempo determinado. No toda la pérdida de suelo se deposita en el sistema de corrientes ya que una parte se deposita en diversas depresiones de la misma cuenca o microcuenca entonces el material que se transporta hacia algún punto de interés es la producción de sedimentos.

Los factores que afectan en mayor grado la producción de sedimentos son: la estabilidad de los agregados del suelo, contenido de materia orgánica, mantillo orgánico, cosecha en pie, densidad aparente del suelo, contenido inicial de humedad, cobertura del suelo y pendiente del terreno (Wood y Blackburn, 1981a). Los mismos autores señalan que los sedimentos resultantes de la erosión geológica son un componente natural en

Los ecosistemas con sus escurrimientos superficiales naturales, indican que los sedimentos no son necesariamente un factor de disturbio, sin embargo, llegan a serlo si exceden los niveles naturales e interfieren con el uso benéfico del agua.

#### Producción de Sedimentos en Pastizales

Neff (1982) realizó un trabajo sobre producción de sedimentos al Sureste de Montana y concluye que las tasas de producción de sedimentos son bajas en una pendiente media del cinco por ciento y que ésta es mucho mayor al inicio de la tormenta decreciendo rápidamente, siendo determinante la intensidad de la lluvia y la duración de la misma.

La producción de sedimentos está estrechamente relacionada con la cubierta vegetal del suelo, el suelo desnudo es muy susceptible a la erosión hídrica y se pueden perder grandes cantidades de suelo con una tormenta durante la estación lluviosa (Bennett, 1939).

En un trabajo realizado por Wood y Blackburn (1981a) en las planicies onduladas de Texas, se encontró que las variables del suelo y la vegetación que influyen significativamente en la producción de sedimentos son la estabilidad de agregados, el contenido de materia orgánica, mantillo orgánico, biomasa aérea, densidad aparente del suelo y cobertura foliar.

Osborn et al. (1978) realizando un trabajo en cuencas experimentales al Sureste de Arizona, encontraron que la producción de sedimentos en pequeñas cuencas varió significativamente debido a las diferencias en cuanto a cobertura vegetal y presencia y tamaño de cárcavas, la producción de sedimentos fue varias veces mayor en áreas con cárcavas que en áreas sin ellas y fue 10 veces mayor en áreas con cubierta arbustiva que en áreas cubiertas con pastizal, una cobertura pobre combinada con intensas lluvias provoca altas tasas de producción de sedimentos.

McGinty et al. (1979) señalan que la producción de sedimentos para tres potreros con profundidad somera, intermedia y profunda de suelo fueron similares estadísticamente, sin embargo, hacen notar que la producción de sedimentos fue menor en suelos profundos, las variables más importantes que influyeron en la producción de sedimentos fueron la fitomasa del mantillo orgánico, la humedad inicial y el microrelieve.

Brock et al. (1982) llevaron a cabo una investigación en el norte de Texas sobre la producción de sedimentos en un sitio de pastizal invadido por mezquite y observaron que la producción de sedimentos está positivamente correlacionada con la cantidad de suelo desnudo y la densidad aparente del suelo y negativamente con la cobertura vegetal y el contenido de materia orgánica.

Wood y Blackburn (1981a) obtuvieron una producción de sedimentos de 114.6 y 440 kg/ha con pastizales amacollados y pastizales mediano abierto respectivamente, hacen notar que estas cantidades son muy pequeñas comparadas con los 11,000 kg/ha que se permite para áreas de pastizal, Wischmeier y Smith (1978) consideran que para áreas de pastizal los valores de producción de sedimentos están entre 4,500 y 11,000 kg/ha.

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 de producción de sedimentos variaron entre 1,066 y 9,933 kg/ha.

Sánchez (1984) trabajando en diferentes sitios de pastizal, en la cuenca hidrológica del Plateado en Zacatecas, para evaluar el efecto del pastoreo en la producción de sedimentos, concluyó que las variables del suelo y la vegetación más fuertemente correlacionadas con la producción de sedimentos son los antecedentes de humedad y la cobertura basal y foliar, pero que también influyen la biomasa de zacates, el microrelieve del suelo y el porcentaje de pedregosidad. Además en todos los sitios por él evaluados, existe una producción de sedimentos menor en la condición de exclusión que en áreas pastoreadas.

Thurrow et al. (1986) evaluando la producción de sedimentos en comunidades vegetales de encinal, pastizal amacollado, y pastizal corto de zacate galleta encontró que; la producción de sedimentos está altamente relacionada con la biomasa total aérea y la cobertura, sobre todo en el pastizal amacollado. La obstrucción del transporte superficial de sedimentos y la protección contra el efecto disgregador del impacto de las gotas de lluvia, son las principales funciones de la biomasa total en pie, y de la cobertura de zacates amacollados. Además, los tratamientos de exclusión y pastoreo continuo con intensidad de carga moderada, exhibieron las mejores condiciones hidrológicas.

### CAPITULO III

#### MATERIALES Y METODOS

##### Area General de Estudio

El presente trabajo se realizó en el Rancho Demostrativo "Los Angeles" ubicado a 48 km al Sur de la ciudad de Saltillo a 34 km sobre la carretera Saltillo Zacatecas y 14 km por camino de terracería (Figura 3.1). Las coordenadas geográficas entre las que se encuentra el rancho son 25°04'12" y 25°08'51" Latitud Norte y 100°58'07" y 101°03'12" Longitud Oeste; la altitud varía de 2100 a 2400 msnm, teniendo una superficie total de 6, 184 ha divididas en 20 potreros de superficie variable (Serrato et al., 1983) (Figura 3.2).

##### Clima

De acuerdo a Mendoza (1983) el clima que presenta el Rancho "Los Angeles" es BWhw(x')(e) lo cual significa:

BW : Clima seco o árido

h : Semicálido con invierno fresco, con una temperatura media anual que fluctúa



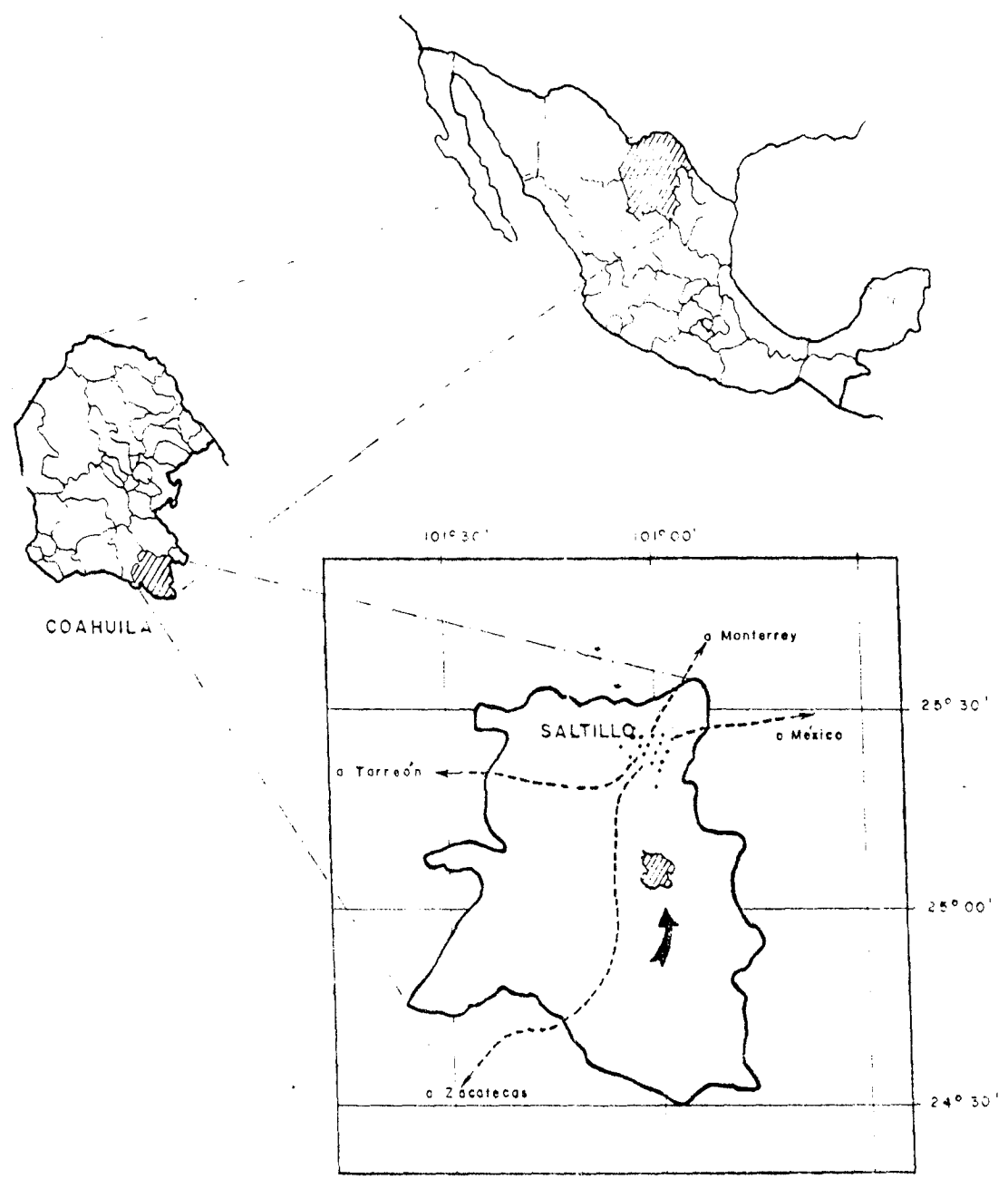
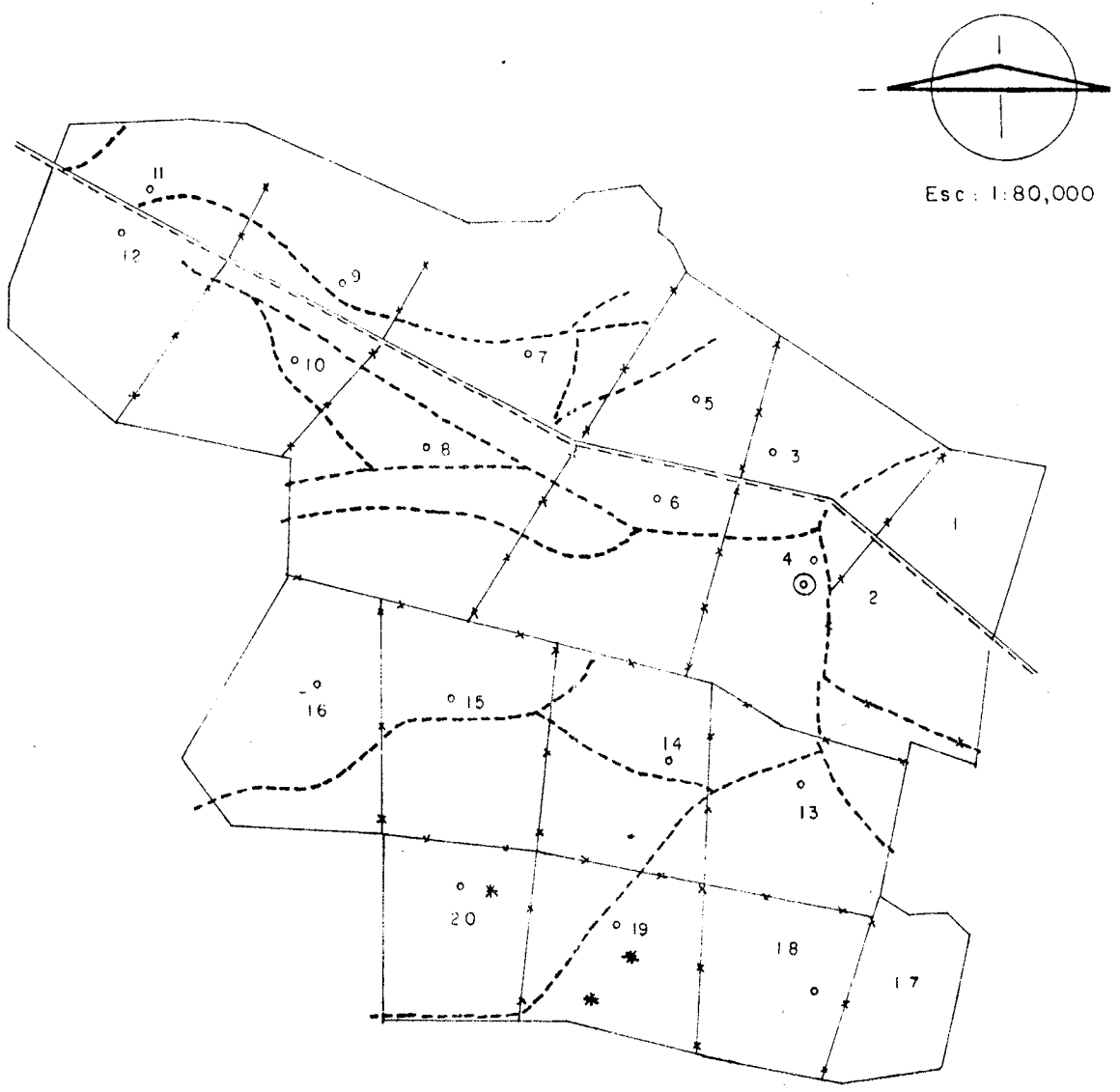


FIG. 3.1.- LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL AREA DEL ESTUDIO  
RANCHO DEMOSTRATIVO "LOS ANGELES" UAAAN.



### S I M B O L O G I A

—	CERCO.
- - - -	TERRACERIA.
· · · · ·	BRECHA.
○	BEBEDERO.
*	ÁREAS EXPERIMENTALES.
5	Nº DE PASTA.
⊙	CASCO

FIG. 3.2.- PLANO DE INFRAESTRUCTURA DEL RANCHO DEMOSTRATIVO " LOS ANGELES " ( TOMADO DE SERRATO e T de 1983 )

entre 18 y 22°C, las del mes más frío menor de 18°C.

w(x'): Régimen de lluvias de verano, con un porcentaje de lluvia invernal superior a 10.2 con respecto a la total anual.

(e) : Oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 7 y 14°C.

### Geología

El rancho "Los Angeles" se localiza en una zona de rocas sedimentarias, principalmente calcáreas en las colinas, la estructura geológica principal es el anticlinal de Carneros, las formaciones más recientes y que se depositan en las depresiones que se forman entre los anticlinales se encuentran cubiertas por aluvi6n. La geología del área data de las eras mesozoica y cenozoica períodos cretácico inferior (Ki) y cenozoico superior clásico (Csc) (COTECOCA, 1979).

### Hidrología

El área de estudio no es tocada por ninguna corriente superficial permanente, en las laderas de las sierras se han formado pequeñas cárcavas pero sin llegar a formar arroyos, los agujes que existen sólo captan pequeñas cantidades de agua superficial (Serrato et al., 1983).

## Suelos

Valdés et al. (1986) clasifica los suelos del Rancho "Los Angeles" en seis unidades taxonómicas:

Unidad uno. Orden Molisol, Familia Calcixerol arídico arcilloso montmorillonítico térmico.

Unidad dos. Orden Aridisol, Familia Cambortid vértico franco arcilloso montmorillonítico térmico.

Unidad tres. Orden Molisol, Familia Haplustol pachico franco fino montmorillonítico térmico.

Unidad cuatro. Orden Molisol, Familia Haploxerol lítico franco térmico.

Unidad cinco. Orden Molisol, Familia Haplustol lítico franco térmico.

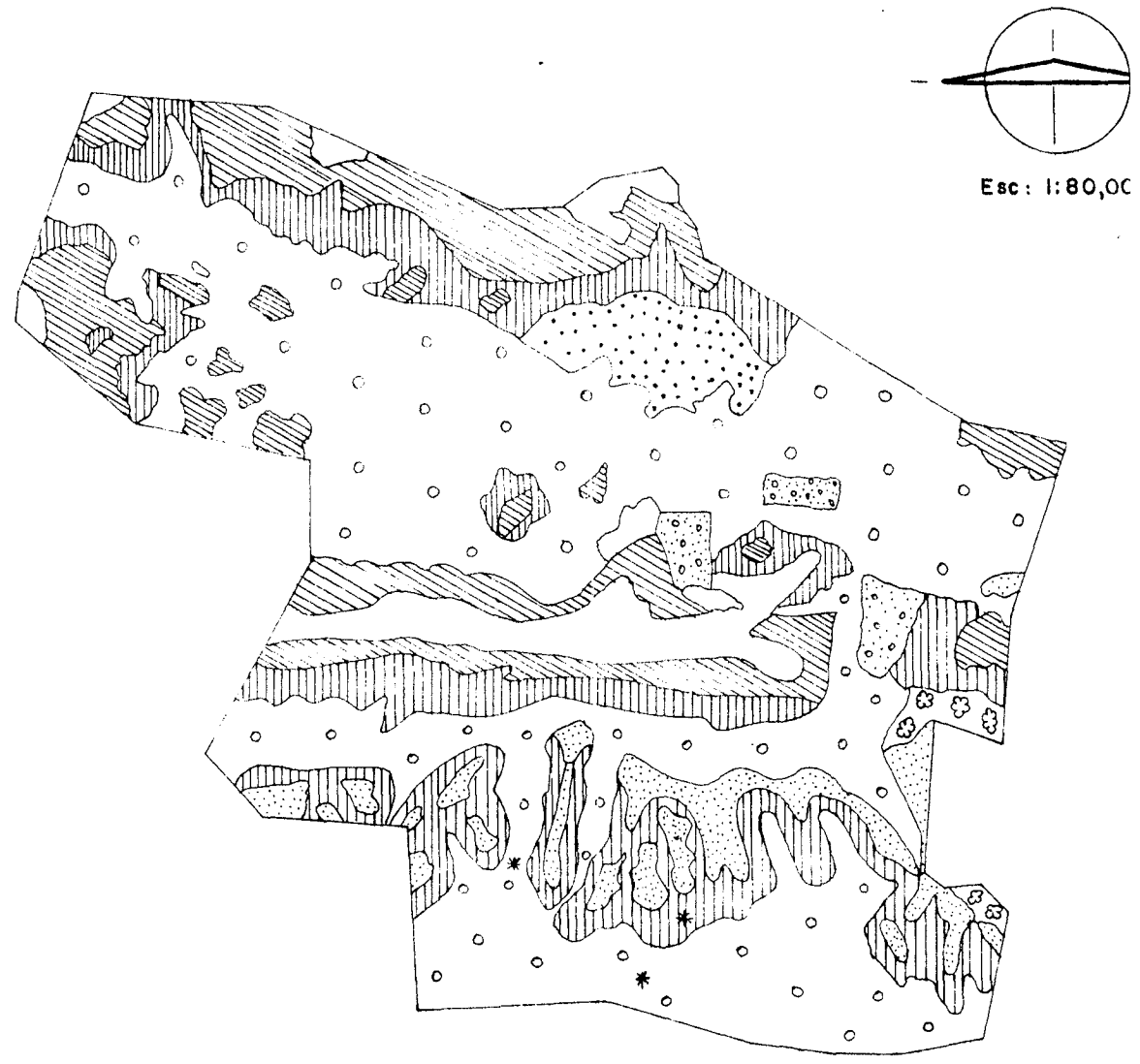
Unidad seis. Orden Entisol, Familia Ustortens lítico franco térmico.

## Vegetación

Vásquez (1973) clasifica la vegetación del Rancho "Los Angeles" en función de la forma de vida, cobertura, tamaño, forma y textura de las hojas, encontrando siete tipos de vegetación como sigue (Figura 3.3):

Pastizal mediano abierto, localizado en los valles con suelos profundos de origen aluvial.

Pastizal amacollado, ubicado en las faldas de las sierras con suelos poco profundos y pedregosos.



### S I M B O L O G I A

	PASTIZAL MEDIANO ABIERTO
	BOSQUE ACICULIFOLIO
	MATORRAL DASYLIRION/P. AMACOLLADO
	IZOTAL
	MATORRAL ESCLEROFILO
	MATORRAL ROSETOFILO
	PASTIZAL AMACOLLADO
	TERRENO DE CULTIVO
	SITIOS DEL EXPERIMENTO

FIG. 3.3.- TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO DEMOSTRATIVO "LOS ANGELES"  
 ( TOMADO DE SERRATO et al 1983 )

Matorral rosetófilo, encontrándose en laderas con Exposición Sur y cimas de cerros.

Izotal, localizado en laderas con pendientes moderadas, suelos arenosos y pedregosos.

Matorral esclerófilo, se encuentra en sierras altas con pendiente considerable y Exposición Norte.

Bosque aciculifolio, se ubica en laderas y cimas de serranías altas.

Matorral de Dasyllirion con pastos amacollados, localizado en la parte Sur del rancho cubriendo la mayoría de los lomeríos y cerros de escasa altura.

#### Area de Estudio

Los sitios en donde se llevó a cabo la investigación se encuentran ubicados en los potreros 19 y 20 (Figura 2) los cuales tienen una superficie de 314 y 297 ha respectivamente, y se localizan en la parte Sur del rancho.

#### Suelos

Los sitios de muestreo se ubicaron en las unidades de suelo uno, dos y cuatro reportados por Valdés et al. (1986).

Unidad de suelo uno. Clasificados como Calcixerol arídico, los suelos de esta unidad son

profundos, de origen aluvial, presentan un horizonte superficial obscuro, rico en materia orgánica y de textura arcillosa, presentan un horizonte cálcico a menos de 1.5 m de profundidad, son típicos de planicies, la vegetación natural asociada con esta unidad es el pastizal mediano abierto.

Unidad de suelo dos. Clasificados como Cambortid vértico son suelos poco profundos de origen aluvio-coluvial, presentan un horizonte superficial obscuro, rico en materia orgánica con textura franca, presenta grietas y descansa sobre un contacto lítico de roca calcárea, la vegetación natural asociada a esta unidad es el pastizal amacollado.

Unidad de suelo cuatro. Clasificados como Haploxerol lítico son suelos poco profundos, de color café grisáceo, con un sólo horizonte rico en materia orgánica, textura franco arcillosa estructura granular suelta, descansa sobre un lecho rocoso calcáreo muy endurecido, la vegetación natural asociada con esta unidad es un pastizal mediano abierto actualmente invadido por hojásén (Flourensia cernua).

### Vegetación

Para el presente trabajo se seleccionaron tres tipos de vegetación; en virtud de que son los más utilizados del Rancho Los Angeles con fines primordialmente de pastoreo, siendo los siguientes (Vásquez 1973).

Pastizal mediano abierto. Se localiza en los valles, con suelos profundos de origen aluvial y moderadamente permeables; las principales especies que se encuentran formando este tipo son: Bouteloua gracilis, Buchloe dactyloides, Leptochloa dubia, Bouteloua uniflora, Muhlenbergia repens y Bouteloua hirsuta.

Pastizal amacollado. Ocupa el piedemonte de las sierras con suelos poco profundos y pedregosos; las especies más importantes que conforman esta vegetación son: Bouteloua curtispindula, Aristida spp., Stipa clandestina, Stipa tenuissima, Muhlenbergia glauca, Schizachyrium scoparium, Opuntia imbricata y Quercus sp.

Matorral micrófilo. Se encuentra en áreas clasificadas por Vásquez (1973) como pastizal mediano abierto pero debido al sobrepastoreo se encuentran invadidas por arbustivas; se encuentra en terrenos de poca pendiente, con suelos someros, la característica fundamental es que lo forman arbustos de folíolo pequeño, las especies más representativas son: Flourensia cernua, Parthenium incanum, Buddleja scordioides, Opuntia imbricata, Mimosa sp., en el estrato herbáceo se encuentran las especies: Buchloe dactyloides, Bouteloua gracilis y Panicum hallii.



## Historia de Uso

En el tiempo en que se realizó el experimento, los potreros en los cuales se ubicaron los sitios de muestreo tenían un año sin ser apacentados o en período de descanso como resultado del manejo aplicado en el rancho, en general estos dos potreros han tenido una misma historia de uso por lo que este aspecto se consideró como no variable en la proyección del presente trabajo.

## Materiales

Se utilizó un simulador de lluvia construido en base a los principios propuestos por Blackburn et al. (1974) diseñado cuando fue necesario algunas modificaciones.

El simulador de lluvia va montado sobre un remolque y esta compuesto básicamente de un tanque principal para el almacenamiento de agua con capacidad de 1000 lt, de aquí el agua es bombeada hacia un tanque elevado a 3.5 m con capacidad de 200 lt de donde fluye el agua por gravedad a un sistema de filtros, posteriormente el flujo es controlado por medio de llaves de paso y medido con un flujómetro para luego enviar el agua hacia el módulo formador de gotas.

El módulo formador de gotas consta de dos placas de acrílico sobrepuestas de 1.21 m<sup>2</sup>, con un

espaciamiento de 1.25 cm, sujetas por un marco de aluminio completamente sellado, en la placa inferior están insertados tubos capilares con un espaciamiento uniforme, los tubos capilares tienen un diámetro interior aproximado de 0.5 mm dichos tubos sobresalen 6.4 mm hacia abajo de la placa de acrílico. El módulo se suspende a 2.13 metros sobre el nivel del suelo, las gotas de lluvia simulada a esta altura alcanzan un valor mayor al 70 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural, el rango de intensidad de la lluvia producida por este simulador varía de 30 a 220 mm/hr.

Las parcelas de muestreo sobre las cuales se coloca el módulo formador de gotas de lluvia son de 1m<sup>2</sup> delimitado por un marco de metal de 15 cm de altura, al cual se adapta un colector de escurrimientos de forma triangular con un tubo de salida que da a una bomba que recoge los escurrimientos.

En forma adicional al simulador descrito se utilizaron recipientes graduados para recoger los escurrimientos, mampara de lona con marco metálico para reducir el efecto del viento sobre la lluvia simulada, hule plástico para cubrir las parcelas, envases de plástico con capacidad de 1 lt para recoger las muestras del escurrimiento, cronómetro para el control del tiempo de aplicación de la lluvia, brújula, cinta métrica, estacas, barrena, extractor de núcleos, clisímetro, marco de puntos, tijeras de podar, pico, pala y bolsas de papel.

## Metodología

Como paso inicial para la ubicación de las áreas experimentales se hicieron recorridos en el rancho encontrando que los potreros 19 y 20 reunían los tres tipos de vegetación seleccionados con características representativas de cada uno de ellos y con uniformidad con respecto a su uso, grado de utilización e historia de uso. Las evaluaciones se realizaron en los meses de febrero y marzo de 1988.

Los sitios dentro de cada tipo de vegetación fueron localizados al azar mediante la técnica de rumbos y distancias, circunscribiéndose sólo a los propios límites de cada área representativa de la vegetación seleccionada.

### Descripción de los tratamientos

Los tres tipos de vegetación descritos con anterioridad fueron considerados como los tratamientos, evaluándose las tasas de infiltración y la producción de sedimentos en cinco repeticiones por tratamiento.

### Operación del simulador de lluvia

Como paso inicial se coloca el cuadrante metálico en el suelo a una profundidad mayor de 5 cm, se cubre

la parcela con un plástico para mantenerla seca mientras se coloca y llena el módulo formador de gotas, después de montar, centrar, nivelar y llenar el módulo se controla la intensidad de la lluvia mediante las llaves de paso y se regula la tasa de flujo seleccionada, para posteriormente iniciar la prueba retirando el plástico de la parcela.

### Estimación de los factores de la vegetación

#### Cobertura aérea y basal

Se estimó la cobertura aérea y basal de pastos, hierbas, arbustos y mantillo orgánico mediante la aplicación del método de puntos de contacto utilizando un marco de puntos (Pieper, 1978). Con este método, además de la vegetación se registraron también datos de cobertura de grava y suelo desnudo.

#### Fitomasa aérea

Un día después de la prueba de simulación de la lluvia y luego de haber cosechado el mantillo orgánico la fitomasa aérea fue cosechada a una altura de 1 cm del suelo y separada en zacates, hierba y arbustos, las muestras fueron secadas a 65°C en estufa y posteriormente pesadas, expresando el resultado en  $\text{gr/m}^2$ .

## Estimación de factores del suelo

### Textura y contenido de materia orgánica

En las proximidades de cada parcela experimental se tomaron muestras de suelo hasta una profundidad de 10 cm para determinar 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

Antes de iniciar la simulación de las lluvias se tomó una muestra de 156 cc de suelo, a la cual se le estimó su peso, en seguida las muestras fueron secadas en estufa a una temperatura de 105°C durante 24 horas y pesadas nuevamente. La densidad aparente se estimó como la relación entre el peso seco del suelo y el volumen de la muestra. El contenido de humedad se calculó como la diferencia en peso estimado del suelo antes y después de secarse en la estufa.

### Profundidad del suelo

Utilizando una varilla corrugada de 1.5 m de longitud se enterró en tres ocasiones alrededor de las parcelas de muestreo, para después obtener una profundidad

media de las tres estimaciones que fue la representativa de cada sitio.

#### Pendiente del terreno

Utilizando un clisfímetro y un estadal se determinó la pendiente de cada parcela de muestreo al relacionar la longitud de la parcela y el desnivel que existía entre los extremos de la parcela.

#### Simulación de lluvia

Para el presente trabajo se utilizó un simulador de lluvia modificado al propuesto por Blackburn et al. (1974).

La tasa de lluvia aplicada en las pruebas de simulación fue de 137.5 mm/hr, valor considerado superior a la capacidad de infiltración de los suelos y que permitían asegurar el escurrimiento.

Para cada unidad de muestra se realizaron dos pruebas de simulación, la primera llamada "corrida seca", la cual se realizó durante 63 min; al término de esta prueba la parcela de escurrimiento se cubría con polietileno durante 24 hr, tiempo considerado necesario para drenar el suelo hasta su capacidad de campo y que permitía tener similar contenido de humedad en cada parcela.

La segunda prueba se llamó "corrida húmeda", se realizó después de 24 hr de la primera con una duración de 33 min o hasta tener una variación menor al (10) por ciento.

Para estimar la infiltración, se colectaba, determinaba y registraba el volumen de escurrimiento a intervalos de 5 min. Posteriormente en gabinete se calculó el escurrimiento acumulado, la tasa de infiltración y la infiltración acumulada.

Las tasas de infiltración se estimaron como la diferencia entre la tasa de lluvia aplicada (intensidad de lluvia simulada) y la tasa de escurrimiento registrada.

#### Obtención de las curvas de infiltración

Para obtener las curvas de infiltración se utilizaron los datos obtenidos en campo y se ajustaron a la ecuación de Kostiackov (Torres, 1981) para posteriormente obtener las curvas medias ajustadas para cada tratamiento.

De acuerdo a lo anterior, la ecuación de Kostiakov utilizada esta expresada de la siguiente manera:

$$I = K T^n$$

Donde:

I = Velocidad de infiltración (cm/hr)

K = Coeficiente de infiltración

T = Tiempo (min)

n = Pendiente de la curva

## Determinación de la producción de sedimentos

Se obtuvieron muestras de 1 lt del volumen de escurrimiento captado, lo cual se envió al laboratorio para que con el uso de papel filtro se separaran los sedimentos, se secaran en estufa a una temperatura de 65°C por un período de 24 hr y se estimara su peso. En base al volumen total del escurrimiento captado en cada una de las parcelas y el peso de los sedimentos estimados después de secarse, se calculó la producción total de sedimentos en cada parcela para posteriormente expresarlos en kg/ha.

## Análisis estadístico

### Diseño estadístico

Se utilizó un análisis de varianza en un diseño completamente al azar en un componentes de varianza para evaluar el comportamiento de los diferentes tipos de vegetación con respecto a las tasas de infiltración a intervalos definidos y producción de sedimento total; dicho diseño de acuerdo a Ostle (1983) se representa por el modelo siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación del  $i$ -ésimo tratamiento en su  $j$ -ésima repetición.



- $\mu$  = Es el efecto medio verdadero  
 $T_i$  = Efecto verdadero del  $i$ -ésimo tratamiento  
 $E_{ij}$  = Efecto verdadero de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta al  $i$ -ésimo tratamiento, error experimental, considerado una variable aleatoria.

### Prueba de medias

Posterior al análisis de varianza, se procedió a realizar una prueba de medias, utilizando el método de Tukey (Ostle, 1983).

### Análisis de regresión

Para la identificación de las variables del suelo y la vegetación que influyen en mayor grado en las tasas de infiltración y producción de sedimentos se utilizó el método de regresión múltiple llamado "Step-wise forward" cuyo modelo estadístico corresponde al modelo general de regresión múltiple:

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 \dots + \beta_n X_n + \xi$$

Todas las variables expresadas en porcentajes fueron transformadas a valores angulares para poder asumir distribución normal (Steel y Torrie, 1985), la expresión de transformación es:

$$y = \text{arc sen } \sqrt{X_i}$$

Las variables incluidas en el análisis de regresión múltiple Step-wise fueron:

Variables dependientes:

- $Y_1$  = Tasas de infiltración en seco a los 3 min.
- $Y_2$  = Tasas de infiltración en seco a los 18 min.
- $Y_3$  = Tasas de infiltración en seco a los 33 min.
- $Y_4$  = Tasas de infiltración en seco a los 48 min.
- $Y_5$  = Tasas de infiltración en seco a los 63 min.
- $Y_6$  = Tasas de infiltración en húmedo a los 3 min.
- $Y_7$  = Tasas de infiltración en húmedo a los 18 min.
- $Y_8$  = Tasas de infiltración en húmedo a los 33 min.
- $Y_9$  = Tasas de infiltración en húmedo a los 48 min.
- $Y_{10}$  = Tasas de infiltración en húmedo a los 63 min.
- $Y_{11}$  = Producción total de sedimentos en seco.
- $Y_{12}$  = Producción total de sedimentos en húmedo.

Variables independientes:

- $X_1$  = Cobertura aérea de zacates (%)
- $X_2$  = Cobertura aérea de hierbas (%)
- $X_3$  = Cobertura aérea de arbustos (%)
- $X_4$  = Cobertura aérea de mantillo orgánico. (%)

X <sub>5</sub>	= Cobertura de piedra o grava	(%)
X <sub>6</sub>	= Cobertura de suelo desnudo	(%)
X <sub>7</sub>	= Cobertura basal de zacates	(%)
X <sub>8</sub>	= Cobertura basal de hierbas	(%)
X <sub>9</sub>	= Cobertura basal de arbustos	(%)
X <sub>10</sub>	= Cobertura basal de mantillo	(%)
X <sub>11</sub>	= Cobertura basal de suelo desnudo	(%)
X <sub>12</sub>	= Cobertura basal de piedra o grava	(%)
X <sub>13</sub>	= Fitomasa aérea de zacates	(gr/m <sup>2</sup> )
X <sub>14</sub>	= Fitomasa aérea de hierbas	(gr/m <sup>2</sup> )
X <sub>15</sub>	= Fitomasa aérea de arbustos	(gr/m <sup>2</sup> )
X <sub>16</sub>	= Fitomasa aérea de mantillo	(gr/m <sup>2</sup> )
X <sub>17</sub>	= Fracción arcilla	(%)
X <sub>18</sub>	= Fracción limo	(%)
X <sub>19</sub>	= Fracción arena	(%)
X <sub>20</sub>	= Densidad aparente	(gr/cm <sup>3</sup> )
X <sub>21</sub>	= Materia orgánica	(%)
X <sub>22</sub>	= Profundidad del suelo	(M)
X <sub>23</sub>	= Pendiente del terreno	(%)

## CAPITULO IV

### RESULTADOS

#### Tasas de Infiltración en Seco

De acuerdo al análisis estadístico llevado a cabo las tasas de infiltración registradas durante las pruebas en seco no fueron diferentes a los 3, 8, y 18 min entre el pastizal mediano abierto, el pastizal amacollado y el matorral micrófilo (Cuadro 4.1). Sin embargo, a los 13 min el pastizal mediano abierto presentó valores de infiltración superiores que lo hacen estadísticamente diferente al pastizal amacollado y al matorral micrófilo, entre estos últimos no se observa diferencia a ese tiempo.

La tendencia que se puede ver al transcurrir el tiempo es que el pastizal mediano abierto muestra mayores valores de infiltración, específicamente desde los 23 min de iniciadas las pruebas; por otro lado, el pastizal amacollado presenta menores tasas de infiltración que el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo las más bajas tasas de infiltración.

Cuadro No. 4.1 Tasas de infiltración (cm/hr) a intervalos de tiempo definido en el pastizal mediano abierto (P.M.A.), pastizal amacollado (P.A.), y matorral micrófilo (M.M.) durante las corridas en seco y respuesta a la prueba de medias de Tukey.

Tiempo (min)	Tipo de vegetación			F cal.	Significancia
	PMA	PA	MM		
3	13.61 a	13.22 a	13.57 a	1.41	NS
8	11.70 a	8.00 a	10.38 a	3.10	NS
13	10.17 a	4.51 b	7.59 b	4.08	S
18	10.19 a	5.05 a	6.35 a	3.67	NS
23	10.73 a	4.66 b	5.41 b	6.42	S
28	10.90 a	5.36 b	4.86 b	5.82	S
33	10.40 a	5.78 ab	4.42 b	5.38	S
38	10.45 a	5.95 ab	4.15 b	6.14	S
43	10.51 a	5.59 b	4.03 b	7.28	AS
48	10.52 a	5.59 b	3.79 b	7.40	AS
53	10.48 a	6.01 ab	3.61 b	8.07	AS
58	10.17 a	5.91 ab	3.79 b	6.40	S
63	10.22 a	5.91 ab	3.79 b	7.39	AS

Nota:  $F_{\alpha}(0.05) = 3.89$

$F_{\alpha}(0.01) = 6.93$

Los valores con letra igual entre columnas indican que no existe diferencia entre ellos a la probabilidad señalada.

Sin embargo, debe señalarse que el pastizal mediano abierto, presenta tasas de infiltración diferentes estadísticamente al matorral micrófilo a cualquier tiempo a partir de los 23 min; pero no es totalmente diferente al pastizal amacollado como se observa a los 33, 38, 53, 58 y 63 min. Por otro lado, a cualquier tiempo el pastizal amacollado y el matorral micrófilo no presentan diferencias estadísticas en las tasas de infiltración.

#### Tasas de Infiltración en Húmedo

En las pruebas en húmedo la tendencia de la infiltración fue más o menos similar, no encontrando diferencia significativa entre los tres tipos de vegetación a los 3, 8 y 13 min después de que se iniciaron las pruebas; pero a partir de los 18 min la respuesta fue homogénea, el pastizal mediano abierto mostró las mayores tasas de infiltración, seguido del pastizal amacollado y finalmente el matorral micrófilo (Cuadro 4.2)

En estas pruebas se observa que las tasas de infiltración registradas en el pastizal mediano abierto no son estadísticamente diferentes a las observadas en el pastizal amacollado a ningún intervalo de tiempo. Contrasta lo anterior al comparar las tasas de infiltración del pastizal mediano abierto y del matorral micrófilo ya que en los primeros min no presentan diferencias, pero a partir de los 18 min las tasas de infiltración

Cuadro No. 4.2 Tasas de infiltración (cm/hr) a intervalos de tiempo definido en el pastizal mediano abierto (P.M.A.), pastizal amacollado (P.A.) y matorral micrófilo (M.M.) durante las corridas en húmedo y respuesta a la prueba de medias de Tukey.

Tiempo	Tipo de vegetación			F cal.	Significancia
	PMA	PA	MM		
3	13.53 a	11.88 a	11.04 a	1.61	NS
8	10.79 a	6.11 a	7.47 a	2.28	NS
13	8.20 a	4.57 a	4.86 a	3.43	NS
18	7.91 a	4.87 ab	3.79 b	4.45	S
23	7.63 a	4.69 ab	3.49 b	4.35	S
28	7.71 a	4.15 ab	3.07 b	5.85	S
33	7.21 a	4.33 ab	2.89 b	5.61	S
38	7.15 a	4.21 ab	2.59 b	7.52	AS
43	7.21 a	4.21 ab	2.71 b	5.25	S
48	7.45 a	4.21 ab	2.64 b	6.18	S
53	7.33 a	4.21 ab	2.71 b	6.40	S
58	7.21 a	4.21 ab	2.71 b	6.35	S
63	7.21 a	4.21 ab	2.71 b	6.35	S

Nota:  $F \alpha (0.05) = 3.89$

$F \alpha (0.01) = 6.93$

Los valores con letra igual entre columnas indican que no existe diferencia entre los tipos de vegetación con la probabilidad señalada.

entre estos dos tipos de vegetación son estadísticamente diferentes. Debe señalarse también que a cualquier intervalo de tiempo no existe diferencia entre el pastizal amacollado y el matorral micrófilo durante las pruebas en húmedo.

En base a lo descrito tanto para las pruebas en seco como las pruebas en húmedo es necesario mencionar aquí que se debe rechazar la primer hipótesis nula planteada en el presente trabajo, de que no existe diferencia significativa en las tasas de infiltración que presentan los tipos de vegetación del Rancho Los Angeles que aquí se evalúan, todo ello a un nivel de confianza del 95 por ciento.

#### Curvas de Infiltración

Los datos de campo registrados se utilizaron para obtener las curvas de infiltración ajustadas a la ecuación de Kostiakov para cada uno de los tipos de vegetación tanto para corridas secas como húmedas. La Figura 4.1 muestra las curvas de infiltración y su correspondiente ecuación para cada tipo de vegetación durante las corridas en seco, en ella se puede observar que el pastizal mediano abierto presenta la mayor infiltración, seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo; como puede observarse, los dos tipos de pastizales presentan infiltración más o menos constante



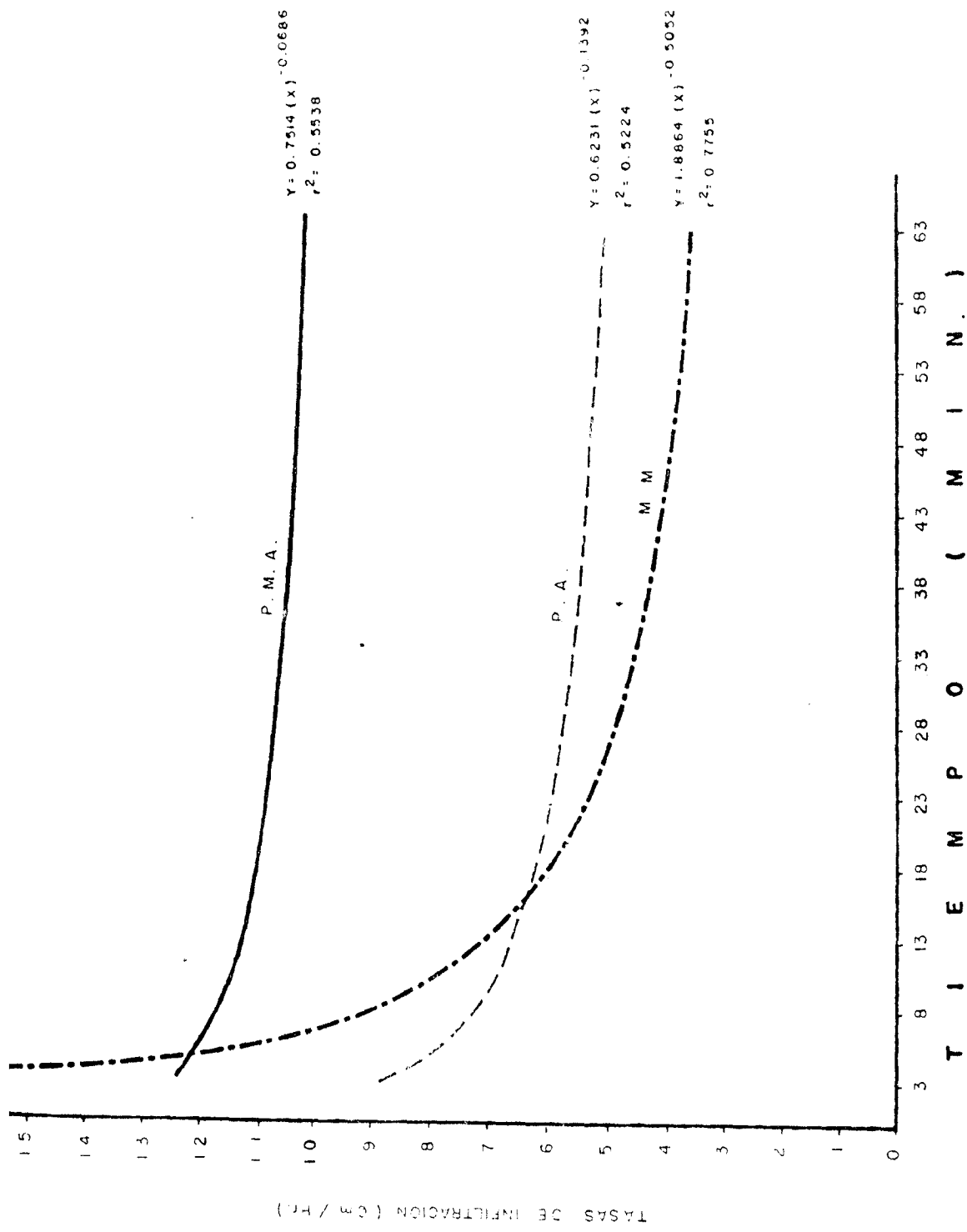


FIG. 4.1.- TASAS DE INFILTRACION EN SECO PARA EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO ( P.M.A. )

a través del tiempo, en tanto que en el matorral micrófilo tiende a disminuir las tasas de infiltración rápidamente en los primeros min.

En la Figura 4.2 se presentan las curvas de infiltración ajustadas para los tres tipos de vegetación con los datos de campo registrados durante las corridas en húmedo, nuevamente el pastizal mediano abierto muestra la mayor infiltración seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo en este caso las curvas muestran tendencias similares marcándose ligeramente una disminución rápida de la infiltración en el matorral micrófilo durante los primeros min.

#### Producción de Sedimentos en Seco

En relación a la producción total media de sedimentos para las corridas en seco, los resultados nos muestran que el matorral micrófilo presenta la más alta producción de sedimentos, seguido por el pastizal amacollado y con la menor producción de sedimentos el pastizal mediano abierto (Figura 4.3). La prueba de medias de Tukey nos muestra que el matorral micrófilo es superior al pastizal mediano abierto en cuanto a producción de sedimentos, no siendo el pastizal amacollado estadísticamente diferente a los dos tipos de vegetación mencionados, ésto, a un nivel de confianza del 95 por ciento (Cuadro 4.3).

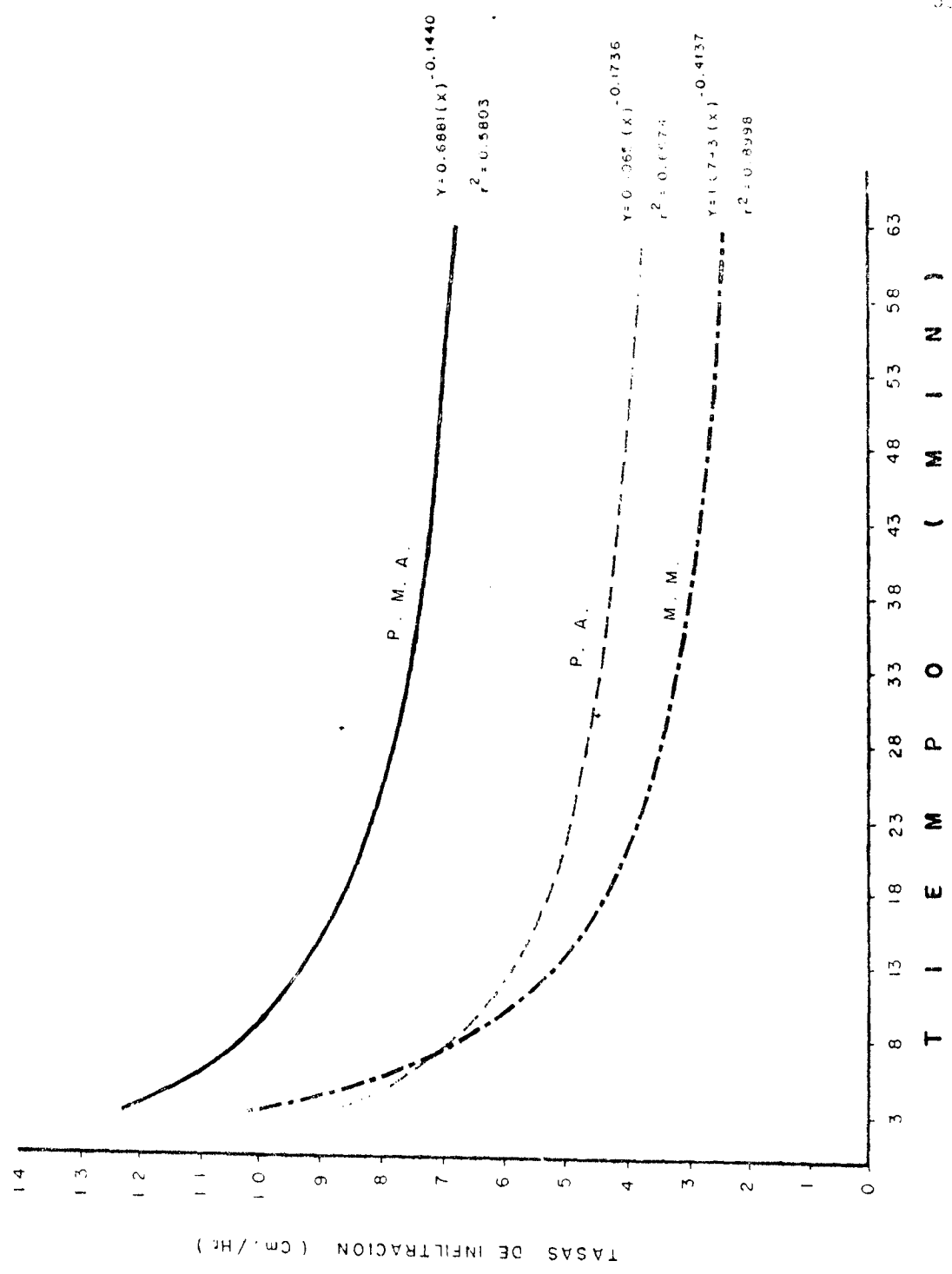


FIG. 4.2 - TASAS DE INFILTRACION EN HUMEDO PARA EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO ( P.M.A.)

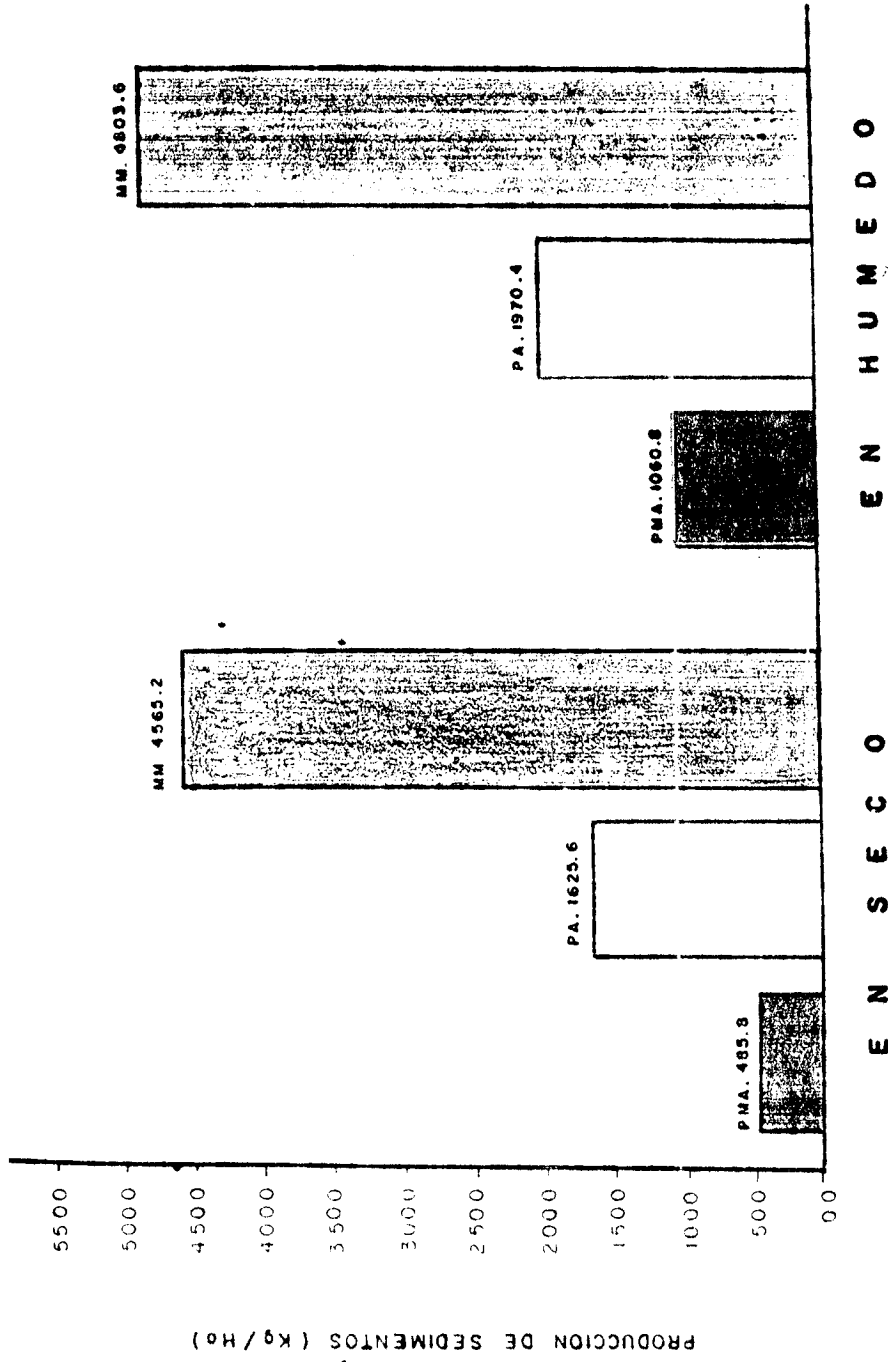


FIG. 4.3 : PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN EL PASTIZAL MEDIANO ABIERTO ( P.M.A ) , PASTIZAL AMACOLLADO.  
 ( P.A ) Y MATORRAL MICROFILO ( M.M. ) EN SECO Y EN HUMEDO.

Cuadro No. 4.3 Valores de las producciones medias de sedimentos totales (kg/ha) en los tres tipos de vegetación, valores de F calculadas en el análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo al método de Tukey, marzo de 1988.

Pruebas	Pastizal mediano abierto	Pastizal amacollado	Matorral micrófilo	F <sub>c</sub>
En seco	486 b	1,625 ab	4,565 a	4.50
En húmedo	1,060 b	1,970 ab	4,803 a	6.17

$F_{\alpha}(0.05) = 3.89$

$F_{\alpha}(0.01) = 6.93$

Nota: Los valores con literales iguales indican que no existe diferencia significativa a la probabilidad indicada.

### Producción de Sedimentos en Húmedo

En la Figura 4.3 se muestran además, los resultados obtenidos para la producción media de sedimentos totales para los tres tipos de vegetación en las corridas húmedas; presentándose nuevamente los mayores valores en el matorral micrófilo, seguido del pastizal amacollado y finalmente el pastizal mediano abierto.

Aunque las diferencias entre los valores medios de producción de sedimentos son menos marcadas que en las pruebas en seco, el análisis de varianza indica diferencias significativas y la prueba de medias Tukey señala que el matorral micrófilo es superior al pastizal mediano abierto a un nivel de confianza del 95 por ciento, sin embargo, los valores encontrados para el pastizal amacollado no difieren estadísticamente con los otros dos tipos de vegetación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis de varianza a un nivel de significancia del 95 por ciento, tanto para las pruebas en húmedo como las corridas en seco, se rechaza la segunda hipótesis nula de que no existe diferencia significativa en la producción de sedimentos entre el pastizal mediano abierto, el pastizal amacollado y el matorral micrófilo.

### Cobertura Aérea

La cobertura aérea de zacates fue casi cuatro veces más alta en el pastizal mediano abierto y en el pastizal amacollado que en el matorral micrófilo no siendo diferentes estadísticamente los dos primeros (Cuadro 4.4). La cobertura de arbustos por otro lado, sólo se presentó en el matorral micrófilo con un porcentaje alto que lo hace estadísticamente diferente a los dos pastizales, mientras que la cobertura de las especies herbáceas se presentó mayor en el pastizal amacollado y muy similar en el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo, presentándose diferencias significativas entre estos dos últimos tipos de vegetación en relación con el primero.

En el Cuadro 4.4 se observa también que el porcentaje de suelo desnudo registrado en el matorral micrófilo fue aproximadamente el doble al encontrado en el pastizal mediano abierto y casi el triple al pastizal amacollado, por lo cual existen diferencias entre ellos. En el pastizal mediano abierto no se detectó la presencia de piedras, teniendo porcentajes bajos en los otros dos tipos de vegetación entre los tres no existen diferencias significativas. El menor porcentaje de mantillo orgánico se registró en el pastizal amacollado siendo estadísticamente diferente a los otros dos tipos de vegetación (Cuadro No. 4.4 ).

Cuadro No. 4.4 Porcentaje medio de cobertura aérea (%) encontrados en los tres tipos de vegetación, marzo de 1988.

Clase de Cobertura	Pastizal mediano abierto	Pastizal amacollado	Matorral micrófilo
Zacates	78.8 a	81.0 a	24.0 b
Hierbas	4.2 b	8.6 a	4.4 b
Arbustos	0.00 b	0.00 b	40.20 a
Mantillo	9.6 a	2.0 b	14.6 a
Piedras	0.0 b	2.6 a	2.2 a
Suelo desnudo	7.4 b	5.8 b	14.6 a

$F_{\alpha} (0.05) = 3.89$

$F_{\alpha} (0.01) = 6.93$

Nota: Literales iguales en hileras indican que no existe diferencia significativa a la probabilidad indicada.



### Cobertura Basal

El Cuadro 4.5 nos muestra la cobertura basal de zacates la cual fue estadísticamente superior en el pastizal mediano abierto comparada con la del pastizal amacollado y el matorral micrófilo entre estos dos últimos no hubo diferencia estadística significativa. La cobertura basal de arbustos por otro lado, sólo se registró en el matorral micrófilo, lo cual es congruente con lo señalado en la cobertura aérea, sin embargo, no se obtuvieron diferencias estadísticas entre tipos de vegetación.

El porcentaje de suelo desnudo encontrado en el matorral micrófilo fue aproximadamente el doble del registrado para el pastizal mediano abierto y superior al del pastizal amacollado lo cual lo muestran diferente. Al igual que al estimar cobertura aérea en este caso no se encontraron piedras en el pastizal mediano abierto, siendo diez veces mayor el porcentaje encontrado en el pastizal amacollado que en el matorral micrófilo, lo cual lo hace estadísticamente diferente al matorral micrófilo y al pastizal mediano abierto. En cuanto al mantillo orgánico no hubo diferencia significativa entre los tres tipos de vegetación a un nivel de confianza del 95 por ciento (Cuadro 4.5).

Cuadro No. 4.5 Porcentajes promedio de cobertura basal encontrados en los tres tipos de vegetación, marzo de 1988.

Clase de Cobertura	Pastizal mediano abierto	Pastizal amacollado	Matorral micrófilo
Zacates	49.4 a	15.4 b	14.4 b
Hierbas	3.0 a	4.0 a	1.6 b
Arbustos	0.0 b	0.0 b	2.6 a
Mantillo	24.0	26.4 a	32.4 a
Piedras	0.0	20.0 a	2.4 b
Suelo desnudo	23.6 b	34.2 b	46.6 a

$F_{\alpha} (0.05) = 3.89$

$F_{\alpha} (0.01) = 6.93$

Nota: Literales iguales en hileras indican que no existe diferencia significativa a la probabilidad indicada.

### Fitomasa Aérea

El Cuadro 4.6 nos muestra los resultados en relación a la fitomasa aérea de zacates; existieron marcadas diferencias entre tipos de vegetación, siendo superior en el pastizal amacollado, seguido del pastizal mediano abierto y al final el matorral micrófilo, siendo el primer tipo de vegetación estadísticamente diferente a los dos últimos. La fitomasa aérea de arbustos sólo se presentó en el matorral micrófilo lo cual la hace diferente a los dos pastizales. El mantillo orgánico fue por otro lado, superior en el matorral micrófilo seguido por el pastizal amacollado y finalmente el pastizal mediano abierto existiendo diferencias entre los tres tipos de vegetación. La fitomasa aérea de hierbas es estadísticamente diferente en los tres tipos de vegetación presentándose el menor valor en el pastizal amacollado seguido del matorral micrófilo y el pastizal mediano abierto.

### Variables del Suelo

Los resultados obtenidos en los análisis de suelos son mostrados en el Cuadro 4.7, en ellos se puede observar que la profundidad del suelo del pastizal mediano abierto fue estadísticamente superior a la encontrada en el pastizal amacollado y en el matorral micrófilo no

Cuadro No. 4.6 Valores medios de la fitomasa aérea ( $\text{g/m}^2$ ) encontrados en los tres tipos de vegetación, marzo de 1988.

Clase de fitomasa aérea	Pastizal mediano abierto	Pastizal amacollado	Matorral micrófilo
Zacate	942.0 b	1820.6 a	640.0 b
Hierba	29.2 c	451.0 a	195.2 b
Arbusto	0.0	0.0	2427.2 a
Mantillo	211.0 c	785.0 b	1596.4 a

$$F_{\alpha} (0.05) = 3.89$$

$$F_{\alpha} (0.01) = 6.93$$

Nota: Literales iguales en hileras indican que no existe diferencia significativa a la probabilidad indicada.

Cuadro 4.7 Valores medios de las características del suelo registrados en el pastizal mediano abierto (P.M.A.), pastizal amacollado (P.A.) y matorral micrófilo (M.M.), marzo de 1988.

Variable	Unidad	PMA	PA	MM
Profundidad	m	1.00 a	0.22 b	0.28 b
Pendiente	%	2.8 b	14.0 a	3.8 b
Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	0.936a	1.054a	1.116a
Materia orgánica	%	4.85 a	5.74 a	4.44 a
Fracción arcilla	%	26.4 a	19.6 a	22.4 a
Fracción limo	%	42.4 a	50.0 a	48.8 a
Fracción arena	%	31.2 a	30.4 a	28.8 a

$$F_{\alpha} (0.05) = 3.89$$

$$F_{\alpha} (0.01) = 6.93$$

Nota: Literales iguales en hileras indican que no existe diferencia significativa al 95 por ciento de nivel de confianza.

existiendo diferencia significativa entre estos últimos. El pastizal amacollado presenta el mayor grado de pendiente del terreno siendo estadísticamente superior al pastizal mediano abierto y al matorral micrófilo cuyas pendientes son muy similares por lo cual no existe diferencia significativa entre ambos. En cuanto a la densidad aparente del suelo no se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos, sin embargo, se puede observar que el pastizal mediano abierto muestra la menor densidad seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo.

En relación al contenido de materia orgánica, fracción arcilla, fracción arena y fracción limo del suelo no existe diferencia significativa entre el pastizal mediano abierto, el pastizal amacollado y el matorral micrófilo, presentándose muy similares entre los tratamientos.

#### Principales Variables que afectan la Infiltración

##### Corridas en seco

Las principales variables del suelo y vegetación que influyeron en las tasas de infiltración durante las corridas en seco son mostradas en el Cuadro 4.8, estos resultados nos muestran que a los 3 min, la cobertura aérea de hierbas, la cobertura de mantillo orgánico,

Cuadro No. 4.8 Porcentaje de influencia de las principales variables del suelo y vegetación que tienen influencia en las tasas de infiltración durante las corridas en seco, a intervalos de tiempo definidos, marzo de 1988.

Variables del suelo y la vegetación	Tiempo (min)				
	3	18	33	48	63
Cobertura basal de zacates	3	61	54	63	53
Fitomasa aérea de zacates	3	6	9	9	17
Densidad aparente del suelo		5	10	5	5
Porcentaje de suelo desnudo	9		12		7
Cobertura aérea de arbustos		6	3	5	
Fitomasa aérea de zacates	5	9			
Fracción arcilla		5			7
Cobertura aérea de hierbas	32				
Fitomasa del mantillo				10	
Cobertura de piedras	8				
Cobertura basal de hierbas					7
Cobertura aérea de zacates	6				
Cobertura basal de arbustos				4	
Materia orgánica del suelo		5			
Pendiente del terreno	5				

el porcentaje de suelo desnudo, la cobertura de piedras, la cobertura aérea de zacates y la fitomasa aérea de arbustos, contribuyeron con el 84 por ciento de la varianza.

A los 18 min, la cobertura basal de zacates es la variable más importante con un alto porcentaje de explicación de la varianza y junto con la fitomasa aérea de arbustos, la cobertura aérea de arbustos y la fitomasa aérea de zacates, explican el 82 por ciento de la varianza en las tasas de infiltración en seco.

La cobertura basal de zacates es la variable que afecta las tasas de infiltración en mayor grado a los 33 min y es seguida del porcentaje de suelo desnudo, la densidad aparente del suelo y la fitomasa aérea de zacates, los cuales globalmente contribuyen con el 85 por ciento de la varianza.

La cobertura basal de zacates es una variable principal que modifica las tasas de infiltración; esta variable junto con el mantillo, la fitomasa aérea de zacates, la cobertura aérea de arbustos y la densidad aparente del suelo, explican el 96 por ciento de la variación de la infiltración a los 48 min después de iniciadas las pruebas en seco.

Al final de la prueba, a los 63 min nuevamente la cobertura basal de zacates es la variable más importante, la cual aunada a la fitomasa aérea de zacates, porcentaje de suelo desnudo, cobertura basal de hierbas



y contenido de arcilla en el suelo, explican el 91 por ciento de la variación.

#### Corridas en húmedo

Los resultados de las variables del suelo y vegetación que afectan en mayor grado a las tasas de infiltración durante las pruebas en húmedo se muestran en el Cuadro 4.9. Estos resultados indican que con excepción de la observación a los 3 min la variable más importante en todos los tiempos es la cobertura basal de zacates.

La variable principal que determina la infiltración a los 3 min es la fitomasa aérea de arbustos, esta es seguida de la pendiente del terreno, la cobertura basal de hierbas, el mantillo orgánico y la cobertura aérea de hierbas, las que en conjunto contribuyen a explicar el 91 por ciento de la variación.

A los 18 min se añaden a la cobertura basal de zacates el contenido de arcilla en el suelo, la densidad aparente del suelo, la cobertura basal de arbustos, la cobertura de piedras, para explicar en forma conjunta el 87 por ciento de la variación de la infiltración.

El 90 por ciento de la variación de la infiltración es explicado por la cobertura basal de zacates, el contenido de arcilla, la cobertura aérea de zacate y la fitomasa aérea de zacates, después de 33 min de iniciadas las corridas en húmedo.

Cuadro No. 4.9 Porcentaje de influencia de las principales variables del suelo y vegetación que tienen influencia en las tasas de infiltración durante las corridas en húmedo, a intervalos de tiempo definidos, marzo de 1988.

Variables del suelo y la vegetación	Tiempo (min)				
	3	18	33	48	63
Cobertura basal de zacates		59	63	62	64
Densidad aparente del suelo		9	3	5	5
Cobertura aérea de zacates			11	5	5
Materia orgánica del suelo			4	6	4
Fitomasa aérea de zacates			4		17
Fitomasa del mantillo	13	3			
Cobertura del mantillo orgánico	8	3			
Fracción arcilla		9	12		
Fitomasa aérea de arbustos	41				
Pendiente del terreno	15				
Cobertura basal de hierbas	14				
Cobertura aérea de hierbas	8				
Cobertura de piedras		5			
Cobertura aérea de arbustos		4			
Fracción arena				3	
Porcentaje de suelo desnudo		3			
Cobertura basal de arbustos		5			

Además de la cobertura basal de zacates, las variables que contribuyen en mayor grado a los 48 min son la fitomasa aérea de hierbas, la materia orgánica del suelo, la cobertura aérea de zacates y la densidad aparente, para en un 93 por ciento explicar la variación de la entrada del agua al suelo húmedo.

Finalmente a los 63 min la principal variable, como ya se mencionó es la cobertura basal de zacates y en menor grado la fitomasa aérea de zacates, la cobertura aérea de zacates y la densidad aparente las que en conjunto aportan un 91 por ciento de la varianza.

#### Principales Variables que influyeron en la Producción de Sedimentos

Las variables más importantes que afectan la producción de sedimentos en seco son la cobertura basal de zacates, la fitomasa aérea de arbustos, la biomasa del mantillo y la cobertura de piedras, las cuales explican el 90 por ciento de la variación (Cuadro 4.10).

Durante las corridas en húmedo las variables que más influyeron en la producción de sedimentos son: cobertura basal de zacates, el porcentaje de arcilla del suelo, la cobertura aérea de arbustos, la fitomasa aérea de arbustos y cobertura basal de arbustos, los cuales contribuyen con un 95 por ciento del coeficiente de determinación (Cuadro 4.10).

Cuadro 4.10 Porcentaje de las principales variables del suelo y vegetación que tienen influencia en la producción de sedimentos durante las corridas en seco y en húmedo, marzo de 1988.

Variablen	En seco	En húmedo
Cobertura basal de zacates	66	62
Biomasa aérea de arbustos	15	6
Fracción arcilla		17
Cobertura aérea de arbustos		6
Biomasa aérea de mantillo	5	
Cobertura basal de arbustos		4
Cobertura aérea de piedras	4	
Porcentaje de suelo desnudo		3
Densidad aparente	3	
Pendiente del terreno	3	

## CAPITULO V

### DISCUSION

#### Tasas de Infiltración

Las tasas de infiltración inicial encontradas en el presente estudio, tanto en las corridas en seco como en húmedo, no son estadísticamente diferentes entre el pastizal mediano abierto, el pastizal amacollado y el matorral micrófilo. Para explicar lo anterior es necesario, en primer término destacar que las tasas de infiltración se estimaron como la diferencia entre la cantidad de lluvia simulada y el volumen de agua escurrido; en base a lo anterior es razonable que las tasas de infiltración inicial se están sobreestimando en los tres tipos de vegetación al no considerar el agua interceptada por la vegetación y la detenida en el microrelieve. Por lo tanto, no se puede afirmar totalmente que las tasas máximas de infiltración que ocurren dentro de los primeros cinco minutos no sean en realidad estadísticamente diferentes.

Por lo anterior y para explicar la similaridad encontrada en los tres tipos de vegetación con respecto a las tasas de infiltración inicial debe considerarse

el tipo y cantidad de la cobertura vegetal. Al respecto Tromble (1980) y Thurow et al., (1986) mencionan que al inicio de cualquier lluvia, las características y cobertura de la superficie del suelo determinan en gran medida las tasas de infiltración inicial de un sitio.

Observando las variables que influyeron en mayor grado a los tres minutos de iniciadas las pruebas se puede deducir que la abundante cobertura de zacates encontrada en el pastizal mediano abierto, la cobertura de hierbas en el pastizal amacollado y la cobertura de arbustos y mantillo orgánico del matorral micrófilo juegan un papel importante en la intercepción de la lluvia simulada, lo cual tiene efecto en las tasas de infiltración inicial, y por ello no se detectaron diferencias significativas en los tipos de vegetación.

Es importante mencionar que, aunque no se midió el efecto del microrelieve en la presente investigación, se pudo observar durante el trabajo de campo que juega un papel importante ya que al inicio del experimento las depresiones del suelo detienen casi la totalidad del agua aplicada, ésto concuerda con Sánchez (1984) y Wilcox et al. (1988) quienes señalan que el microrelieve es una variable importante que afecta la infiltración.

A partir de los 23 min en las pruebas en seco y de los 18 min en las pruebas en húmedo se observó un cambio significativo en el comportamiento de las tasas de infiltración, presentándose mayores en el pastizal

mediano abierto, seguido del pastizal amacollado y del matorral micrófilo. A partir de este momento, los resultados obtenidos muestran que las tasas de infiltración dependen tanto de las características externas como de las variables internas del perfil del suelo.

En relación a las mayores tasas de infiltración encontradas en el pastizal mediano abierto y menores en el matorral micrófilo, Box (1961) reportó resultados similares, señalando mayores tasas de infiltración en suelos cubiertos por gramíneas que en suelos cubiertos por arbustos, lo cual concuerda totalmente con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

De acuerdo a lo observado en los análisis llevados a cabo, la variable de vegetación que mayor influencia tuvo en las tasas de infiltración fue la cobertura basal de zacates. La presencia de gramíneas en las parcelas ayuda a obstruir el escurrimiento superficial disminuyendo la velocidad del mismo y proporcionando a la vez una mayor permanencia del agua sobre la superficie del suelo brindando una mayor oportunidad para que entre al suelo, además la mayor presencia de pastos implica una mayor cantidad de raíces y consecuentemente mayor porosidad - en el suelo lo cual permite mayor infiltración.

Los valores más altos de cobertura basal se registraron en el pastizal mediano abierto mientras que los más bajos se encontraron en el matorral micrófilo lo cual justifica las tasas de infiltración encontradas. Al respecto Wilcox et al. (1988); Gutiérrez et al. (1979)

y McGinty et al. (1979) coinciden en afirmar que la cobertura de zacates presenta una correlación positiva con las tasas de infiltración.

Por otro lado, las diferencias encontradas entre el pastizal amacollado y el matorral micrófilo se puede explicar por la mayor cobertura aérea de zacates de primero de donde se puede inferir que esta cobertura al igual que la basal es un buen indicador de las condiciones superficiales de un sitio y que ambas reflejan con fidelidad la influencia definitiva en las tasas de infiltración.

Es necesario mencionar que, en el matorral micrófilo se registró la mayor cantidad de fitomasa aérea sin embargo, es el sitio con menores tasas de infiltración lo cual reafirma la importancia que tiene el tipo de vegetación más que la cantidad de plantas, ya que aunque exista una gran fitomasa, la protección que esta brinda al suelo es mínima por la conformación de las plantas. Al respecto Sánchez (1984) señala que la fitomasa aérea de zacates presenta una correlación positiva con las tasas de infiltración, no así la de arbustos, la cual en la realidad ofrece poca protección a la superficie del suelo, debido principalmente a lo disperso de su follaje.

De las variables del suelo que influyeron en mayor grado en las tasas de infiltración, la densidad aparente mostró ser la más importante, esto es explicabl



si se considera que de esta depende el número y cantidad de espacios porosos donde se efectúa el intercambio agua-aire del suelo, condición que es fundamental en el proceso de infiltración. De los tipos de vegetación evaluados el pastizal mediano abierto presentó la densidad aparente más baja, seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo por lo cual se encontró una relación negativa entre los valores de densidad aparente y las tasas de infiltración, lo cual concuerda totalmente con los resultados obtenidos por Meewing (1970) y Warren et al. (1986) que también presentan a esta variable como la de mayor influencia en las tasas de infiltración.

La profundidad es otra variable del suelo que mostró influencia en la determinación de las tasas de infiltración, en este caso la mayor profundidad se registró en el pastizal mediano abierto, seguido del matorral micrófilo y finalmente el pastizal amacollado. En el primero el valor fue cinco veces más grande que el encontrado para los otros dos tipos de vegetación, lo cual ayuda a explicar el que en el pastizal mediano abierto se presente la mayor infiltración; una mayor profundidad del suelo significa un mayor espacio disponible para una mayor penetración del agua. En referencia a esta variable McGinty et al. (1979) consideran a esta condición del suelo como determinante pues de su valor dependerá el avance del frente de mojadura el cual al no encontrar una limitante impermeable

no interrumpirá ni disminuirá drásticamente el proceso normal de infiltración.

En el pastizal amacollado y en el matorral micrófilo la profundidad fue somera por lo cual estos suelos alcanzaron rápidamente el grado de saturación reduciéndose así el avance vertical del agua y consecuentemente la entrada del agua al suelo.

En relación a la pendiente del terreno, el pastizal amacollado presentó el mayor porcentaje, seguido del matorral micrófilo y por último el pastizal mediano abierto, este factor influyó más en las corridas en húmedo que en las realizadas en seco, por lo que se puede afirmar que su efecto es más severa cuando ya las partículas del suelo han sido disgregadas quedando expuestas al acarreo gravitacional por los escurrimientos. Wilcox *et al.* (1988) han señalado que este factor tiene un efecto directo en la permanencia del agua sobre la superficie del suelo lo que determina en un momento dado la oportunidad de infiltrarse, señalan también que esta variable muestra una correlación negativa con las tasas de infiltración.

#### Producción de Sedimentos

La producción de sedimentos totales del matorral micrófilo fue estadísticamente superior al registrado en el pastizal mediano abierto mientras que el pastizal

Otra variable de la vegetación que influyó en la producción de sedimentos fue la fitomasa aérea de arbustos, la cual se asocia positivamente con la producción de sedimentos ya que su presencia no brinda protección adecuada al suelo tal vez debido a que la lluvia pasa a través del follaje causando, aunque en menor grado el mismo efecto que el de la lluvia al caer sobre la superficie del suelo, esto es reportado también por Wood y Blackburn (1981a) y Sánchez (1984) los cuales hacen referencia a lo disperso del follaje que presentan las arbustivas.

La abundante cobertura aérea de arbustos registrada en el matorral micrófilo es relativa ya que este tipo de plantas presenta numerosos claros en sus copas, por donde la lluvia atravieza causando el mismo efecto que causaría en áreas con suelo desnudo, esto es explicado por Osborn et al. (1978) quienes mencionan que la protección brindada al suelo por los arubstos es pobre comparada con la ejercida por los zacates.

Un factor que pudo haber sido favorable para contrarrestar la cantidad de sedimentos producidos en el matorral micrófilo, fue el mantillo orgánico, ya que según lo reportan Wood y Blackburn (1981a), McGinty et al. (1979) y Thurow et al. (1986), el mantillo sirve como protector del suelo, sin embargo, la intensidad de lluvia aplicada fue tal que provocó el arrastre de este material, eliminando de esta forma su efecto

amacollado no mostró diferencias significativas con los dos primeros. Resultados similares son reportados por Osborn et al (1978) quienes señalan que la producción de sedimentos fue mayor en áreas con cubierta arbustiva que en áreas cubiertas por pastizal.

Para explicar los resultados anteriores cabe destacar lo expuesto por Kirkby y Morgan (1984) y Branson et al. (1981) los cuales al referirse a la producción de sedimentos señalan que la mecánica que presenta este proceso erosivo de desprendimiento, arrastre y sedimentación de las partículas del suelo depende en forma determinante la protección que brinden las variables del suelo y vegetación en cualquiera de estas fases del proceso.

Con respecto a lo anterior, de las variables de la vegetación, la que mostró mayor influencia en la producción de sedimentos fue la cobertura basal de zacates mostrando una relación negativa, encontrándose en muy bajas cantidades comparado con las registradas para el pastizal mediano abierto, su efecto principal es la obstrucción del escurrimiento superficial, por lo tanto en el matorral micrófilo fue determinante su ausencia. Reafirmando lo anterior, Thurow et al. (1986) señalan que la cobertura de zacates es la variable de la vegetación que mayor protección brinda al suelo contra el proceso de erosión.

protector del suelo y permitiendo se incrementara la cantidad de sedimentos.

De las variables del suelo, la poca profundidad del suelo registrada en el matorral micrófilo, ocasionó que el movimiento del agua a través del perfil se viera limitado, por lo cual el escurrimiento superficial fue mayor, incrementándose así, la producción de sedimentos. Observaciones similares fueron reportadas por McGinty et al. (1979).

Al observar la densidad aparente del suelo, se encontró que los valores mayores de esta variable se tuvieron en el matorral micrófilo, infiriendo en una mayor compactación y menor porosidad, lo cual influyó al igual que el punto anterior, en que la penetración del agua se viera restringida, por la menor capacidad de absorción, teniendo por lo tanto mayor escurrimiento superficial y producción de sedimentos, ésto es señalado en forma similar por Brock et al. (1982) y Wood y Blackburn (1981a) considerando a esta variable como la más importante de los factores del suelo.

La mayor cantidad de suelo desnudo también se registró en el matorral micrófilo, al respecto Wilcox et al. (1988) enfatizan que esta condición de suelo desnudo es la más indeseable e incluso mencionan que es preferible tener una cobertura de piedras ya que estas al menos implican un obstáculo para el escurrimiento superficial.

Los valores de producción de sedimentos registrados en los tres tipos de vegetación desafortunadamente no pueden ser considerados altos o bajos debido a que no existen investigaciones similares en México para comparar estos resultados. La excepción es Sánchez (1984) quien obtiene valores de 54 a 549 kg/ha pero en tipos de vegetación muy diferentes y además incluye el efecto del apacentamiento.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados en el presente estudio para los tres tipos de vegetación evaluados se infieren las siguientes conclusiones:

- Las tasas de infiltración inicial tanto en seco como en húmedo no son estadísticamente diferentes entre un pastizal mediano abierto, un pastizal amacollado y un matorral micrófilo.
- Las tasas de infiltración que presentan tanto los suelos secos como húmedos después de los 18 min de aplicada la lluvia son significativamente diferentes entre el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo.
- El pastizal mediano abierto presenta las mayores tasas de infiltración tanto en seco como en húmedo, seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo.

- En suelo húmedo las tasas de infiltración del pastizal amacollado no difieren estadísticamente del pastizal mediano abierto y del matorral micrófilo.
  
- En suelo seco las tasas de infiltración del pastizal amacollado sólo difieren estadísticamente del pastizal mediano abierto en ciertos tiempos.
  
- La producción media de sedimentos tanto en corridas secas como húmedas difiere significativamente entre el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo.
  
- La producción media de sedimentos totales es superior en el matorral micrófilo, seguido por el pastizal amacollado y el pastizal mediano abierto.
  
- Las principales variables que influyen en las tasas de infiltración durante las corridas en seco son la cobertura basal de zacates, fitomasa aérea de zacates, densidad aparente del suelo y porcentaje de suelo desnudo.



- Las principales variables que influyen en las tasas de infiltración durante las corridas en húmedo son cobertura basal de zacates, densidad aparente del suelo, cobertura aérea de zacates y contenido de materia orgánica del suelo.
  
- Las variables que influyen la producción de sedimentos en seco son la cobertura basal de zacates y la biomasa aérea de los arbustos.
  
- Las variables que influyen la producción de sedimentos en húmedo son la cobertura basal de zacates y el porcentaje de arcilla en el suelo.

## CAPITULO VII

### RECOMENDACIONES

En base a lo observado en el área de estudio durante los trabajos de campo y a los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- Programar la inducción de un cambio de vegetación a mediano o largo plazo en el área que ocupa el matorral micrófilo ya que este tipo de vegetación además de considerarse invasor (Vásquez, 1973) presenta las menores tasas de infiltración y la mayor producción de sedimentos y por su constitución florística menor producción de forraje.
- Tomando como antecedente el presente trabajo, evaluar los tipos de vegetación más utilizados para pastoreo, adicionando, la variable apacentamiento del ganado con el fin de valorar su efecto en forma aislada y evitar interpretaciones erróneas que sobreestimen el efecto del propio ganado o de los sistemas de apacentamiento.

- Dar seguimiento al presente trabajo evaluando la infiltración y producción de sedimentos en las diferentes épocas de crecimiento del pastizal con el fin de observar el comportamiento de dichos procesos a través del año.
  
- Incluir en trabajos similares posteriores, otras variables del suelo tales como: compactación, estabilidad de los agregados, microrelieve y contenido de humedad con el fin de tener una evaluación más precisa del papel que juegan los suelos del Rancho Los Angeles en los procesos estudiados.
  
- Basados en que la cobertura basal de zacates jugó un papel importante en las tasas de infiltración y producción de sedimentos tanto en las corridas en seco como en las corridas en húmedo iniciar un trabajo de investigación que permita evaluar mejor los efectos de dicho parámetro, considerando diferentes porcentajes de cobertura.

## CAPITULO VIII

### RESUMEN

Debido a la complejidad de los ecosistemas de pastizales es conveniente estudiar sus principales componentes de manera aislada para comprender los procesos que ocurren en ellos e integrarlos posteriormente para observar su comportamiento dentro del sistema dinámico natural.

Basado en lo anterior se plantearon en el presente estudio los siguientes objetivos: determinar las tasas de infiltración y producción de sedimentos en el pastizal mediano abierto, el pastizal amacollado y en el matorral micrófilo y encontrar las principales variables de suelo y vegetación que afectan a tales procesos.

El presente trabajo se llevó a cabo en el Rancho Demostrativo "Los Angeles" durante los meses de febrero y marzo de 1988, utilizando un simulador basado en los principios del reportado por Blackburn *et al.* (1974), para aplicar una intensidad de lluvia de 13.75 cm/hr en parcelas de 1 m<sup>2</sup>. En cada parcela se realizaron dos pruebas, la primera de ellas con una duración de 63 min a la cual se le llamó corrida en seco; 24 hr después

se aplicó la lluvia simulada durante 33 min, denominándosele corrida en húmedo.

Las tasas de infiltración se determinaron como la diferencia entre la intensidad de la lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento que fue colectado y estimado en cada parcela por cada 5 min. La producción de sedimentos se determinó tomando una muestra de 1 lt de los escurrimientos totales y separando los sedimentos en el laboratorio.

Los resultados se analizaron en un diseño completamente al azar, constituyendo los tratamientos, los tres tipos de vegetación y contando con cinco repeticiones. Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas por el método de Tukey. Los resultados de las variables de suelo y vegetación muestreadas fueron relacionadas con las tasas de infiltración y producción de sedimentos utilizando el método de regresión múltiple Stepwise.

Los resultados indican que las tasas de infiltración inicial son similares en los tres tipos de vegetación en ambas corridas. Después de los 18 min en seco y 13 en húmedo las infiltraciones presentan diferencias estadísticas entre el pastizal mediano abierto y el matorral micrófilo, sin presentar diferencias estos dos con respecto al pastizal amacollado. La infiltración fue siempre mayor en el pastizal mediano abierto seguido del pastizal amacollado y el matorral micrófilo.

Las variables que mayor influencia presentaron sobre este proceso hidrológico fueron la cobertura basal de zacates, la cobertura aérea de zacates, el suelo desnudo, la densidad aparente, la fitomasa aérea de zacates y la materia orgánica del suelo.

En relación a la producción de sedimentos totales el matorral micrófilo fue estadísticamente superior al pastizal mediano abierto, sin presentar diferencias estadísticas el pastizal amacollado con los otros tipos de vegetación. La producción de sedimentos en ambas corridas fue mayor en el matorral micrófilo seguido del pastizal amacollado y el pastizal mediano abierto. Las variables que tuvieron mayor influencia en la producción de sedimentos fueron la cobertura basal de zacates, la fitomasa aérea de los arbustos, la fitomasa del mantillo orgánico, la cobertura de piedras y la pendiente del terreno.

CAPITULO VIII  
LITERATURA CITADA

- Bennett H.H. 1939. Soil conservation. McGraw-Hill Inc. New York, E.U.A. 340 p. U.S.A.
- Blackburn, W.H., R.O. Meewing and C.M. Skaw. 1974. A mobile infiltrometer for use on Rangeland. J. Range Manage. 28(4):322-323. U.S.A.
- Box T.W. 1961. Relationships between plants and soil of four range plants communities in South Texas. Ecology 42:794-810. U.S.A.
- Branson F.A., G.F. Gifford, K.C. Renard and R.F. Hadley. 1981. Rangeland Hidrology. A publications of the Society for Range Management. Kendall/Hunt Publishing Co. 340 p. U.S.A.
- Brock J.H., W.H. Blackburn and R.H. Haas. 1982. Infiltration and sediment production on a deep hardland 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 and unchained pinyon - juniper sites in Southwestern Utah. J. Range Manage. 34(5):400-405. U.S.A
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA) 1979. Coeficientes de Agostadero de la Rep. Mexicana. Estado de Coahuila. SARH. México. 255 p.
- Dee R.F., T.W. Box and E. Robertson Jr. 1966. Influence of grass vegetation on water intake of pullman silty clay loam. J. Range Manage. 19:77-79. U.S.A.

- Dickinson, W.T., M.E. Holland and G.L. Smith. 1967. An experimental rainfall-runoff facility. Hydrol. paper No. 25, Colorado State Univ. Fort Collins Colorado, U.S.A. 74 p.
- Dortignac, E.J. 1951. Design and operation of Rocky Mountain infiltrometer. Paper No. 5, Forest Serv. Rocky Mountain Forest and Range Exp. Sta. USDA. Fort Collins, Colorado, U.S.A. 68 p.
- Gamougoun N.D., R.P. Smith, M.K. Wood and R.D. Pieper. 1984. Soil vegetation and hidrologic responses to grazing management at Fort Stanton, New Mexico. J. Range Manage. 37(6):538-541. United States of America.
- Gutiérrez C.J. y M.A. Salazar C. 1986. Impacto de la reforestación en la sierra de Zapalinamé sobre las tasas de infiltración. Agraria, Revista Científica. 2(2):286-302. Saltillo, Coah., México.
- Gutiérrez C.J., F.M. Smith y J.G. Medina T. 1979. Caracterización hidrológica de la Cuenca San Tiburcio, Zacatecas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico Científica 5(4):212-327. Saltillo, Coah. México.
- Hamon, H.R. 1979. Rainfall simulator-gamma probe infiltrometer. Rainfall simulator workshop. SEA, USDA, Washington, D.C. U.S.A.
- Jaynes R.A. and G.F. Gifford. 1981. An in-depth examination of the Philip equation for cataloging infiltration characteristics in Rangeland environments. J. Range Manage. 34(4):285-296. U.S.A.
- Kirkby J.M. y C.R.P. Morgan. 1984. Erosión de suelos. Editorial Limusa México. 375 p. México.
- Lusby, G.C. 1977. Determination of runoff and sediment by rainfall simulation. In: Erosion: Research Techniques. Erodibility and Sediment Delivery Geo. Abstr. Ltd. Norwich, England. 123 p.



- Lyford F.P. and H.K. Qashu. 1969. Infiltration rate as affected by desert vegetation. *Water Resour Res.* 5:1373-1376. U.S.A.
- Lyons S.M. and G.F. Gifford. 1980. Impact of incremental surface soil depths on infiltration rates potential sediment losses and chemical water quality. *J. Range Manage.* 33:186-189. U.S.A.
- Malekuti A.T. and G.F. Gifford. 1978. Natural vegetation as a source of diffuse salt within the Colorado River Basin. *Water Res. Bull.* 14:195-205. U.S.A.
- McGinty W.A., F.E. Siemens and L.B. Merrill. 1979. Influence of soil, vegetation and grazing management on infiltration rate and sediment production of Edwards Plateau rangeland. *J. Range Manage.* 32:33-37. U.S.A.
- Meewig R.O. 1970. Infiltration and erosion as influenced by vegetation and soil in Northern Utah. *J. Range Manage.* 23:185-188. U.S.A. 10 p.
- 1971. Infiltration and water repellence in granitic soils. Paper INT-III. Forest Service USDA. Washington, D.C. U.S.A. 15-22.
- Mendoza H., J.M. 1983. Diagnóstico climático para la zona de influencia inmediata de la UAAAN. Depto de Agrometeorología. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 616 p.
- Musgrave G.W. 1955. How much of the rain enters the soil. In: *Water U.S.D.A. Yearbook.* 155-159 U.S.A.
- Neff E.L. 1979. Why rainfall simulation. In: *Proc of the rainfall simulators workshop U.S.D.A. Sci. review and manuals.* A.R.M.-W-10 U.S.A. 85 p.
- 1982. Chemical quality and sediment content of runoff water from Southeastern Montana rangeland. *J. of Range Manage.* 35(3):130-132 U.S.A.

- 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, cuándo y dónde aplicarlas. Editorial Limusa. México. 629 p.
- Pieper R.D. 1978. Measurement techniques for herbaceous and shrubby vegetation. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico. U.S.A. 148 p.
- Pluhar J.J., R.W. Knight and R.K. Hetschmidt. 1986. 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.
- Sánchez B.C. 1984. Effects of livestock grazing and exclusion on infiltration rates and sediment yields for different range sites on El Plateado Watershed Zacatecas, Mexico. Ph.D. Dissertation New Mexico State Univ. 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.
- Serrato S.R., J.G. Medina T. y R. Vásquez A. 1983. Respuesta del pastizal mediano abierto a diferentes sistemas de pastoreo. UAAAN. Monog. Técnico-Científica 9(1):1-79. México.
- Steel R.G.D. y J.H. Torrie. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2a. Ed. McGraw-Hill. México. 622 p.

- Swanson, N.P. 1979. Field plot rainfall simulation (Rotating-boom rainfall simulator) Lincoln Nebraska. Proc. Rainfall Simulator Workshop ARM-W-10:166-169. U.S.A.
- Torres R.E. 1981. Manual de Conservación de Suelos Agrícolas. Ed. Diana. México. 170 p.
- Thurrow T.L., W.H. Blackburn, C.A. Taylor Jr. 1986. Hydrologic characteristics of vegetation types as affected by livestock grazing systems. EPT. J. Range Manage 39(6) p. 505-508. U.S.A.
- Tromble J.M. 1980. Infiltration rates on Rootplowed Rangeland. J. Range Manage 33(6):423-425. U.S.A.
- Tromble J.M., K.G. Renard and A.P. Thatcher. 1979. Infiltration for three rangeland soil-vegetation complexes. J. of Range Manage 27:318-321. U.S.A.
- Valdés O, L.F., F.J. Sifuentes R., A. Ilizaliturri V., J. Gutiérrez C. y L.A.N. Beltrán del Río. 1986. Levantamiento semidetallado de suelos en el Rancho "Los Angeles" en: Gutiérrez C.J. (Ed.) Manejo de Pastizales. Memorias del Segundo Congreso Nacional. D.R.N.R. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coah., México. pp. 146-150.
- Vásquez A.R. 1973. Plan inicial de manejo de agostaderos en el Rancho Demostrativo "Los Angeles". Tesis Lic. ESAAN, UAC, Saltillo, Coahuila, México. 113 p.
- Warren S.D., W.H. Blackburn and C.A. Taylor Jr. 1986. 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.
- Wilcox B.P., M.K. Wood and J.M. Tromble. 1988. Factors influencing infiltrability of semiarid mountain slope. J. Range Manage. 41(3):197-206. U.S.A.

- Wilcox B.P., M.K. Wood, J.T. Tromble and T.J. Ward. 1986. A hand-portable single Nozzle rainfall Simulator designed for use on steep slopes. J. Range Manage. 39(4):375-377. 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 H. Blackburn. 1981a. Sediment production as influenced by livestock grazing in the Texas Rolling Plains. J. Range Manage 34(3):228-231. U.S.A.
- 
- 1981b. Grazing Systems: Their influence on infiltration rates in the Rolling Plains of Texas. J. Range Manage 34(4):331-335. U.S.A.