

EFFECTO DE EPOCA DE CRECIMIENTO Y
COBERTURA VEGETAL SOBRE LA INFILTRACION
Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS EN UN
PASTIZAL MEDIANO ABIERTO

ILIANA ISABEL HERNANDEZ JAVALERA

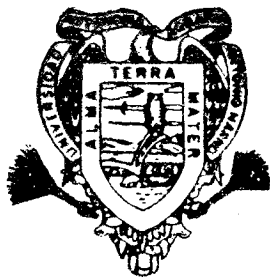
Universidad Autónoma Ag
"ANTONIO NARRO"

TESIS

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



BIBLIOTEC.



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.


DICIEMBRE 1991

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 :

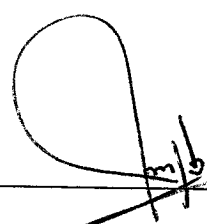

Ing. M. S. Julián Gutiérrez Castillo

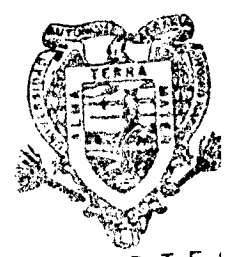
Asesor :


Ing. M. S. Juan Ricardo Reynaga Valdés

Asesor :


Ing. M. C. Víctor Cantú Hernández


Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBO
BANCO DE T
U.A.A.A.N

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" por permitirme pasar otra etapa de mi vida profesional en su interior.

- Con especial agradecimiento al Ing. M.S. Julián Gutiérrez C. por su asesoría y gran apoyo para la realización de este trabajo; y por su instrucción y amistad desde mi ingreso al postgrado.

- Al Ing. M.S. Ricardo Reynaga V. por sus valiosas enseñanzas, aportaciones y disponibilidad que ha tenido siempre.

- Al Ing. M.C. Víctor Cantú H. por su disponibilidad y observaciones hechas al presente escrito.

- A los Ings. M.C. Alejandro Zárate L. y M.C. José Antonio Díaz G. por su desinteresada colaboración y atinadas rectificaciones.

- A Lupita, Rodolfo, Manuel, Martín, Pablo y Don Manuel, quienes me brindaron ayuda en la toma de datos de campo.

- A Don Lázaro y la Sra. Ramona por su amabilidad y servicio en mi estancia en el rancho "Los Angeles".

- Al Departamento de Recursos Naturales Renovables, por el apoyo que me han dado, pero con especial afecto a mis maestros.

- A mis compañeros Fernando, Samuel, Ramón, Pedro, Eduardo, Salvador, Héctor y Arnulfo con quienes tuve la oportunidad de convivir.

- A mis amigos Tere, Diana, Irma, Héctor, Raúl, Chayito, Iris, Rosa Elena y Lupita por su amistad y aliento.

- A toda mi familia por estar siempre conmigo.

DEDICATORIA

A MI MAMA

A PAVEL

CON AMOR

COMPENDIO

EFFECTO DE EPOCA DE CRECIMIENTO Y COBERTURA VEGETAL SOBRE
LA INFILTRACION Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS
UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO

por

ILIANA ISABEL HERNANDEZ JAVALERA

MAESTRO EN CIENCIAS

EN MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA . DICIEMBRE, 1991

Ing. M. S. Julián Gutiérrez Castillo - Asesor -

Palabras clave : Infiltración, Escurrimiento, Producción de Sedimentos, Simulación de lluvia, Epoca de crecimiento, Cobertura, Pastizal Mediano Abierto.

El objetivo del presente estudio consistió en determinar el efecto de dos épocas de crecimiento y de cinco rangos de cobertura vegetal sobre las tasas de infiltración y la producción de sedimentos en un Pastizal Mediano Abierto, y determinar algunas variables del suelo y vegetación relacionadas con los procesos de infiltración y producción de sedimentos.

La investigación se llevó a cabo en el Rancho Los Angeles al sureste del Estado de Coahuila, México, durante julio y agosto de 1988, diciembre de 1988 y enero de 1989, tomando estas fechas como las épocas de crecimiento y letargo, los rangos de cobertura vegetal fluctuaron entre 0-10 por ciento, 20-30 por ciento, 40-50 por ciento, 60-70 por ciento y mayor del 80 por ciento; considerando la interacción de las épocas de crecimiento y los rangos de cobertura se formaron 10 tratamientos.

Se utilizó un simulador para aplicar una intensidad de lluvia de 13.75 cm/hr en cinco parcelas de un metro cuadrado para cada tratamiento, la lluvia se simuló durante una hora y sólo para corridas en seco, se tomaron datos de escurrimiento cada cinco minutos; la infiltración se calculó como la diferencia de la lluvia aplicada y el escurrimiento colectado a intervalos de tiempo definidos. La concentración y la producción de sedimentos se determinaron colectando una muestra de un litro del total del escurrimiento recolectado durante la prueba, dicha muestra fue analizada en el laboratorio para separar los sedimentos. Los datos de campo se analizaron bajo un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de tratamientos y corrección por covarianza.)

En términos generales, los datos muestran que las tasas de infiltración son más altas en la época de crecimiento que en la época de letargo, también se observa una relación positiva entre el porcentaje de cobertura vegetal y las tasas de infiltración. Estadísticamente, la infiltración inicial no fue afectada por las épocas de crecimiento y el

porcentaje de cobertura vegetal; sin embargo, ésta fue altamente afectada por la interacción de ambos factores. La tasa de infiltración fue afectada por las épocas de crecimiento y por el porcentaje de cobertura desde los 10 minutos y hasta los 25 minutos. Finalmente, desde los 30 minutos y hasta el final de la corrida el único factor que afectó la infiltración fue el porcentaje de cobertura vegetal.

La concentración de sedimentos muestra valores muy bajos en la época de crecimiento en comparación con la época de letargo, excepto para el valor encontrado en la época de crecimiento con un porcentaje de cobertura fluctuando de 0-10 por ciento; la concentración de sedimentos presenta una relación negativa con el porcentaje de cobertura. Por otra parte, la producción de sedimentos muestra un comportamiento semejante al de la concentración de sedimentos, y a los valores de escurrimiento observados.

Durante la época de crecimiento, la infiltración se vio afectada por las variables cobertura aérea de gramíneas y porcentaje de materia orgánica. La concentración y la producción de sedimentos en esta época se vieron afectadas por las variables cobertura aérea de gramíneas y contenido de humedad. En la época de letargo, la infiltración fue afectada principalmente por las variables cobertura aérea de herbáceas, mantillo, grava y piedras, porcentaje de suelo desnudo, materia orgánica y contenido de humedad. Finalmente, durante la misma época la concentración y la producción de sedimentos fueron afectados por el porcentaje de suelo desnudo, el mantillo y la cobertura de grava y piedras.

45
ABSTRACT

EFFECT OF GROWING SEASON AND PLANT COVER ON
INFILTRATION AND SEDIMENT PRODUCTION
ON A SHORT GRASSLAND

by

ILIANA ISABEL HERNANDEZ JAVALERA

MAJOR SUBJECT: RANGE MANAGEMENT.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MEXICO. DECEMBER, 1991.

ING. M.S. JULIAN GUTIERREZ CASTILLO -Adviser-

KEY WORDS: Infiltration, Runoff, Sediment production, Rainfall simulation, Growing season, Plant cover, Short grassland.

The objectives of this study were two fold; one was to evaluate the effects of two growing seasons and five plant cover ranges on infiltration rates and total sediment production on a short grassland. And second to determine the effect of selected soil and vegetation variables on infiltration and sediment production.

The research was carried out in the Rancho Los Angeles in the southeastern Coahuila, Mexico during july and august of 1988 and

100

december of 1988 and january 1989. Those, were used as growth and dormancy seasons. The ranges of plant cover fluctuates between 0 - 1 percent, 20-30 percent, 40-50 percent, 60-70 percent and greater than 80 percent. Considering interaction of growing seasons and ranges of plant cover 10 treatments were used.

A drip type simulator was utilized to simulate a rainfall intensity of 13.75 cm/hr on five plots of 1 square meter within each treatment. Water was applied for 1 hour and only for dry runs. Data on produced runoff was taken for periods of five minutes. Infiltration was calculated as the difference between the applied rainfall and the collected runoff for specific time intervals. Sediment was measured by collecting a 1 lt sample of runoff plus sediment from each plot, analyzed in laboratory. Field data was analyzed in a completely randomized design with a factorial standardization of treatments and correction for covariance

Data shows that infiltration rates were higher in the growing season than in dormancy one. Also, infiltration shows a positive relationship with percentage of plant cover. Initial infiltration was not affected by the growing seasons and percentage of plant cover. However this infiltration was highly affected by the interaction of both factors. Infiltration rate was affected by growing season and by the percentage of plant from the 10 minute to the 25 minute. Finally, from the 30 minute to the end of the run the only factor affecting infiltration was the percentage of plant cover.

70

Sediment concentration shows lower values on growing season while compared with the dormancy; except for the value found in the growing season with 0 - 10 percent sediment concentration present a negative relationship with the percentage of plant cover. Sediment production shows the same behavior that sediment concentration, although there exist differences because the values of runoff. Runoff presents a negative relationships with plant cover.

During growing season infiltration was affected by aerial grass cover and percentage of organic mater. Sediment concentration and production in this season was affected by the aerial grass cover and soil water content. In dormancy period, infiltration was affected mainly by forage cover, litter, gravel and rocks, bare soil, organic mater and soil water content. Finally, sediment production and concentration were affected by bare soil litter and gravel and rock.

INDICE DE CONTENIDO

| | PAGINA |
|-----------------------------------|--------|
| INDICE DE CUADROS..... | xiv |
| INDICE DE FIGURAS..... | xviii |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| OBJETIVOS..... | 2 |
| HIPOTESIS..... | 3 |
| JUSTIFICACION..... | 3 |
| REVISION DE LITERATURA..... | 5 |
| INFILTRACION..... | 6 |
| PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 8 |
| EPOCAS DE CRECIMIENTO..... | 10 |
| COBERTURA..... | 11 |
| INVESTIGACIONES RELACIONADAS..... | 13 |
| MATERIALES Y METODOS..... | 20 |
| AREA GENERAL DE ESTUDIO..... | 20 |
| CLIMA..... | 20 |
| GEOLOGIA..... | 22 |
| HIDROLOGIA..... | 24 |
| SUELOS..... | 24 |
| VEGETACION..... | 25 |
| AREA DE ESTUDIO..... | 25 |
| VEGETACION..... | 27 |
| SUELOS..... | 27 |

| | |
|---|----|
| MATERIALES..... | 27 |
| METODOLOGIA..... | 30 |
| ESTIMACION DE LOS FACTORES DE LA VEGETACION..... | 30 |
| COBERTURA AEREA Y BASAL..... | 30 |
| ESTIMACION DE LOS FACTORES DE SUELO..... | 30 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD APARENTE... | 30 |
| TEXTURA Y CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA.... | 31 |
| SIMULACION DE LLUVIAS..... | 31 |
| OBTENCION DEL ESCURRIMIENTO TOTAL..... | 32 |
| ESTIMACION DE LA INFILTRACION..... | 32 |
| DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS..... | 32 |
| DETERMINACION DE LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 32 |
| ANALISIS ESTADISTICO..... | 33 |
| DESCRIPCION DE LOS TRATAMIENTOS..... | 33 |
| DISEÑO ESTADISTICO..... | 34 |
| PRUEBA DE MEDIAS..... | 35 |
| ANALISIS DE CORRELACION..... | 35 |
| RESULTADOS..... | 37 |
| INFILTRACION..... | 37 |
| CONCENTRACION DE SEDIMENTOS..... | 42 |
| ESCURRIMIENTO TOTAL..... | 44 |
| PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 44 |
| VARIABLES DE LA VEGETACION..... | 46 |
| VARIABLES DEL SUELO..... | 49 |
| VARIABLES QUE AFECTAN LA INFILTRACION..... | 51 |

| | |
|--|-----|
| VARIABLES QUE IMPACTAN LA CONCENTRACION Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 56 |
| DISCUSION..... | 58 |
| INFILTRACION..... | 58 |
| CONCENTRACION DE SEDIMENTOS..... | 60 |
| ESCURRIMIENTO TOTAL..... | 60 |
| PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 61 |
| VARIABLES QUE AFECTAN LA INFILTRACION..... | 62 |
| VARIABLES QUE AFECTAN LA CONCENTRACION Y PRODUCCION DE DE SEDIMENTOS..... | 62 |
| CONCLUSIONES..... | 64 |
| RESUMEN..... | 67 |
| LITERATURA CITADA..... | 70 |
| APENDICES..... | 77 |
| APENDICE A..... | 78 |
| APENDICE B..... | 89 |
| APENDICE C..... | 91 |
| APENDICE D..... | 93 |
| APENDICE E..... | 95 |
| APENDICE F..... | 103 |

INDICE DE CUADROS

| NO. | | PAGINA |
|-----|---|--------|
| 4.1 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) OBTENIDAS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO PARA TODOS LOS TRATAMIENTOS..... | 38 |
| 4.2 | SIGNIFICANCIA DEL EFECTO DEL FACTOR EPOCAS DE DE CRECIMIENTO (A) DEL FACTOR COBERTURA VEGETAL (B) Y SU INTERACCION EN TIEMPOS DETERMINADOS SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO DEL RANCHO LOS ANGELES..... | 40 |
| 4.3 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) A INTERVALOS DE TIEMPO DETERMINADOS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y RESPUESTA A LA PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY..... | 41 |
| 4.4 | VALORES DE SIGNIFICANCIA GENERADOS EN LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A), COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) Y SU INTERACCION SOBRE LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS, EL ESCURRIMIENTO TOTAL Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS DE UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO DEL RANCHO LOS ANGELES..... | 42 |
| 4.5 | PORCENTAJES MEDIOS DE COBERTURA (%) AEREA Y BASAL REGISTRADOS PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN ESTUDIO..... | 48 |
| 4.6 | PROMEDIO DE LOS VALORES DE LAS VARIABLES DEL SUELO REGISTRADOS PARA LAS DIFERENTES COBERTURAS Y EPOCAS DE CRECIMIENTO..... | 50 |
| 4.7 | COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE COBERTURA BASAL QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN LAS DOS EPOCAS DE ESTUDIO..... | 53 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.8 | COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE COBERTURA AEREA QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN LAS DOS EPOCAS DE ESTUDIO..... | 54 |
| 4.9 | COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DEL SUELO QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN DOS EPOCAS DE CRECIMIENTO EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO..... | 55 |
| 4.10 | COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE LA VEGETACION Y EL SUELO QUE INFLUYEN ESTADISTICAMENTE EN LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS, EL ESCURRIMIENTO TOTAL Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS DURANTE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO..... | 57 |
| A.1 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 0 Y 10 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO..... | 79 |
| A.2 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 20 Y 30 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO..... | 80 |
| A.3 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 40 Y 50 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO..... | 81 |
| A.4 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 60 Y 70 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO..... | 82 |
| A.5 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA MAYOR DE 80 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO..... | 83 |
| A.6 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 0 Y 10 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO..... | 84 |
| A.7 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 20 Y 30 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO..... | 85 |

| | | |
|-------|---|-----|
| A. 8 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 40 Y 50 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO..... | 86 |
| A. 9 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 60 Y 70 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO..... | 87 |
| A. 10 | TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA MAYOR DE 80 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO..... | 88 |
| B. 1 | CONCENTRACION DE SEDIMENTOS (GR/LT) OBTENIDA REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 90 |
| C. 1 | ESCURRIMIENTO TOTAL (LT) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 92 |
| D. 1 | PRODUCCION DE SEDIMENTOS (KG/HA) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 94 |
| E. 1 | COBERTURA AEREA DE GRAMINEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 96 |
| E. 2 | COBERTURA AEREA DE HERBACEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 97 |
| E. 3 | COBERTURA BASAL DE GRAMINEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 98 |
| E. 4 | COBERTURA BASAL DE HERBACEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 99 |
| E. 5 | COBERTURA DE MANTILLO (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 100 |
| E. 6 | COBERTURA DE GRAVA Y PIEDRAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 101 |
| E. 7 | SUELO DESNUDO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 102 |

| | | |
|------|--|-----|
| F. 1 | CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DEL SUELO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 104 |
| F. 2 | FRACCION DE LIMO (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 105 |
| F. 3 | FRACCION DE ARENA (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 106 |
| F. 4 | FRACCION DE ARCILLA (%) OBTENIDA POR REPETICION CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 107 |
| F. 5 | CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 108 |
| F. 6 | DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (GR/CC) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO..... | 109 |

INDICE DE FIGURAS

| NO. | | PAGINA |
|-----|--|--------|
| 2.1 | INFLUENCIA DEL MANEJO DE LOS PASTIZALES SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION (WOOD, 1988)..... | 14 |
| 3.1 | UBICACION Y PLANO DE INFRAESTRUCTURA DEL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO " LOS ANGELES " (TOMADO DE SERRATO <u>ET AL.</u> , 1983)..... | 21 |
| 3.2 | CLIMOGRAMA DE GAUSSEN PARA EL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO " LOS ANGELES " | 23 |
| 3.3 | TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO " LOS ANGELES " Y UBICACION DEL SITIO EXPERIMENTAL..... | 26 |
| 3.4 | SIMULADOR DE LLUVIAS DISEÑADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO | 28 |
| 4.1 | DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS..... | 43 |
| 4.2 | DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL ESCURRIMIENTO TOTAL..... | 45 |
| 4.3 | DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS..... | 47 |

INTRODUCCION

El comportamiento hidrológico de un pastizal es la respuesta del manejo que se le da a éste, ya que su utilización por los herbívoros tiene un efecto indirecto sobre las condiciones hidrológicas de las cuencas, pues el animal remueve la cubierta vegetal del suelo, pisa y deposita heces fecales, todo ello se traduce en un efecto sobre la entrada de agua al suelo o en una modificación del comportamiento del agua que corre sobre la superficie terrestre; además, estos dos procesos son afectados por la dinámica que la vegetación presenta a través de sus épocas de crecimiento y por factores específicos del suelo. Dicho comportamiento hidrológico se expresa primordialmente por dos procesos de gran importancia, la infiltración y el escurrimiento superficial, el primero por ser el que determina la cantidad de agua disponible para la planta y el segundo por ser la fuerza que produce la erosión, y por lo tanto marca la disponibilidad de nutrimentos para la vegetación.

Además de lo anterior, es indiscutible que el manejador de pastizales busca tener una alta productividad de estos ecosistemas, por lo que es indispensable tener un buen cuidado en el ciclo del agua como componente básico del ecosistema y buscar que no sea alterado drásticamente y que el aprovechamiento de este recurso se optimice, a fin de tener mayor contenido de agua y minerales disponibles para el desarrollo de la vegetación. Por otro lado, es sabido que en nuestro país un alto porcentaje de los pastizales se encuentran en Zonas Áridas

y Semiáridas donde la lluvia es errática y escasa, lo que hace necesario conocer los procesos que determinan tanto el contenido de humedad como los nutrimentos del suelo en función de la cantidad de vegetación que utiliza el animal y la época de crecimiento en que se hace esa utilización para poder planear un mejor uso de esos pastizales.

Considerando la anterior y reconociendo que la infiltración y la producción de sedimentos son buenos indicadores del comportamiento hidrológico del uso que se le da a la vegetación, es preciso evaluar el efecto de las épocas de crecimiento, el porcentaje de cobertura y los factores del suelo y vegetación que los afecta, para lo cual se proponen los objetivos que a continuación se mencionan, así como las hipótesis que de estos se derivan.]

Objetivos PASTIZAL

General PASTIZAL

Evaluar los efectos de las épocas de crecimiento y la cobertura vegetal sobre la infiltración y producción de sedimentos en un suelo ocupado por Pastizal Mediano Abierto en el Rancho "Los Angeles".

Específicos PASTIZAL

- Determinar el efecto de la época de crecimiento y letargo sobre la infiltración y producción de sedimentos en un Pastizal Mediano Abierto.

- Determinar el efecto del porcentaje de cobertura vegetal del Pastizal Mediano Abierto sobre la infiltración y producción de sedimentos.

- Determinar algunos factores del suelo y vegetación que influyen la infiltración y producción de sedimentos.

Hipótesis

Ho1: La infiltración y la producción de sedimentos en un Pastizal Mediano Abierto difieren significativamente entre las épocas de crecimiento y letargo.

Ho2: La infiltración se incrementa y la producción de sedimentos se disminuye con el aumento de cobertura del Pastizal Mediano Abierto.

Ho3: Las tasas de infiltración y producción de sedimentos son afectadas por factores específicos del suelo y vegetación.

Justificación

De acuerdo con las características climáticas que presentan la mayoría de las áreas de pastizal en nuestro país y considerando que la producción de carne a través del aprovechamiento de los pastizales es una de las actividades económicas más relevante en México, se requiere dar una mayor atención al conocimiento de los factores que determinan la

producción de forraje de los pastizales como respuesta al manejo que se les da, ya que los estudios que se han realizado en nuestro país son escasos y su importancia es indiscutible.

Este trabajo forma parte de una serie de estudios realizados en el Rancho "Los Angeles" para determinar lo antes señalado y para su planteamiento y desarrollo se consideraron los resultados de estudios previos, de manera que se pueda generar un avance en la investigación sobre hidrología de pastizales para que se pueda llegar a comprender el comportamiento hidrológico de los pastizales del rancho y áreas similares y puedan servir para planear más acertadamente el manejo y utilización de los ecosistemas de pastizal.

El conocimiento cuantitativo de los procesos de infiltración y producción de sedimentos de los pastizales permitirá saber si el manejo que hasta ahora ha tenido ha sido el más apropiado para mantener el balance de agua y para continuar aprovechando la escasa y errática precipitación que permita tener una alta productividad de los mismos; o bien poder sugerir se busquen otras opciones de manejo de tal forma que el ciclo del agua en este sitio sea más efectivo, de manera que se pueda incrementar la producción de forraje y carne y al mismo tiempo permitan disminuir la pérdida de suelo, que en la actualidad se presenta en grandes proporciones en los pastizales del país.

71/11/12
REVISION DE LITERATURA

A través del tiempo, las actividades del hombre han causado disturbios a las comunidades vegetales, en algunos casos destruyéndolas, totalmente y originando serias alteraciones en el ciclo hidrológico en general y en el balance de agua de una cuenca en particular.

En las áreas de pastizal del norte de México una de las actividades que más ha modificado el ciclo hidrológico es el uso del mismo por los herbívoros, por ser ésta una de las actividades económicas más importantes en el aprovechamiento de estos ecosistemas y además su manejo no ha sido dirigido a mantener un ecosistema estable, sino, más bien a aprovechar al máximo el recurso sin considerar si existe o no impacto o modificación en el resto de los recursos de las cuencas en que se encuentran los pastizales.

El buen funcionamiento del ciclo hidrológico se muestra por un buen balance de agua del pastizal, el cual está en función de la interacción de los factores del clima, suelo y vegetación, de manera que refleja su comportamiento en dos procesos de suma importancia como es la infiltración y el escurrimiento.

Estudios referentes a la infiltración y a la erosión en ecosistemas de pastizal se han realizado con el objetivo de conocer el impacto hidrológico de una gran parte de las prácticas que conforman el

manejo de los pastizales principalmente en el extranjero; en los últimos años se han presentado una gran diversidad de estudios en torno a dichos efectos (Branson et al., 1981; Gutiérrez et al., 1991; McGinty, 1979; Sánchez, 1984; Thurow et al., 1986; Warren et al., 1986, y Wilcox y Wood, 1988).

Infiltración *TIA 31*

La infiltración es el proceso por medio del cual el agua pasa de la atmósfera al suelo a través de la superficie de éste (Gutiérrez y Dueñez, 1988); la tasa de infiltración por otro lado, es la cantidad de agua absorbida por el suelo por unidad de tiempo (Branson et al., 1981; Gutiérrez et al., 1990; Hewlett, 1982), siendo esta última una variable común en una gran parte de los estudios del manejo de los recursos de una cuenca relacionados con la infiltración (Branson et al., 1981) y se considera que es cambiante en un suelo alcanzando su máximo valor cuando el suelo esta seco, pero disminuye conforme se incrementa el contenido de humedad, hasta llegar a un valor final constante y relativamente pequeño, al que se le conoce como infiltración básica (Narro, 1987) o infiltración final (Gutiérrez et al., 1979, y Wood y Blackburn, 1981b).

La infiltración es un proceso que determina la cantidad de agua disponible para el crecimiento de la planta, el almacenamiento de humedad del suelo y la recarga de acuíferos, lo cual usualmente es deseable en el manejo de los recursos naturales; esto es, el aprovechar la precipitación en el sitio en el que se presenta con el fin de

mantener una buena productividad de esa área y para proteger y conservar el recurso vegetación y suelo (Busby y Gifford, 1981; Gutiérrez et al., 1990; Wood, 1980).

Cuando la intensidad de lluvia en la superficie del suelo es mayor que la tasa de infiltración, algo de agua se acumula en la superficie provocándose el escurrimiento y la producción de sedimentos, de manera que los factores que afectan positivamente las tasas de infiltración tienen un efecto negativo en el escurrimiento y la producción de sedimentos. Gifford (1984) menciona que la infiltración presenta cuatro características de suma importancia en comunidades de plantas de pastizal: 1) cada complejo planta-suelo presenta un patrón característico de infiltración, 2) las tasas de infiltración para un tipo de suelo varían en función de varias etapas sucesionales o clases de condición, 3) las tasas de infiltración en un sitio dado muestran variabilidad espacial y temporal y 4) las tasas de infiltración son extremadamente sensitivas a varios factores de manejo de la tierra.

Wood y Blackburn (1981b), mencionan que el tipo de vegetación y cantidad de cubierta vegetal pueden modificar la relación suelo-agua de un sitio, y el manejo en muchas ocasiones son utilizados para mejorar la cubierta vegetal, de manera que también mejoran las tasas de infiltración; las cuales se dice son controladas por factores vegetativos, edáficos, climáticos y topográficos, de donde se considera a los vegetativos como los factores que pueden ser más fácilmente manipulados por los manejadores del pastizal.

Producción de Sedimentos

Según Mitchell y Bubenzer (1984), la producción de sedimentos se define como la salida total de partículas de suelo en una cuenca, que son depositadas en un punto de evaluación y debe diferenciarse del proceso de erosión y del concepto de pérdida de suelo, erosión para Branson et al. (1981) es la cantidad total de partículas del suelo retiradas de un área por la acción dispersante de las gotas de lluvia, por el arrastre de las partículas por medio del escurrimiento superficial o por la acción del viento y el depósito de las partículas en un sitio en particular; por otro lado, pérdida de suelo se define como la cantidad de partículas que son desprendidas en un terreno sin considerar si salen de ese sitio o de una cuenca.

La producción de sedimentos es el resultado del proceso conocido como erosión, y está en función de la topografía, el clima y el suelo (Gifford, 1984); estos sedimentos son una mezcla heterogénea de material orgánico y mineral en diferentes tamaños de partículas con una variedad de propiedades químicas y naturales (Branson et al., 1981).

La producción de sedimentos es de gran importancia para el manejador de pastizales, ya que la tasa de erosión puede exceder a la tasa de formación del suelo y resultar en la pérdida de la productividad del sitio, de manera que la producción de sedimentos puede expresarse como la principal causa de pérdida de nutrimentos que pudieran estar disponibles para la planta dentro de un ecosistema de pastizal (Gutiérrez et al., 1990; Johnson y Blackburn, 1989; y Wood, 1980).

Los pastizales por su naturaleza son considerados grandes productores de sedimentos y Wood y Blackburn (1981a) señalan que la producción de sedimentos está controlada primordialmente por la cobertura vegetal y la interacción de ésta con la materia orgánica del suelo, la estabilidad de agregados y la densidad aparente, características que se pueden englobar en los mismos factores que controlan las tasas de infiltración.

De acuerdo con lo anterior, se menciona que cuando no existe cobertura vegetal en un área de drenaje, pueden presentarse dos casos; primeramente, las gotas que provienen de la precipitación se colisionan contra el suelo, de manera que éste es desprendido fácilmente y queda expuesto a la erosión; en segundo, de acuerdo a la intensidad con que se presenta la precipitación y al no haber cobertura vegetal, el agua no se infiltra presentándose los escurrimientos superficiales que arrastran el suelo produciendo sedimentos en la parte baja de las áreas de drenaje (Branson et al., 1981; Bedunah y Sosebee, 1986; Gutiérrez y Dueñez, 1988 y Gutiérrez et al., 1990).

En los últimos años, los trabajos enfocados a conocer la relación entre las características del pastizal y su comportamiento hidrológico, incluyen la estimación de la producción de sedimentos, la cual, se realiza a partir de los datos del escurrimiento total recolectado en campo durante pruebas de simulación de lluvias, y los datos obtenidos en el laboratorio de concentración de sedimentos, expresando la producción de sedimentos en kilogramos por hectárea

(Gutiérrez y De Luna, 1989; Johnson y Gordon, 1988; Rostagno, 1989, Weltz y Wood, 1986a).

Epocas de Crecimiento *TIPO PASTIZAL*

El comportamiento hidrológico de un pastizal varía durante el año, ya que a través de éste se presentan patrones climáticos estacionales y por consecuencia diferentes épocas de crecimiento, para las comunidades de pastizal se consideran que están definidas primordialmente por la precipitación, temperatura, evaporación, luz solar y viento (Cantú, 1990).

La forma en que se presentan estos factores físicos determina las épocas de crecimiento y de letargo de las plantas, la mayoría de las especies de pastizales en el norte de México muestran que la primera se presenta en el verano y la segunda durante el invierno.

Las épocas de crecimiento afectan la disponibilidad de agua para las plantas, existiendo mayor humedad en la época de crecimiento que en la de letargo, esto debido a que durante el verano se presenta la mayor parte de las lluvias y la temperatura se incrementa provocando que el agua penetre al suelo con más viscosidad y por otro lado existen microporos sellados por el agua sólida como sucede en el invierno; lo que por consiguiente provoca la existencia de una mayor cobertura vegetal del suelo (Warren et al, 1986); de lo anterior se puede concluir que los cambios estacionales en el comportamiento hidrológico de un pastizal son causados por el cambio en la humedad del suelo, el impacto de las gotas

de lluvia, la adición y descomposición de la materia orgánica, el crecimiento de la planta y la actividad de los organismos del suelo.

De acuerdo con lo anterior Takar et al. (1990) nos dice que una lluvia intensa combinada con las diferentes características de la cobertura vegetal crea un ambiente de erosión, una rápida descomposición de las plantas y contribuye a que exista una gran variabilidad estacional de la entrada de agua al suelo y la pérdida de éste. Abdel-Magid et al. (1987) recomiendan que para tener una información más acertada sobre la variabilidad estacional o anual sobre el comportamiento hidrológico de una comunidad de pastizal, se requiere realizar evaluaciones a largo plazo.

Cobertura

La cobertura desde el punto de vista ecológico es una medida de la cantidad y distribución de la planta, siendo muy importante ya que da una mejor medida de la biomasa de la planta que el conocer el número de individuos (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974).

Por otra parte, Huss y Aguirre (1983) describen que la cobertura vegetal es la proyección de las porciones aéreas de la planta hacia abajo, y se expresa como porcentaje de la cubierta, pudiendo ser total o basal, pero siempre se considera a la cobertura sinónimo de área. Existen varios métodos para determinar la cobertura, pero ninguno de ellos implica la destrucción de la vegetación y además nos proporcionan

información respecto a los cambios que presentan los pastizales, ya que es uno de los principales atributos de la vegetación.

Velásquez y Gutiérrez (1990) consideran a la cobertura como un factor de vital importancia para conservar flujos energéticos de minerales e hidrológicos y de sucesión vegetal, convenientes para la producción del pastizal y al igual que Blackburn (1983) la consideran como la principal responsable de incrementar o reducir características físicas del suelo. Por otra parte, Gifford (1984) menciona que es de especial interés definir la cobertura para comunidades de plantas de las Zonas Áridas y Semiáridas, ya que ésta es de suma importancia en el proceso de distribución de la vegetación, además considera que la cobertura vegetal es la que reviste mayor importancia, ya que si ésta se redujera al mínimo, el papel que jugarían la cobertura de mantillo y grava sería muy cuestionado.]

Blackburn (1983) y Wood et al. (1989) afirman que la reducción de la cobertura puede ocasionar que se de un incremento en el impacto de las gotas de lluvia, un decremento de materia orgánica y agregados del suelo, aparición o incremento de costras en la superficie del suelo y por lo tanto una disminución en la disponibilidad de agua para las plantas; ya que como aseguran (McCalla et al., 1984; McGinty et al., 1979 y Gutiérrez y De Luna, 1989). la cobertura vegetal está generalmente relacionada positivamente a la entrada de agua al suelo y negativamente a la pérdida de suelo.

Thurrow et al. (1986) citan que la cantidad de cubierta vegetal es de mayor importancia comparada con el tipo de vegetación, ya que afirman que la protección de la estructura del suelo al impacto de las gotas de lluvia es la primordial función de la cobertura en la infiltración. De la misma manera, Bedunah y Sosebee (1985) afirman que la cobertura de la planta y la cosecha en pie de herbáceas son los factores que más afectan la condición hidrológica de un pastizal en donde no exista disturbio mecánico del suelo, aunque todavía consideran de mayor importancia la interacción entre las variables del suelo y la planta. Por otra parte, Gifford (1984) considera que la cobertura vegetal y el porcentaje de suelo desnudo, son las variables que más intervienen en el comportamiento hidrológico de un pastizal; y resalta que la cobertura interviene más como factor controlador de la erosión que la influencia que tiene con la entrada de agua al suelo, siendo la cantidad y la efectividad de la cobertura lo que más interés tiene, coincidiendo con esto otros autores como: Rawls et al. (1988), Johnson y Blackburn (1989) y Rostagno (1989).

Investigaciones Relacionadas

La mayoría de los estudios que se realizan para conocer la influencia que tienen los factores vegetativos, edáficos y bióticos de un pastizal en sus características hidrológicas giran dentro de un mismo contorno, para esto, Wood (1988) muestra como el manejo de los pastizales y diez variables del suelo y la planta interactúan e influyen en la infiltración (Figura 2.1), las cuales es necesario considerar al manejar el pastizal para evitar una baja infiltración y una alta

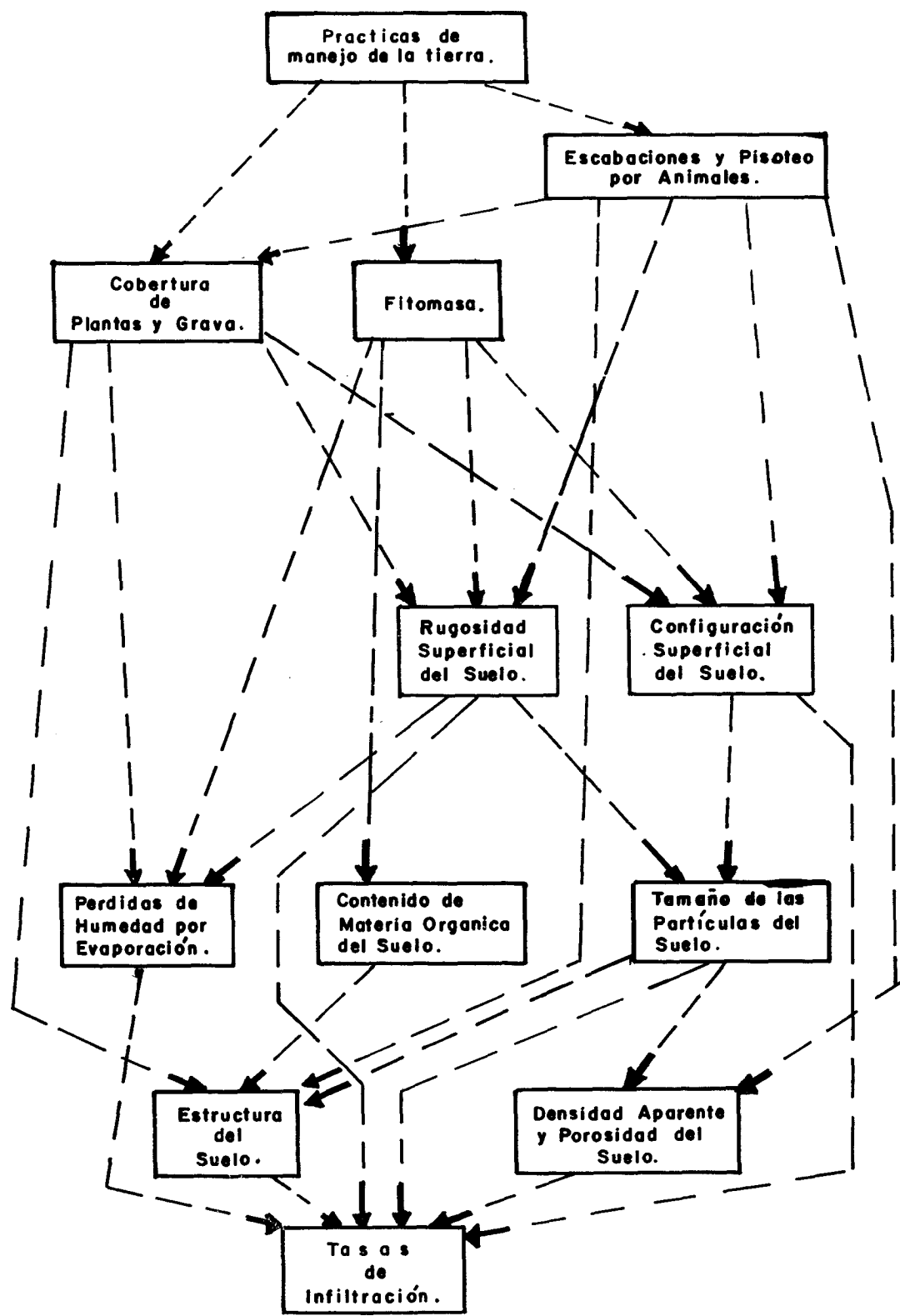


FIGURA 2.1 INFLUENCIA DEL MANEJO DE LOS PASTIZALES SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION (WOOD, 1988).

producción de sedimentos. En estos trabajos se comparan las respuestas que tienen la infiltración y/o la producción de sedimentos en ecosistemas de pastizal bajo metodologías y equipos sencillos, como la simulación de lluvia, que es una herramienta de gran valor en la evaluación del comportamiento hidrológico de los pastizales (Blackburn et al., 1982; Gamougoun, 1984; Gutiérrez et al., 1990; Rauzi y Smith, 1973; Thurow et al., 1986; Weltz y Wood, 1986b y Wilcox y Wood, 1988).

Por otra parte, se considera a los pastizales como comunidades inmersas en procesos ecológicos que varían con respecto al tiempo y que reflejan ciertos patrones hidrológicos. Spaeth (1990) realizó un estudio para estimar la infiltrabilidad con variables de predicción en cinco sitios de pastizal e identificar las posibles relaciones entre etapas sucesionales o condición del pastizal, diversidad y uniformidad de especies y las variables ambientales, dicho autor obtuvo que sólo a partir de los 50 min de prueba se obtiene diferencia significativa entre sitios de condición climax y la de condición pobre, y encuentra que las variables más importantes de predicción de la infiltrabilidad y la producción de sedimentos fueron: Biomasa, fitomasa, comunidad, condición del pastizal, cobertura aérea, biomasa de raíces y textura del suelo. De la misma forma Gutiérrez et al. (1991), al realizar un estudio para determinar los efectos del cambio de un matorral micrófilo inerme a un matorral halófito y un pastizal amacollado sobre las tasas de infiltración y la producción de sedimentos, concluyen que transformar el matorral micrófilo inerme mejora las condiciones hidrológicas de los suelos, siendo ésta última determinada por el suelo desnudo, fitomasa de gramíneas y contenido de arcilla.

Mas sin embargo, Busby y Gifford (1981) mencionan que la influencia que tiene la cubierta vegetal en la entrada de agua al suelo es mucho menos consistente cuando ésta es menor al 50 por ciento; de manera semejante Thompson (1968) también reporta que la vegetación no es un factor controlador de el comportamiento hidrológico de un pastizal cuando el porcentaje de cobertura es menor del 35 por ciento.

Gutiérrez et al. (1990) en un estudio que realizaron para determinar las variables del suelo y la vegetación que más influyen en el comportamiento hidrológico concluyen que la cobertura basal de zacates es la variable que más influencia tiene en éste.

Tromble et al. (1974), Brock et al. (1982) y Pluhar et al. (1987) al realizar sus trabajos también observan que la cantidad de suelo desnudo juega un papel muy importante, ya que es uno de los factores dominantes que controlan la entrada de agua al suelo de manera que se hace necesario que se incremente la cubierta vegetal para dar protección a la capa superficial y se disminuya la pérdida de suelo.

Por otro lado, el efecto que tienen las características del suelo en la entrada de agua al mismo y la producción de sedimentos no están sujetas a un solo factor, sino que destacan también microrrelieve, configuración de la superficie, humedad del suelo, contenido de materia orgánica, tamaño de partículas, estructura, densidad aparente y porosidad; pero, para Wood y Blackburn (1981b) y Wilcox et al. (1988) la infiltración en el suelo está regulada por factores edáficos, climáticos, topográficos, pero primordialmente por las características

de la vegetación, aunque para conocer la condición hidrológica de un pastizal no se pueden desligar estos factores.

Mc Ginty et al. (1979) en un estudio realizado para analizar la influencia del uso del suelo, el suelo mismo y la vegetación sobre la tasa de infiltración y producción de sedimentos, concluyen a través de un análisis de regresión múltiple, que las variables del suelo más asociadas con la infiltración fueron el contenido de humedad, seguido de la profundidad del suelo, el número de depresiones y la densidad aparente, mientras que las variables más asociadas a la producción de sedimentos fueron la profundidad del suelo y después el contenido de humedad y la capacidad de campo.

En un estudio que realizaron para determinar la producción de sedimentos de un sitio de pastizal y conocer las variables que influyen dicha producción, Wood y Blackburn (1981a) concluyen que la variable más importante es la estabilidad de agregados, seguida de el contenido de materia orgánica, más sin embargo estas dos variables se ven afectadas por otras variables del suelo y vegetación.

Por otra parte, Weltz y Wood (1986a) al realizar un estudio para determinar la influencia del uso de un pastizal sobre la erosión del suelo, la cual es expresada como concentración de sedimentos y producción de sedimentos totales, encuentran que la concentración de sedimentos fue alta donde existe escasa cobertura y el escurrimiento fue poco debido a la presencia de mayor cobertura vegetal, además atribuyen este comportamiento a que tal vez el suelo tenga una estructura más

estable, lo que permite que éste no sea fácilmente erodable en comparación a los suelos pulverizados que presentan los pastizales con mayor uso, ya que el tamaño de partículas del suelo fue similar en todos los tratamientos; siendo éste último otro de los factores que afectan la infiltración y que es fácilmente medible.

Gutiérrez et al. (1990) al evaluar las tasas de infiltración y la producción de sedimentos en tres suelos de pastizal concluyen que la fracción de arena es una variable del suelo que influyó positivamente en las tasas de infiltración, así como también influyó la producción de sedimentos, mientras que Sánchez (1984) encontró que las fracciones de arcilla y limo tenían una relación positiva con la tasa de infiltración y una relación negativa con la producción de sedimentos y que la fracción de arena muestra un comportamiento inverso al igual que la densidad aparente. Aunque Abdel-Magid et al. (1987) indican que la densidad aparente no puede ser el principal factor que controla la tasa de infiltración, ya que en un estudio que realizó para ver cómo la densidad aparente y el agua infiltrada eran afectadas por el uso del pastizal, observaron que la tendencia de la tasa de infiltración no sigue la de la densidad aparente.

Por otro lado, Wilcox y Wood (1988) en un estudio realizado para determinar las diferencias en infiltración y erosión en diferentes pendientes y ver la influencia de los factores suelo/vegetación/pendiente que controlan la infiltración y la erosión, concluyen que la cobertura aérea vegetal influye grandemente a la infiltración y la erosión, a diferencia de la cobertura basal, ya que

ésta fue correlacionada con la pendiente, y la pendiente tiene una relación similar con la infiltración, mientras que la erosión fue mucho mayor donde la pendiente es más pronunciada.

MATERIALES Y METODOS

Area General de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental Ganadero "Los Angeles", ubicado al Sur de la ciudad de Saltillo, a 34 Km sobre la carretera Saltillo-Concepción del Oro y siguiendo 14 Km de terracería sobre el camino a la Hedionda; presenta una superficie total de 6148 ha, divididas en 20 pastas de diferentes dimensiones (Figura 3.1); el rancho se ubica geográficamente entre los $25^{\circ}04'12''$ y $25^{\circ}08'5''$ de Latitud Norte y los $100^{\circ}58'07''$ y $101^{\circ}03'12''$ de Longitud Oeste, presentando alturas sobre el nivel del mar de 2100 a 2400 metros.

Clima

De acuerdo con Mendoza (1983), el rancho "Los Angeles" presenta un clima del tipo BS1kw(e') que según García (1978) expresa lo siguiente:

- BS1: Clima semiárido estepario, con cociente P/T mayor de 22.9 siendo estos los más secos
- k: Temperatura media anual inferior a los 18°C .
- w: Régimen de lluvia de verano, por lo menos 10 veces mayor la cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año, que es el mes más seco.
- (e'): Muy extremo, diferencia de temperatura entre el mes más frío y el mes más caliente 14°C .

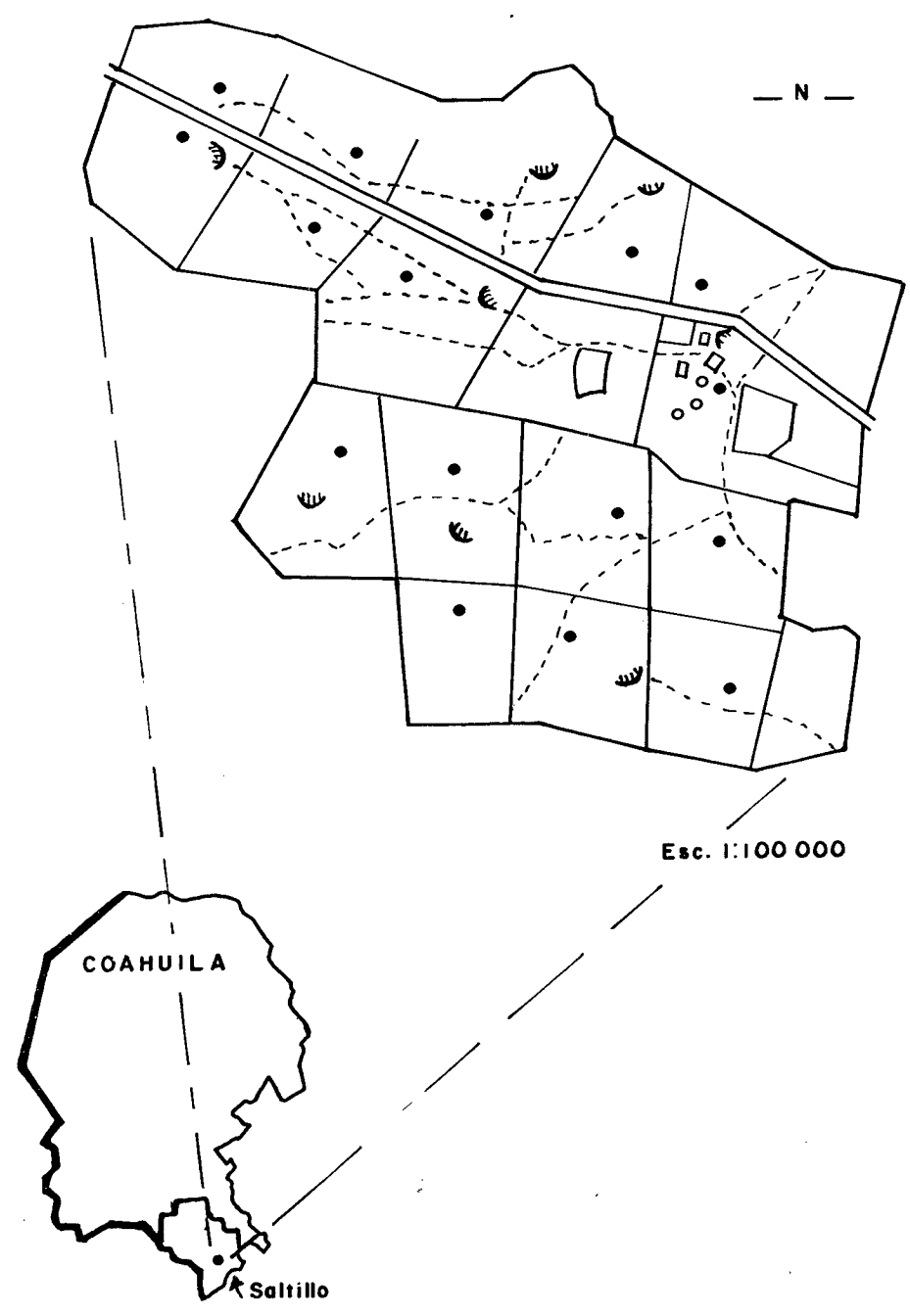


FIGURA 3.1 UBICACION Y PLANO DE INFRAESTRUCTURA DEL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO "LOS ANGELES" (TOMADO DE SERRATO ET AL., 1983).

De acuerdo con los datos registrados de 1975 a 1989 en la estación agrometeorológica del rancho, la precipitación pluvial se presenta generalmente en los meses de mayo a septiembre, siendo más abundantes en julio y agosto, presenta una precipitación total anual media de 307.2 mm. La temperatura fluctua entre los 40°C en el mes de agosto y los 3°C en el mes de marzo (Figura 3.2), teniendo una temperatura media anual promedio de 13.7°C.

La evaporación que se presenta mensualmente rara vez es superior a los 200 mm, y si se llegan a presentar son en los meses de abril, mayo y junio y los valores menores a 100 mm por lo regular se presentan en el mes de diciembre. El valor medio de humedad relativa que se presenta es superior al 70 por ciento, presentándose los valores más altos en el invierno y los meses más lluviosos, llegando a presentarse valores por arriba del 90 por ciento (Mendoza, 1983).

Geología

La estructura geológica principal del rancho, es el anticlinal de Carneros, el cual está asentado en una zona de rocas sedimentarias, principalmente calcáreas en las colinas; en las depresiones que presentan los anticlinales se han llevado a cabo las formaciones más recientes y son de aluvión; la geología de esta área data de las Eras Mesozoica y Cenozoica, periodos Cretácico Inferior (Ki) y Cenozoico Superior Clástico (Csc) (COTECOCA, 1979).

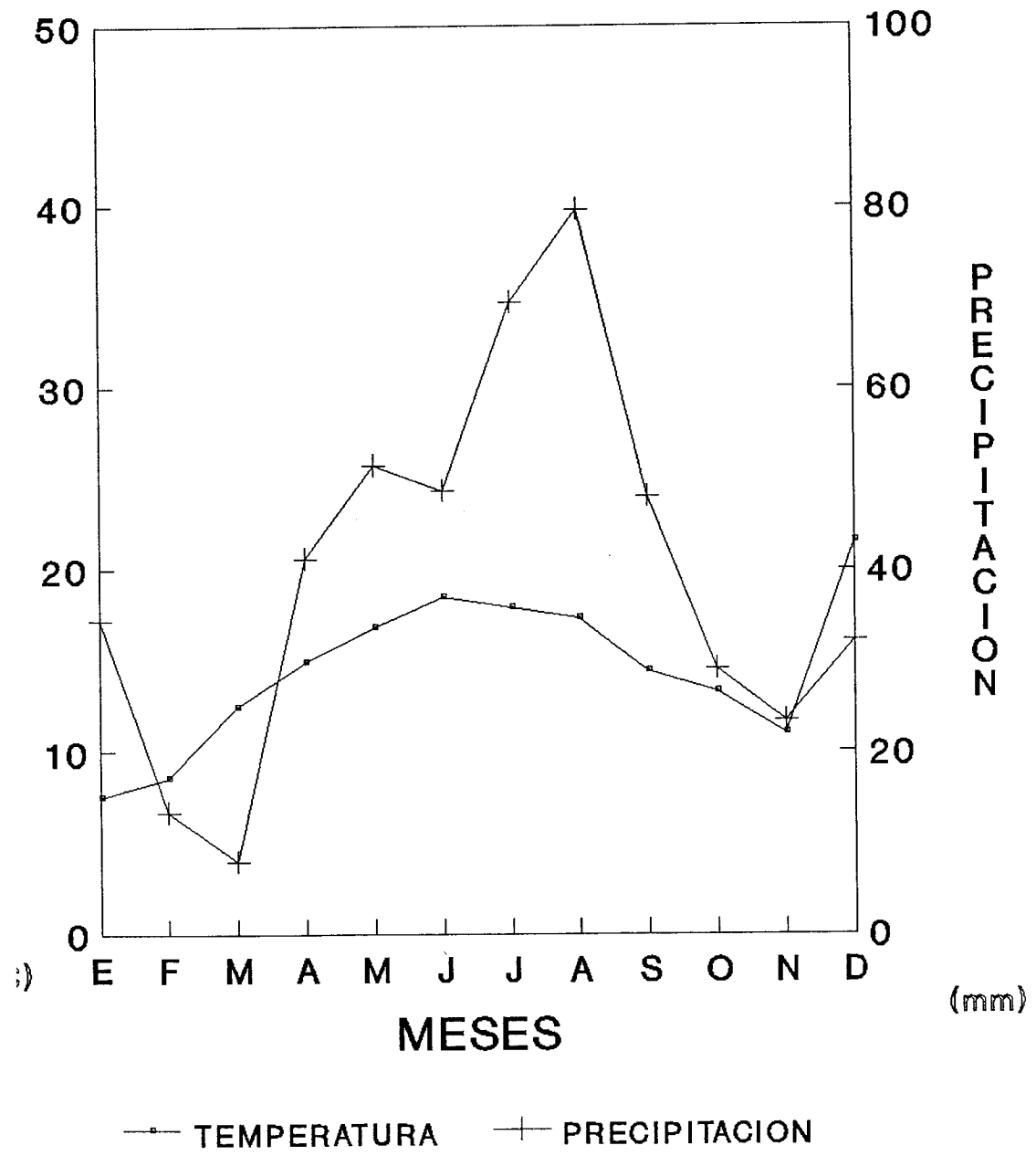


FIGURA 3.2 CLIMOGAMA DE GAUSSEN PARA EL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO "LOS ANGELES"

Hidrología

Dentro del área no se encuentra ninguna corriente superficial perenne, por lo que sólo en las laderas de las sierras se han formado pequeñas cárcavas, pero sin llegar a existir ningún arroyo dentro del rancho, existen algunos aguajes pequeños, pero sólo captan bajos volúmenes de agua superficial; según Serrato et al. (1983) el nivel freático regional del agua subterránea es del orden de los 190 m de profundidad.

Suelos

Por su origen los suelos en los valles son aluviales, profundos de 2 a 15 m aproximadamente, presentan un horizonte superficial oscuro, ricos en materia orgánica y de textura arcillosa, los cuales ocupan el cuarenta por ciento de la superficie total del rancho; mientras que en las laderas los suelos son coluviales, a diferencia de los que se encuentran en los llanos, ya que son más susceptibles a la erosión; los suelos de la parte alta de la sierra correspondiente a los bosques piñoneros son suelos forestales ricos en materia orgánica y humus (Sierra, 1980; Gutiérrez et al. 1990). Por otro lado, Valdés et al. (1986) reporta la presencia de los ordenes de suelo Molisol, Aridisol y Entisol dentro del rancho Los Angeles.

Vegetación

La superficie del rancho es representativa de siete ecosistemas importantes para la ganadería del Norte de México; de acuerdo con Vásquez (1973), los diferentes ecosistemas del rancho se encuentran representados por siete tipos de vegetación bien definidos y son:

- a) Pastizal Mediano Abierto
- b) Pastizal Amacollado
- c) Pastizal Rosetófilo
- d) Izotal
- e) Matorral esclerófilo
- f) Bosque de Pino Encino y,
- g) Matorral de Dasylirion con pastos amacollados

La determinación de estos tipos de vegetación se realizó en base a su forma de vida, tamaño de las formas de vida, forma y tamaño de las hojas, textura de las hojas, función y cobertura (Figura 3.3.).

Area de Estudio

El trabajo se realizó en la pasta número diez del rancho Los Angeles, la cual tiene una superficie de 316.5 ha y se localiza en la parte Noroeste del rancho (Figura 3.3).

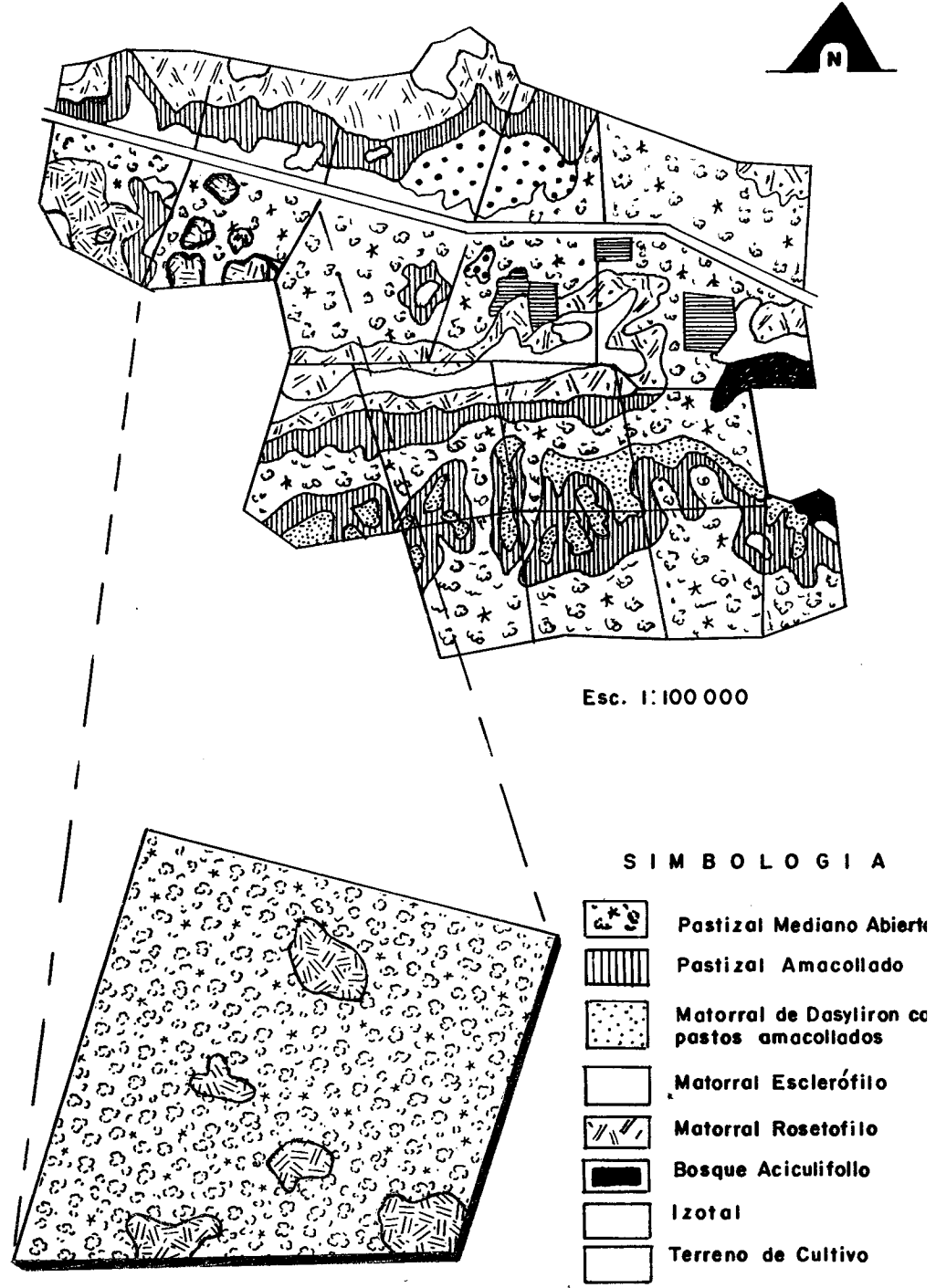


FIGURA 3.3 TIPOS DE VEGETACION DEL RANCHO EXPERIMENTAL GANADERO "LOS ANGELES" Y UBICACION DEL SITIO EXPERIMENTAL

Vegetación

La vegetación predominante en esta pasta es el Pastizal Mediano Abierto, ya que ocupa el noventa y cinco por ciento y el otro cinco por ciento está ocupado por Matorral Rosetófilo (Figura 3.3), para este estudio el área de interés es la ocupada por el Pastizal Mediano Abierto, el cual se localiza en los valles, las principales especies que se encuentran formando este tipo son: Buchloe dactyloides, Bouteloua curtipendula, B. gracilis, B. uniflora, B. hirsuta, Leptochloa dubia y Muhlenbergia repens.

Suelos

De acuerdo a las características físicas y químicas de los suelos de la pasta en que se llevó acabo el estudio el suelo puede clasificarse dentro del orden Molisol suborden xerol, gran grupo calcixerol, subgrupo calcixerol arídico, familia calcixerol arídico arcilloso montmorillonítico térmico, descrito por Valdés et al. (1986). Los suelos en esta pasta son de textura arcillosa, de origen aluvial, con un horizonte superficial rico en materia orgánica, moderadamente permeable, la estructura varía de bien a pobremente desarrollada y un pH entre 7.7 y 7.8.

Materiales

Se utilizó un simulador de lluvias basado en el diseño reportado por Blackburn et al. (1974); este simulador va montado sobre un

remolque, está compuesto por un tanque de almacenamiento de agua de 1000 lt de capacidad, de donde el agua es bombeada a un tanque elevado a 3.5 m de la superficie del suelo (Figura 3.4), el cual tiene una capacidad de 200 lt; de aquí el agua fluye por gravedad a un sistema de filtros y pasa posteriormente a través de un flujómetro, donde se regula el paso del agua y la intensidad de lluvia para después enviarla al módulo formador de gotas.



FIGURA 3.4 SIMULADOR DE LLUVIAS DISEÑADO EN LA UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO.

Este módulo está construido con dos placas de acrílico sobrepuestas de 1.21 m^2 , con un espaciamiento de 1.25 cm, sujetas por un marco de aluminio completamente sellado, como se puede apreciar en la parte posterior están insertados tubos capilares a un espaciamiento uniforme; los tubos capilares tienen un diámetro interior de 0.5 mm aproximadamente, y sobresalen 6.4 mm hacia abajo de la placa de acrílico. El módulo se coloca a 2.13 m del suelo, para que las gotas de lluvia simulada alcancen un valor mayor al 70 por ciento de la energía cinética de la lluvia natural, este simulador puede llegar a producir una intensidad de lluvia desde 30 hasta 220 mm/hr.

Además se utilizó instrumental como: Recipientes graduados para coleccionar los escurrimientos, cancel de lona con marco metálico, para disminuir el efecto del viento sobre la lluvia, cubierta de plástico para proteger la parcela antes de que la lluvia cayera en forma homogénea, envases de plástico de un litro para coleccionar las muestras de escurrimiento para análisis de laboratorio, cronómetro para control del tiempo para toma de lecturas y aplicación de lluvia, extractor de núcleos para muestra de suelos para obtener contenido de humedad y densidad aparente, marco de puntos para cobertura, cinta métrica, tijeras de podar, pico, pala, mazo, báscula, bolsas de plástico y papel, hojas de reporte de tasas de infiltración, porcentaje de cobertura, y peso de muestras de suelo, lápices, marcador y camioneta

Metodología

Para la selección del área experimental, se realizó un recorrido por el rancho previo a la toma de datos, en el cual se eligió la pasta 10, para que ahí se ubicaran las parcelas experimentales, ya que esta pasta presentó las características necesarias para implementar los tratamientos, dicha pasta cuenta con un 95 por ciento de Pastizal Mediano Abierto y muestra diferentes coberturas vegetales, además presentaba dos años de descanso, lo cual permite reducir el impacto del animal sobre los procesos que se estudian en el presente trabajo.

Estimación de los Factores de la Vegetación

Cobertura Aérea y Basal

El porcentaje de cobertura aérea y basal considerando gramíneas, herbáceas, mantillo orgánico, grava y suelo desnudo se estimaron a través del método de puntos de contacto (Pieper, 1978), utilizando un marco de diez agujas espaciadas cada diez centímetros.

Estimación de los Factores del Suelo

Contenido de Humedad y Densidad Aparente

Previo a la simulación de las lluvias y en las proximidades de cada parcela experimental se colectó una muestra de suelo de 52.9 centímetros cúbicos, la cual se pesó para después ser llevada a la

estufa para su secado, donde permaneció por un período de 24 horas a 105°C, para después de este lapso ser pesada nuevamente; con estos datos se obtuvo el contenido de humedad por el método gravimétrico y la densidad aparente se estimó por la relación entre el volumen de la muestra y el peso seco del suelo.

Textura y Contenido de Materia Orgánica

Al término de cada prueba, se colectó una muestra de suelo de cada parcela experimental en el horizonte 0-15, para después llevarse las muestras al laboratorio para su análisis, determinándose en ellas la textura por el método del hidrómetro de Bouyoucos y el contenido de materia orgánica por el método de Walkley y Black.

Simulación de lluvias

Como primer paso se instaló el cuadrante metálico en el suelo a una profundidad de diez centímetros aproximadamente; posteriormente, se montó, centró y niveló el módulo formador de gotas sobre el cuadrante instalado; a continuación se puso a trabajar el simulador pero antes de llenar el módulo se cubrió la parcela con un plástico para mantenerla seca mientras se homogenizaba la intensidad de lluvia seleccionada, para después iniciar la prueba retirando el plástico de la parcela.

Las parcelas de muestreo sobre las cuales se simuló la lluvia fueron de un metro cuadrado y estuvieron deslindadas por un marco

metálico de quince centímetros de altura en tres de sus lados, mientras que el otro lado queda al ras del suelo, y al cual se le adapta un colector de escurrimientos.

Obtención del Escurrimiento Total

Las pruebas de simulación se corrieron durante 60 minutos, aplicando una tasa de lluvia de 137.5 mm/hr, la cual se consideró un valor superior a la capacidad de infiltración de los suelos, de manera que se garantizó que ocurriera escurrimiento en todos los sitios; dicho escurrimiento se colectó durante toda la hora a intervalos de cinco minutos, de ahí se determinó y registró el escurrimiento total.

Estimación de la Infiltración

Las tasas de infiltración para cada parcela se calcularon a partir de la diferencia de la lluvia simulada y el escurrimiento obtenido a cada cinco minutos, ya que se aseguró que éste ocurriera en todos los sitios.

Determinación de la Concentración de Sedimentos

Del volumen total de escurrimiento colectado se obtuvo una muestra de un litro, para posteriormente en el laboratorio con papel filtro separar los sedimentos, los cuales fueron secados por 24 horas a una temperatura de 65 grados centígrados y pesados y así obtener la concentración de sedimentos en gramos por litro.

Determinación de la Producción de sedimentos

Posteriormente multiplicando la concentración de sedimentos por el escurrimiento captado durante la prueba, se calculó la producción total de sedimentos expresándola en kg/ha para cada parcela experimental.

Análisis Estadístico

Descripción de los Tratamientos

Para cumplir con los objetivos planteados y determinar el efecto de cobertura vegetal se definieron cinco rangos fluctuando desde cero hasta más del ochenta por ciento, y para cumplir con los objetivos mencionados se tomaron datos durante las épocas de crecimiento y letargo, utilizando para ello los siguientes factores:

Factor A - Epocas de Crecimiento

A_1 = Crecimiento

A_2 = Letargo

Factor B - Cobertura Vegetal (%)

B_1 = 0 - 10

B_2 = 20 - 30

B_3 = 40 - 50

B_4 = 60 - 70

B_5 = > - 80

Por lo cual se trabajó con diez tratamientos utilizándose además 5 repeticiones por tratamiento.

Diseño Estadístico

Los datos muestrales se analizaron bajo un diseño Completamente al Azar con arreglo factorial de tratamientos y corrección por covarianza para evaluar el comportamiento de diferentes porcentajes de cobertura y la época de crecimiento, sobre las tasas de infiltración a intervalos definidos, concentración de sedimentos, escurrimientos superficiales y producción de sedimentos total, donde se consideró al contenido de humedad como covariable.

De acuerdo con Ostle (1983) el modelo matemático que se considera es:

$$Y_{ijk} = \mu + \zeta_i + \beta(X_i - \bar{X}) + \xi_{ij}$$

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij}(k) + \beta(X_{ijk} - \bar{X}) + \xi_{ij}(k).$$

Y_{ijk} = Observación que se debe a la combinación del nivel i-ésimo del factor A con el j-ésimo del factor B en la k-ésima repetición.

μ = Media general del experimento

A_i = Efecto del i-ésimo nivel de A

B_j = Efecto del j-ésimo nivel de B

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i-ésimo nivel de A con el j-ésimo nivel de B.

- β = Coeficiente de regresión que nos sirve para tomar en el efecto del valor observado de la covarible de respuesta Y_{ijk} .
- X_{ijk} Valor que toma la covariable en la k-ésima repetición cuando se ha aplicado el i-ésimo y j-ésimo tratamiento.
- ξ_{ij} = Error experimental que se considera una variable aleatoria, que se distribuye normal e independientemente como media cero y varianza común.

Prueba de Medias

Posteriormente al análisis de covarianza se realizó una prueba de medias, utilizando el método de Tukey, el cual se expresa de acuerdo con Reyes (1978) con la siguiente fórmula:

$$D = q \cdot \bar{Sx}$$

donde: D = Valor teórico común o diferencia mínima significativa.

q = Valor tabular de t modificado.

\bar{Sx} = Error estándar de la media.

Análisis de Correlación

Para delimitar las variables del suelo y vegetación que influyen en mayor grado a las tasas de infiltración a tiempos definidos, concentración de sedimentos, escurrimiento total y producción de sedimentos se procedió de la siguiente manera (Steel y Torrie, 1985):

- Todas las variables expresadas en porcentaje fueron transformadas a valores angulares para poder asumir una distribución normal . La expresión de transformación es:

$$Y = \text{arc sen } \sqrt{Xi}$$

- Para evitar la dependencia lineal que presentaban algunas variables, se realizó una correlación parcial entre ellas para eliminar las que presentaron el coeficiente más bajo.
- Finalmente se realizó un stepwise para obtener las variables más relacionadas con la infiltración, la concentración de sedimentos, el escurrimiento total y la producción de sedimentos.

1. LEVIS DE TRABAJO
RESULTADOS

Infiltración

Los resultados de las tasas de infiltración se reportan en el Apéndice A; mientras que valores medios de las tasas de infiltración obtenidos en las pruebas de campo son mostrados en el Cuadro 4.1; en el mismo se puede observar que la absorción del agua por el suelo es mayor conforme se aumenta el porcentaje de cobertura vegetal a cualquier tiempo; dicho comportamiento de la infiltración es similar en las dos épocas sometidas a evaluación. En el mismo cuadro, se observa que en términos generales la infiltración presentó valores mayores durante la época de crecimiento comparada con la época de letargo a cualquier tiempo y en todos los rangos de cobertura estudiados.

El análisis estadístico realizado a los datos muestrales para determinar el efecto que presentan las épocas de crecimiento y letargo (factor A), los intervalos de porcentaje de cobertura vegetal (factor B) y la interacción de ambos factores (AxB) sobre las tasas de infiltración en un Pastizal Mediano Abierto del Rancho Experimental y Ganadero Los Angeles muestran que, las épocas de crecimiento (factor A) sólo tiene efecto en la entrada del agua al suelo en los tiempos 10, 15, 20 y 25 min después de haber iniciado la simulación de la lluvia; mientras que, el impacto de la cobertura vegetal se aprecia a partir de los 10 min y hasta el término de la aplicación del agua; por otro lado, debe

CUADRO 4.1 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) OBTENIDAS EN LAS PRUEBAS DE CAMPO PARA TODOS LOS TRATAMIENTO UTILIZADOS.

| TIEMPO (MIN) | T R A T A M I E N T O S | | | | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | A 1 | | | | | A 2 | | | | |
| | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 |
| 5 | 12.9 | 12.3 | 13.1 | 13.7 | 13.7 | 11.7 | 12.9 | 13.3 | 13.7 | 13.6 |
| 10 | 9.8 | 8.3 | 10.1 | 13.1 | 13.3 | 3.6 | 7.0 | 7.8 | 13.0 | 12.9 |
| 15 | 7.4 | 6.2 | 6.8 | 11.0 | 12.6 | 2.5 | 3.7 | 3.9 | 9.7 | 10.7 |
| 20 | 5.0 | 6.0 | 6.4 | 9.6 | 12.0 | 2.6 | 2.7 | 3.7 | 7.7 | 10.6 |
| 25 | 4.6 | 5.4 | 5.6 | 9.9 | 12.0 | 2.4 | 2.8 | 3.3 | 8.1 | 10.8 |
| 30 | 4.6 | 5.0 | 5.1 | 9.8 | 12.0 | 2.6 | 3.0 | 3.3 | 7.9 | 11.0 |
| 35 | 4.0 | 4.4 | 5.2 | 9.5 | 12.1 | 2.6 | 3.0 | 3.6 | 8.4 | 11.0 |
| 40 | 4.2 | 4.8 | 6.0 | 9.7 | 12.2 | 2.6 | 3.0 | 3.6 | 8.7 | 11.1 |
| 45 | 3.4 | 4.8 | 5.4 | 9.3 | 11.9 | 2.7 | 3.0 | 3.6 | 8.7 | 10.9 |
| 50 | 2.8 | 4.4 | 5.4 | 9.0 | 12.2 | 2.8 | 3.0 | 3.4 | 8.8 | 11.0 |
| 55 | 2.7 | 4.5 | 5.7 | 9.5 | 12.1 | 3.0 | 3.0 | 3.4 | 9.0 | 10.9 |
| 60 | 2.6 | 3.9 | 5.4 | 9.3 | 12.0 | 2.6 | 3.0 | 3.6 | 9.1 | 11.1 |

mencionarse que, la interacción de los dos factores (AxB) utilizados en el presente estudio sólo afecta la infiltración en forma altamente significativa a los 5 min y en forma significativa a los 10 min (Cuadro 4.2).

Por otra parte, en el Cuadro 4.3 se muestran los resultados obtenidos al realizar la prueba de medias de Tukey; en dicho cuadro, las medias de los datos muestrales señalan de manera general, que cuando la cobertura vegetal fluctua de 0 al 50 por ciento, las tasas de infiltración presentan valores estadísticamente similares entre ellos, un comportamiento semejante se observa cuando se tiene una cobertura vegetal del suelo que varía del 60 al 100 por ciento, este comportamiento se presenta tanto en la época de crecimiento como en la de letargo. Cabe señalar que, los pastizales con un porcentaje de cobertura vegetal menor al 50 por ciento son estadísticamente diferentes a aquellos que están cubiertos por plantas en un porcentaje mayor al 60 por ciento. Los datos muestran en términos generales que, las tasas de infiltración son similares entre las dos épocas evaluadas en los sitios con diferentes porcentajes de cobertura en los diversos tiempos; como excepción a lo anterior se puede mencionar que tanto a los 10 min como a los 15 min en los sitios con un rango de cobertura vegetal entre 0 y 10 por ciento, la prueba de medias señala que existe diferencia entre la infiltración del suelo durante la época de crecimiento cuando es comparada con la época de letargo.

CUADRO 4.2 SIGNIFICANCIA DEL EFECTO DEL FACTOR EPOCAS DE CRECIMIENTO (A) DEL FACTOR COBERTURA VEGETAL (B) Y SU INTERACCION EN TIEMPOS DETERMINADOS SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO DEL RANCHO LOS ANGELES.

| TIEMPO | FACTOR A [*] | FACTOR B ^{***} | AXB |
|--------|-----------------------|-------------------------|---------------|
| 5 | 0.512988 N.S. | 1.054343 N.S. | 5.988712 ** |
| 10 | 5.027400 * | 14.999100 ** | 2.675320 * |
| 15 | 10.146966 ** | 24.105900 ** | 1.307600 N.S. |
| 20 | 9.865400 ** | 28.698000 ** | 0.498000 N.S. |
| 25 | 5.362700 * | 30.761000 ** | 0.325900 N.S. |
| 30 | 3.826000 N.S. | 33.368000 ** | 0.237400 N.S. |
| 35 | 1.449800 N.S. | 31.120600 ** | 0.117300 N.S. |
| 40 | 1.617600 N.S. | 31.423000 ** | 0.304200 N.S. |
| 45 | 0.506300 N.S. | 29.762100 ** | 0.443500 N.S. |
| 50 | 0.379300 N.S. | 36.199500 ** | 0.619200 N.S. |
| 55 | 0.493500 N.S. | 38.394000 ** | 0.859300 N.S. |
| 60 | 0.081200 N.S. | 36.802000 ** | 0.467600 N.S. |

^{*} Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.09317, 7.33531

^{***} Valores de tablas (0.05), (0.01) = 2.61275, 3.84288

CUADRO 4.3 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) A INTERVALOS DE TIEMPO DETERMINADOS EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS Y RESPUESTA A LA PRUEBA DE MEDIAS DE TUKEY.

| TRATAMIENTO | T I E M P O (MIN) | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| A1B1 | 12.9 ab | 9.7 ab | 7.4 bcd | 5.0 de | 4.6 bc | 4.6 cd | 4.0 c | 4.2 d | 3.4 d | 2.8 c | 2.7 c | 2.6 c |
| A1B2 | 12.3 ab | 8.3 abc | 6.2 cde | 6.0 cde | 5.4 bc | 5.0 cd | 4.4 bc | 4.8 cd | 4.8 cd | 4.4 c | 4.5 c | 3.9 c |
| A1B3 | 13.1 ab | 10.1 ab | 6.8 bcd | 6.4 cde | 5.6 bc | 5.1 cd | 5.2 bc | 5.6 bcd | 5.4 bcd | 5.4 bc | 5.7 bc | 5.4 bc |
| A1B4 | 13.7 a | 13.3 a | 11.0 ab | 9.6 abc | 9.9 a | 9.8 ab | 9.5 a | 9.6 ab | 9.3 ab | 9.0 ab | 9.5 ab | 9.3 ab |
| A1B5 | 13.7 a | 13.3 a | 12.6 a | 12.0 a | 12.0 a | 12.0 a | 12.1 a | 12.2 a | 11.9 a | 12.2 a | 12.0 a | 12.0 a |
| A2B1 | 11.7 b | 3.6 c | 2.5 e | 2.6 e | 2.4 c | 2.6 d | 2.6 c | 2.6 d | 2.7 d | 2.8 c | 3.0 c | 3.0 c |
| A2B2 | 12.9 ab | 7.0 bc | 3.7 de | 2.7 e | 2.8 c | 3.0 d | 3.0 c | 3.0 d | 3.0 d | 3.0 c | 3.0 c | 3.0 c |
| A2B3 | 13.3 ab | 7.8 bc | 3.9 de | 3.7 e | 3.3 c | 3.3 d | 3.6 c | 3.6 d | 3.6 d | 3.4 c | 3.4 c | 3.6 c |
| A2B4 | 13.7 a | 13.0 a | 9.7 abc | 7.7 bcd | 8.1 ab | 7.9 bc | 8.4 ab | 8.7 abc | 8.7 abc | 8.8 ab | 9.0 ab | 9.1 ab |
| A2B5 | 13.7 a | 12.9 a | 10.7 ab | 10.6 ab | 10.8 a | 11.0 ab | 11.1 a | 11.1 a | 10.9 a | 11.0 a | 10.9 a | 11.0 a |

Los valores con letra igual entre hileras indican que no existe diferencia entre tratamientos.

Concentración de Sedimentos

Los resultados obtenidos sobre concentración de sedimentos se muestran en el Apéndice B y al ser analizados estadísticamente para observar el efecto de las épocas de crecimiento (factor A), de la cobertura vegetal (factor B) y de la interacción de ambos (Cuadro 4.4), muestra que esta concentración de sedimentos se ve afectada en forma altamente significativa por la cobertura vegetal (factor B) y en forma significativa por la interacción de los factores (AxB).

CUADRO 4.4 VALORES DE SIGNIFICANCIA GENERADOS EN LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA LAS EPOCAS DE CRECIMIMIENTO (FACTOR A), COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) Y SU INTERACCION SOBRE LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS, EL ESCURRIMIENTO TOTAL Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS DE UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO DEL RANCHO LOS ANGELES.

| F. V. | G. L. | CONCENTRACION DE SEDIMENTOS | ESCURRIMIENTO TOTAL | PRODUCCION DE SEDIMENTOS |
|----------|-------|-----------------------------|---------------------|--------------------------|
| FACTOR A | 1** | 3.3099124 ns | 6.42087072 * | 6.9085607 * |
| FACTOR B | 4*** | 18.5860985 ** | 38.24491170 ** | 29.4017673 ** |
| A x B | 4*** | 3.7339538. * | 0.24717307 ns | 4.1373249 * |

** Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.09317, 7.33531

*** Valores de tablas (0.05), (0.01) = 2.61275, 3.84288

En lo que respecta a la prueba de medias de Tukey realizada a la concentración de sólidos, para conocer las diferencias entre tratamientos cabe señalar que existe una diferencia muy acentuada entre épocas, cuando el suelo presenta una cobertura vegetal entre el 0 y el 10 por ciento, siendo más alta la concentración en el letargo; mientras que para las coberturas vegetales mayores del 20 por ciento no existe diferencia entre épocas (Figura 4.1). En la misma figura se muestra que

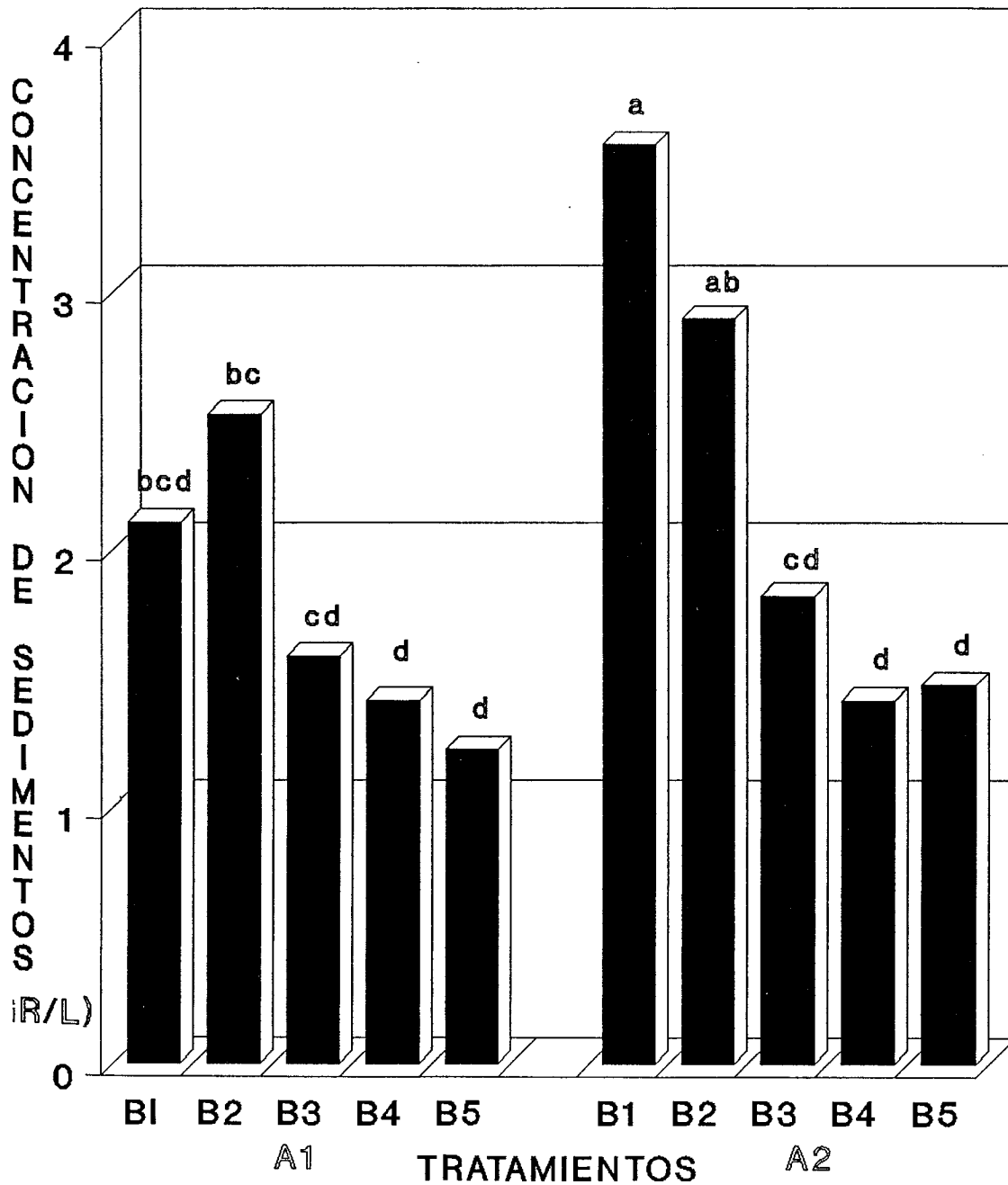


FIGURA 4.1 DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS.

no existe diferencia entre coberturas por arriba del 40 por ciento, ni entre coberturas menores a ese porcentaje en ambas épocas.

Escurrimiento Total

Los datos muestrales del escurrimiento total se presentan en el Apéndice C y en el Cuadro 4.4 se observa que el escurrimiento que es el medio por que se transportan los sedimentos, se ve influenciado significativamente por la época de crecimiento (factor A) y altamente significativo por la cobertura vegetal (factor B), esto al ser analizado estadísticamente.

Por otro lado, al realizar la prueba de medias de Tukey para conocer las diferencias entre los tratamientos utilizados en el presente estudio, el escurrimiento total muestra una relación negativa con la cobertura vegetal en ambas épocas (Figura 4.2) además, se puede apreciar que en esa figura una clara semejanza tanto durante la época de crecimiento como en la de letargo en los sitios en cobertura vegetal entre 0 y 50 por ciento y entre los tratamientos con una cobertura vegetal mayor al 60 por ciento.

Producción de Sedimentos

Los datos que se obtuvieron sobre producción de sedimentos, se presentan en el Apéndice D; al ser analizados estadísticamente como se puede apreciar en el Cuadro 4.4, muestran que la producción de sedimentos se ve afectada significativamente tanto por las épocas de

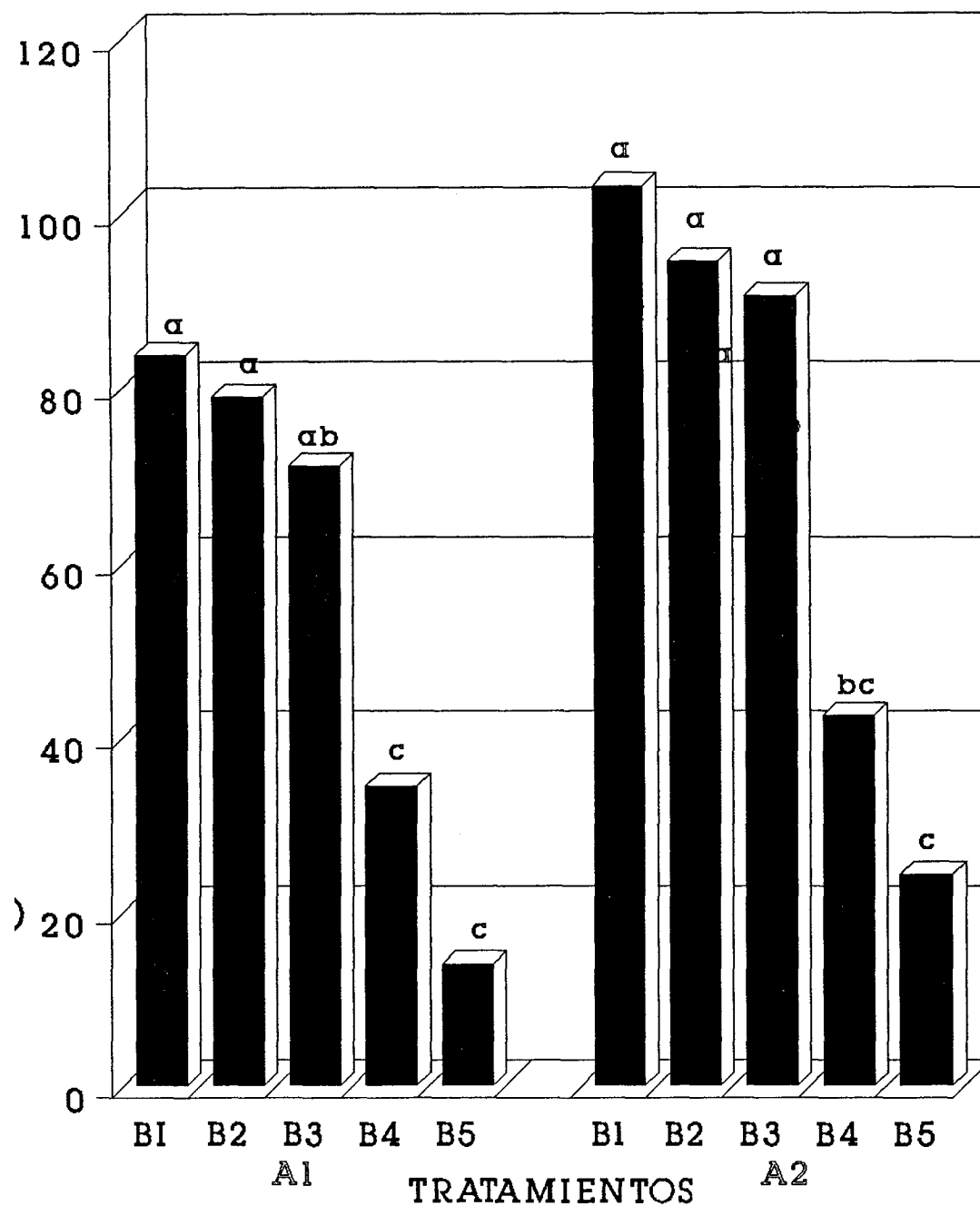


FIGURA 4.2 DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA EL ESCURRIMIENTO TOTAL.

crecimiento (factor A) como por la interacción épocas de crecimiento-cobertura vegetal (AxB) y en forma altamente significativa por la cobertura vegetal (B).

Por otra parte, en la Figura 4.3 se muestra la diferencia de medias entre tratamientos generada con la prueba de Tukey para la producción de sedimentos, en ella se puede observar que cuando se tiene cubierto el suelo con menos del 10 por ciento las épocas de crecimiento tienen influencia en dicha producción; por arriba del 20 por ciento de cubierta las épocas no tiene influencia. En lo que respecta al factor B, los análisis muestran que en los pastizales con cobertura menor al 30 por ciento no se presentan valores de producción de sedimentos diferentes entre ambas épocas, también se observa que con cobertura por arriba del 40 por ciento en la época de letargo y por arriba del 60 por ciento en la época de crecimiento no se presentan diferencias en producción de sedimentos.

Variabes de la Vegetación

Los datos de cobertura vegetal se presentan en el Apéndice E; valores medios de cobertura vegetal tanto aérea como basal, se presenta en el Cuadro 4.5, en él se muestra una tendencia similar en lo que respecta a la cobertura de gramíneas para las épocas de crecimiento; mientras que cuando se estimó la cobertura basal el mantillo presentó datos menores en la época de crecimiento que en el letargo desde coberturas del 10 al 100 por ciento.

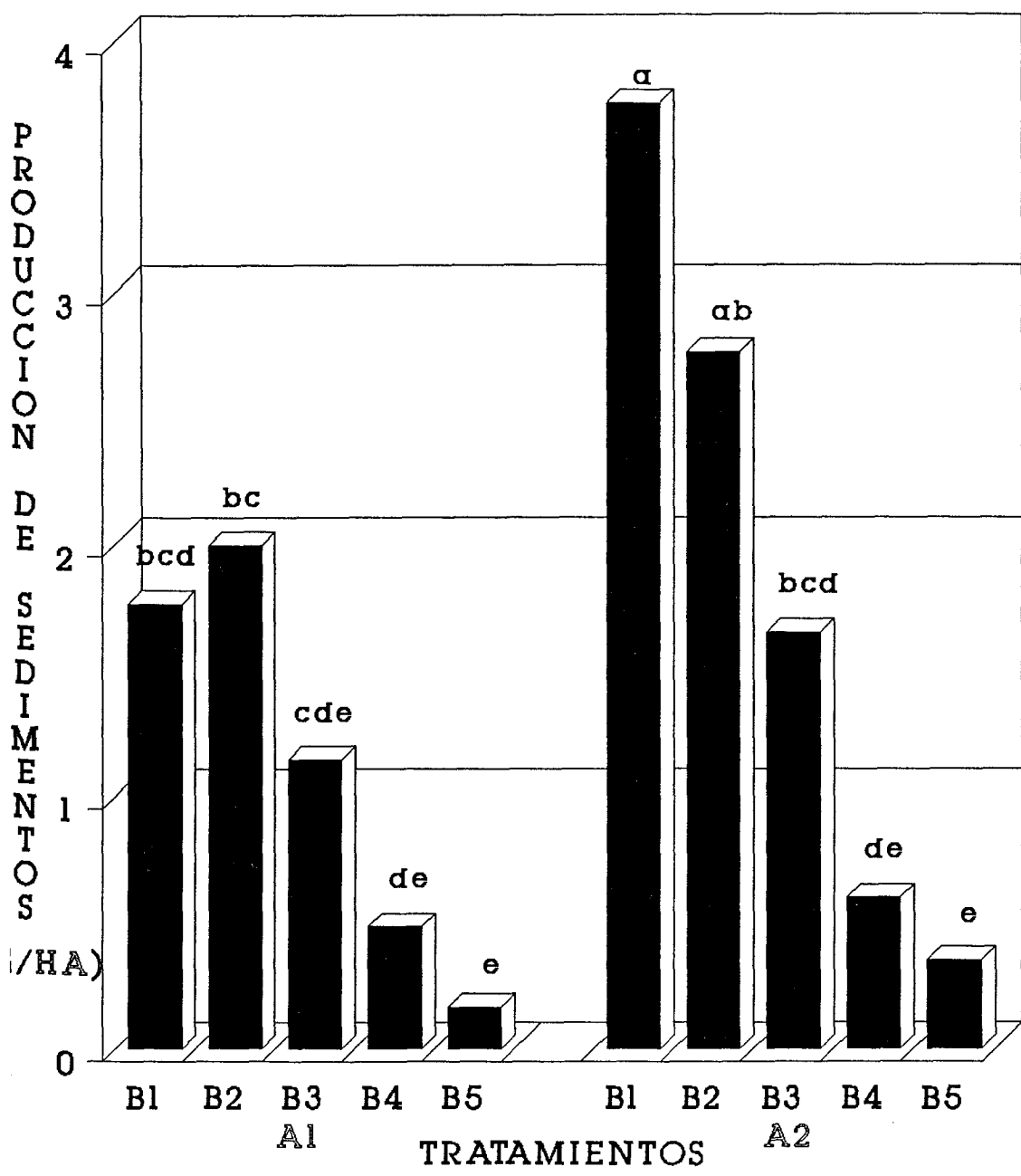


FIGURA 4.3 DIFERENCIA DE MEDIAS ENTRE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO (FACTOR A) Y LA COBERTURA VEGETAL (FACTOR B) MANIFESTADA EN LA PRUEBA DE TUKEY PARA LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS.

CUADRO 4.5 PORCENTAJES MEDIOS DE COBERTURA (%) AEREA Y BASAL REGISTRADOS PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

| TRATAMIENTO | C O B E R T U R A | | | | | | |
|-------------|-------------------|------|-----------|-----|------|------|------|
| | A E R E A | | B A S A L | | | | |
| | G | H | G | H | M | P | SD |
| A1B1 | 6.0 | 3.0 | 5.0 | 4.8 | 3.6 | 1.0 | 87.6 |
| A1B2 | 13.6 | 11.0 | 13.0 | 9.8 | 8.0 | 0.4 | 68.8 |
| A1B3 | 42.4 | 7.2 | 42.8 | 4.6 | 22.2 | 0.0 | 30.4 |
| A1B4 | 65.2 | 4.0 | 61.2 | 3.0 | 21.4 | 0.0 | 14.4 |
| A1B5 | 79.2 | 7.0 | 79.4 | 5.6 | 10.0 | 0.0 | 5.0 |
| A2B1 | 3.0 | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 8.6 | 16.6 | 71.6 |
| A2B2 | 24.4 | 4.4 | 20.8 | 4.2 | 26.4 | 1.8 | 46.8 |
| A2B3 | 47.0 | 2.8 | 40.8 | 1.6 | 28.2 | 1.0 | 28.4 |
| A2B4 | 67.8 | 2.0 | 66.4 | 1.0 | 22.0 | 0.0 | 10.6 |
| A2B5 | 95.6 | 0.6 | 83.6 | 0.6 | 13.8 | 0.0 | 2.0 |

G = gramíneas

H = herbáceas

M = mantillo

P = piedra y grava

SD = suelo desnudo

La cobertura de piedras presentó menor porcentaje durante la etapa de crecimiento, sólo para una cubierta vegetal del suelo menor al 10 por ciento. El porcentaje de suelo desnudo presentó una tendencia lógica inversa a la de la cobertura vegetal, ya que entre mayor fue ésta, el porcentaje de suelo desnudo fue menor y viceversa, observándose una pequeña disminución de esta relación en la época de letargo.

VARIABLES DEL SUELO

Los resultados de las variables de suelo obtenidos en el campo se reportan en el Apéndice F, los valores medios para dichas variables se muestran en el Cuadro 4.6, en él se puede observar que el suelo es extremadamente rico en materia orgánica para todos los rangos de cobertura vegetal utilizados en el estudio y a través de las dos épocas de crecimiento evaluadas, ya que el porcentaje más bajo de materia orgánica se presentó donde la cobertura vegetal del suelo fue menor al 10 por ciento y durante la época de crecimiento, mientras que el valor más alto fue encontrado en un rango de cobertura vegetal del 40 al 50 por ciento durante la época de letargo.

En lo que respecta a las fracciones de limo, arena y arcilla, se puede apreciar que son suelos arcillosos, ya que la fracción de arcilla, aunque fue más pequeña durante la época de letargo para todos los rangos de cobertura vegetal del suelo que se utilizaron como tratamientos; el valor más pequeño que se obtuvo fue de 42.8 por ciento para rangos de cobertura vegetal menores al 10 por ciento durante la época de letargo y el valor mayor fue de 56 por ciento para rangos de cobertura vegetal del

CUADRO 4.6 PROMEDIO DE LOS VALORES DE LAS VARIABLES DEL SUELO REGISTRADOS PARA LAS DIFERENTES COBERTURAS Y EPOCAS DE CRECIMIENTO.

| TRATAMIENTOS | MO % | LI % | AR % | AC % | CH % | DA gr/cc |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| A1B1 | 5.18 | 30.00 | 18.00 | 51.94 | 26.59 | 0.98 |
| A1B2 | 5.95 | 32.80 | 13.20 | 54.00 | 19.29 | 0.97 |
| A1B3 | 7.36 | 28.80 | 15.20 | 56.00 | 27.36 | 0.96 |
| A1B4 | 6.91 | 30.80 | 13.60 | 55.60 | 28.92 | 0.92 |
| A1B5 | 5.96 | 29.60 | 16.00 | 54.40 | 29.62 | 1.00 |
| A2B1 | 6.02 | 34.80 | 22.36 | 42.80 | 18.58 | 1.05 |
| A2B2 | 6.58 | 29.16 | 25.52 | 45.44 | 18.07 | 1.06 |
| A2B3 | 6.21 | 27.36 | 26.88 | 45.76 | 21.04 | 0.98 |
| A2B4 | 6.78 | 28.24 | 25.52 | 46.24 | 18.07 | 1.06 |
| A2B5 | 5.38 | 24.80 | 25.60 | 47.60 | 19.12 | 1.06 |

MO = materia orgánica
LI = fracción de limo
AR = fracción de arena
AC = fracción de arcilla
CH = contenido de humedad
DA = densidad aparente

fracción de limo presentó similares porcentajes a través de las dos épocas evaluadas, mientras que la fracción de arena presentó porcentajes más altos durante la época de letargo que la de crecimiento para todos los rangos de cobertura vegetal utilizados.

El porcentaje de humedad en el suelo fluctuó entre el 18.07 por ciento y el 29.62 por ciento, presentándose valores altos durante la época de crecimiento y para todos los rangos de cobertura vegetal del suelo; de ellos el sitio que tenía más del 80 por ciento presentó el mayor contenido de humedad, igual comportamiento se presentó durante la época de letargo, salvo por el sitio con un rango de cobertura vegetal del 40 al 50 por ciento; el contenido de humedad más bajo que se obtuvo en ambas épocas fue para un rango de cobertura del 20 al 30 por ciento cabe destacar sin embargo, que las diferencias en este caso fueron mínimas.

Durante la época de crecimiento la densidad aparente fue menor que la que se estimó para la época de letargo para todos los rangos de cobertura estudiados en el Pastizal Mediano Abierto; los valores de densidad aparente no presentan muchas diferencias entre sí y menos dentro de una misma época de crecimiento.

Variabes que Afectan la Infiltración

Los resultados de las correlaciones llevadas a cabo para conocer las variables que afectan la infiltración en un Pastizal Mediano Abierto señalan que de la cubierta basal, las variables que estuvieron más

relacionadas a las tasas de infiltración en la época de crecimiento fueron: El porcentaje de suelo desnudo a los 5 y 10 min, mientras que la más relacionada a los 15, 20 y 50 min de iniciada la prueba fue el porcentaje de cobertura de gramíneas; por otra parte, en época de letargo nuevamente el porcentaje de suelo desnudo estuvo relacionado a los 5 min, siendo ésta la única variable que presentó una fuerte relación en esta época (Cuadro 4.7).

En el Cuadro 4.8 se aprecia que la única variable de la cubierta aérea que presentó mayor relación con las tasas de infiltración durante la época de crecimiento fue el porcentaje de cobertura de gramíneas, esto de los 25 a los 45 y de los 55 a los 60 min de iniciada la prueba, mientras que en la época de letargo se presentaron a los 5 min el porcentaje de piedras, a los 10 min el porcentaje de piedras y el porcentaje de suelo desnudo; a partir de los 15 min y hasta el término de la prueba destacaron el porcentaje de mantillo, piedras y suelo desnudo; por otro lado, el porcentaje de herbáceas presentó relación a los 30 y después de los 50 minutos.

Por otra parte, en el Cuadro 4.9 se observa que las variables del suelo que están más relacionadas con las tasas de infiltración en la época de crecimiento fue el porcentaje de materia orgánica, desde los 25 a los 50 min de iniciada la prueba y la fracción de arena aunque sólo a los 50 min. Durante el letargo destaca el contenido de humedad, presentando relación desde los 15 min. y hasta el término de la prueba de nueva cuenta el porcentaje de materia orgánica se presentó a los 5 y 55 min.

CUADRO 4.7 COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE COBERTURA BASAL QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN LAS DOS EPOCAS DE ESTUDIO.

| TIEMPO (MIN) | CRECIMIENTO | | LETARGO | | |
|-----------------|-------------|-------|---------|-------|-------|
| | G | SD | M | P | SD |
| 5 | | 0.204 | | 0.766 | |
| 10 | | 0.336 | | 0.064 | |
| 15 | 0.426 | | 0.082 | 0.072 | 0.696 |
| 20 | 0.613 | | 0.088 | 0.072 | 0.636 |
| 25 | | | 0.076 | 0.060 | 0.659 |
| 30 | | | 0.078 | 0.065 | 0.642 |
| 35 | | | 0.073 | 0.061 | 0.665 |
| 40 | | | 0.071 | 0.062 | 0.677 |
| 45 | | | 0.074 | 0.064 | 0.673 |
| 50 | 0.724 | | 0.087 | 0.070 | 0.649 |
| 55 | | | 0.085 | 0.035 | 0.640 |
| 60 | | | 0.071 | 0.063 | 0.678 |

G = gramíneas (%)

M = mantillo (%)

P = piedras y grava (%)

SD = suelo desnudo (%)

CUADRO 4.8 COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE COBERTURA AEREA QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN LAS DOS EPOCAS DE ESTUDIO.

| TIEMPO (MIN) | CRECIMIENTO | LETARGO |
|-----------------|-------------|---------|
| | G | H |
| 5 | | |
| 10 | | |
| 15 | | |
| 20 | | |
| 25 | 0.640 | |
| 30 | 0.614 | 0.039 |
| 35 | 0.664 | |
| 40 | 0.675 | |
| 45 | 0.664 | |
| 50 | | 0.034 |
| 55 | .765 | 0.041 |
| 60 | .750 | 0.032 |

G = gramíneas (%)

H = herbáceas (%)

CUADRO 4.9 COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DEL SUELO QUE TIENEN INFLUENCIA ESTADISTICA SOBRE LAS TASAS DE INFILTRACION EN DOS EPOCAS DE CRECIMIENTO EN UN PASTIZAL MEDIANO ABIERTO.

| TIEMPO (MIN) | CRECIMIENTO | | LETARGO | |
|-----------------|-------------|-------|---------|-------|
| | MO | AR | MO | CH |
| 5 | | | 0.051 | |
| 10 | | | | |
| 15 | | | | 0.052 |
| 20 | | | | 0.062 |
| 25 | 0.101 | | | 0.060 |
| 30 | 0.069 | | | 0.066 |
| 35 | 0.104 | | | 0.058 |
| 40 | 0.097 | | | 0.058 |
| 45 | 0.067 | | | 0.047 |
| 50 | 0.068 | 0.056 | | 0.053 |
| 55 | | | 0.072 | 0.043 |
| 60 | | | | 0.060 |

MO = materia orgánica (%)

AR = fracción de arcilla (%)

CH = contenido de humedad (%)

Variables que impactan la Concentración y la Producción de Sedimentos

En el Cuadro 4.10 se presentan las variables que más relación presentan con la concentración de sedimentos, el escurrimiento total y la producción de sedimentos para las épocas de crecimiento. Presentándose para la producción de sedimentos como única variable relacionada durante la época de crecimiento, la cobertura aérea de gramíneas, mientras que en la época de letargo el porcentaje de suelo desnudo y con menor relación la cobertura aérea de piedras. Por otra parte, para el escurrimiento total sólo se presentaron dos variables que lo influyen, siendo estas la cobertura basal de gramíneas y el porcentaje de suelo desnudo para la época de crecimiento y letargo respectivamente. A diferencia de las dos anteriores la concentración de sedimentos presentó el mayor número de variables que la influyen, siendo estas la cobertura aérea de gramíneas y el contenido de humedad durante la época de crecimiento y el porcentaje de suelo desnudo y la cobertura basal de mantillo durante la época de letargo. Además, cabe señalar que el porcentaje de suelo desnudo fue la única variable que resultó estar relacionada para la producción de sedimentos, el escurrimiento total y la concentración de sedimentos, pero esto sólo se presentó durante la época de letargo.

CUADRO 4.10 COEFICIENTES DE DETERMINACION PARCIAL DE LAS VARIABLES DE LA VEGETACION Y EL SUELO QUE INFLUYEN ESTADISTICAMENTE EN LA CONCENTRACION DE SEDIMENTOS, EL ESCURRIMIENTO TOTAL Y LA PRODUCCION DE SEDIMENTOS DURANTE LAS EPOCAS DE CRECIMIENTO.

| VARIABLES | CONCENTRACION DE SEDIMENTOS | | ESCURRIMIENTO TOTAL | | PRODUCCION DE SEDIMENTOS | |
|-----------|-----------------------------|-------|---------------------|-------|--------------------------|-------|
| | C | L | C | L | C | L |
| SD | | 0.766 | | 0.570 | | 0.755 |
| AG | 0.473 | | | | 0.737 | |
| P | | | | | | 0.057 |
| BG | | | 0.706 | | | |
| M | | 0.042 | | | | |
| CH | 0.132 | | | | | |

SD = suelo desnudo

AG = cobertura aérea de gramíneas

P = cobertura piedras y grava

BG = cobertura basal de gramíneas

M = cobertura de mantillo

CH = contenido de humedad

DISCUSION

Infiltración

De acuerdo a los datos obtenidos en las pruebas de campo, se aprecia que las tasas de infiltración aumentan conforme se incrementa el porcentaje de cobertura vegetal, esto se presenta tanto en la época de crecimiento como en la época de letargo, lo cual coincide con lo que han planteado Blackburn (1983), Gutiérrez et al. (1990), Thurow et al. (1986) y Wood et al. (1989) quienes afirman que la reducción de la cobertura ocasiona un incremento en el impacto de las gotas de lluvia, un decremento de materia orgánica y agregados del suelo y la aparición o incremento de las costras en la superficie del suelo. Además de estar de acuerdo con otros tantos autores (Branson y Owen, 1970; Brock et al., 1982; Pluhar et al. y Tromble et al., 1974) quienes viendo el efecto de la cobertura desde otro punto de vista aseguran que a medida que aumenta el porcentaje de suelo desnudo, disminuyen las tasas de infiltración.

De acuerdo a lo observado en los análisis llevados a cabo, las tasas de infiltración a los 5 min no son afectadas por las épocas de crecimiento ni por la cobertura vegetal, pero si por la interacción de estos factores. Para explicar lo anterior, se debe considerar que las tasas de infiltración se estimaron como la diferencia entre la cantidad de lluvia simulada y la cantidad de agua escurrida, de manera que la entrada de agua al suelo se puede estar sobreestimando, ya que no se

consideró la lluvia retenida por el microrrelieve ni la interceptada por la vegetación, lo cual nos hace pensar que en realidad es difícil asegurar que no exista diferencia estadística significativa en las tasas de infiltración inicial y que la significancia en la interacción de los dos factores sea un reflejo de este comportamiento; de esta misma forma y utilizando la misma metodología Gutiérrez et al. (1990) encuentran resultados similares y nos explican que es importante considerar el tipo y cantidad de cobertura vegetal para ver el efecto en la infiltración inicial; así como también esto es mencionado por otros investigadores (Thurrow et al., 1986 y Tromble et al., 1974).

A partir de los 10 a los 25 min de iniciada la prueba se observó que tanto las épocas de crecimiento como la cobertura vegetal tenían efecto sobre las tasas de infiltración, presentándose los datos más altos para la época de crecimiento, que para la época de letargo, McCalla et al. (1984) y Warren et al. (1986) coinciden con resultados similares, atribuyendo esto a que en la época de crecimiento la porosidad del suelo se incrementa por la acción de las raíces, además de considerar que en esta época se presenta la mayor parte de la precipitación anual.

Después de los 30 min de iniciada la prueba, el efecto de la cobertura sigue siendo significativamente notorio, ya que entre tratamientos con el mismo porcentaje de cobertura en las dos épocas no existe diferencia, esto tal vez debido a que a partir de este momento la infiltración fue casi constante para todos los tratamientos, sin embargo, el efecto de la cobertura se mantiene presente, ya que se aprecia que ha mayor cobertura vegetal mayor entrada de agua al suelo.

Concentración de Sedimentos

Como se puede apreciar en los resultados, la concentración de sedimentos sólo se ve afectada significativamente por la cobertura vegetal y por la interacción de ésta con las épocas de crecimiento, así como también cabe resaltar que los resultados muestran que la concentración es mayor durante la época de letargo, cuando se tiene una cobertura menor al 30 por ciento y después de un 40 por ciento de cobertura no se tiene diferencia significativa entre épocas. Este comportamiento se logra comprender, ya que al estar menos protegido el suelo por la cubierta vegetal del impacto de las gotas de lluvia provoca un mayor desprendimiento de partículas de suelo.

Por otra parte, Sánchez, (1984) y Wood y Blackburn (1981a) explican este comportamiento al tener en cuenta el efecto que presenta el mantillo orgánico, que es considerado un factor favorable para contrarrestar el desprendimiento de las partículas de suelo, que para nuestro estudio se eliminó por la intensidad de lluvia aplicada, ya que ésta fue tal que provocó el arrastre de este material.

Escorrimento Total

El escurrimiento como se muestra en los resultados se ve afectado tanto por las épocas de crecimiento como por la cobertura vegetal, pero no por la interacción de estos factores, siendo mayor el escurrimiento en la época de letargo que en la de crecimiento, ya que el escurrimiento presenta una relación negativa con la entrada de agua al suelo y ésta fue mayor en la época de crecimiento.

Por otra parte, al analizar el efecto de la cobertura vegetal sobre el escurrimiento vemos que a mayor cobertura menor escurrimiento, o como es expresado por algunos autores, a mayor suelo desnudo mayor escurrimiento, la cual coincide con los datos obtenidos para la concentración de sedimentos; la conducta del escurrimiento no es nueva ni difiere de los resultados obtenidos en otros estudios, aún y cuando las metodologías muestren diferencia (Thurrow et al., 1986; Wood y Blackburn, 1981b y Wood et al., 1989).

Producción de Sedimentos

La producción de sedimentos se vio afectada por las épocas de crecimiento, así como por la cobertura vegetal y por la interacción de estos factores, de manera que como la producción de sedimentos se obtuvo a partir de los datos de concentración de sedimentos y el escurrimiento, presenta el mismo comportamiento; es mayor durante la época de letargo y presenta una tendencia negativa con respecto a la cobertura, esto en cualquier época de crecimiento lo cual coincide con Warren et al., (1986) y McCalla et al., (1984).

Cabe mencionar que Gutiérrez et al. (1990), al realizar un trabajo bajo condiciones y metodologías muy similares, encuentra resultados muy similares en cuanto al comportamiento de la concentración de sedimentos, el escurrimiento y la producción de sedimentos para un Pastizal Mediano Abierto.

Variables que afectan la Infiltración

Las variables de la vegetación y del suelo que fueron relacionadas significativamente, se puede apreciar que para la época de crecimiento las variables que más influencia tuvieron fueron la cobertura aérea de gramíneas y la materia orgánica, mientras que en la época de letargo la que más influencia tiene es el suelo desnudo, esto quizás se deba a lo que anteriormente se mencionó, la acción de las raíces en la época de crecimiento tienen un efecto trascendental en el suelo, de manera que provocan que la densidad aparente se reduce, mientras que en la época de letargo la acción de la zona radical disminuye considerablemente y la cubierta del suelo por piedras fue más alta en la época de letargo y también la cubierta de mantillo fue más alta, esto coincide con los datos obtenidos por Warren et al. (1986).

Variables que afectan la Concentración y Producción de Sedimentos

Para explicar estos resultados anteriores cabe destacar lo expuesto por Branson et al. (1981) el cual al referirse a la producción de sedimentos señala 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, en la época de crecimiento la variable de la vegetación que mostró mayor influencia en la concentración y producción de sedimentos fue la cobertura aérea de gramíneas, mientras que para el escurrimiento fue la cobertura basal de

gramíneas y para la época de letargo el porcentaje de suelo desnudo fue la variable que más influencia tuvo tanto para la concentración y producción de sedimentos, como para el escurrimiento total. Estos resultados nuevamente confirman lo expuesto anteriormente así como lo mencionado por Gutiérrez et al. (1990) y Sánchez (1984).

CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados en el presente estudio para determinar el efecto de dos épocas de crecimiento y cinco rangos de cobertura de un pastizal mediano abierto se infieren las siguientes conclusiones:

- Las tasas de infiltración inicial no son influenciados por las épocas de crecimiento y la cobertura vegetal.
- Las tasas de infiltración de los 10 a los 25 min se ven afectadas por las épocas de crecimiento y la cobertura vegetal.
- La infiltración final o constante es controlada por el porcentaje de cobertura vegetal.
- Las tasas de infiltración muestran una relación positiva con la cobertura vegetal.
- La concentración de sedimentos es influenciada sólo por la cobertura del suelo.
- El escurrimiento total es influenciado por la cobertura vegetal y las épocas de crecimiento.

- El escurrimiento total presenta una relación negativa con el porcentaje de cobertura vegetal.
- La producción total de sedimentos es afectada negativamente por la cobertura vegetal.
- La cobertura área de gramíneas y la materia orgánica del suelo influyen las tasas de infiltración en la época de crecimiento.
- La cobertura área de herbáceas, el mantillo, las piedras y gravas, el suelo desnudo y el contenido de humedad influyen las tasas de infiltración en la época de letargo.
- La concentración de sedimentos es influenciada por la cobertura aérea de gramíneas y cobertura basal de herbáceas en la época de crecimiento, y por el mantillo y el suelo desnudo en la época de letargo.
- El escurrimiento es influenciado por la cobertura basal de gramíneas en la época de crecimiento y la cobertura aérea de gramíneas en la época de letargo.
- La producción de sedimentos se influye en la época de crecimiento por la cobertura aérea de gramíneas.

En la época de letargo el porcentaje de suelo desnudo y la cobertura de piedras determinan principalmente la producción de sedimentos.

RESUMEN

De acuerdo a la necesidad que tiene el manejador de pastizales por lograr una alta productividad es indispensable que los componentes del ecosistema sean conocidos, en especial el ciclo del agua, ya que es el componente básico y es necesario que sea efectivo para lograr tener agua y minerales disponibles para la planta. Apoyando lo anterior se propuso para el presente estudio evaluar los efectos de la época de crecimiento y el porcentaje de cobertura vegetal sobre las tasas de infiltración y producción de sedimentos en un Pastizal Mediano Abierto .

El presente estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental Ganadero "Los Angeles", durante verano de 1988 e invierno de 1988 y 1989, utilizando un simulador , para aplicar una intensidad de lluvia de 13.75 cm/hr en parcelas de 1 m². La duración de la prueba fue de 60 min, tomando lecturas a intervalos de 5 min; las tasas de infiltración se determinaron como la diferencia entre la intensidad de la lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento. La producción de sedimentos se determinó colectando una muestra de 1 lt de los escurrimientos totales y separando los sólidos en el laboratorio.

Los datos obtenidos se analizaron bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y corrección por covarianza, considerando como factor A dos épocas de crecimiento y como factor B cinco rangos de porcentajes de cobertura, la covariable

considerada fue el contenido de humedad, además se contó con cinco repeticiones. Las diferencias entre tratamientos fueron analizadas por el método de Tukey. Se utilizó el método de stepwise para conocer cuales fueron las variables de la vegetación y el suelo que estuvieron más relacionados a las tasas de infiltración y a la producción de sedimentos.

Los resultados muestran en términos generales que las tasas de infiltración son más altas en la época de crecimiento que en la época de letargo, además se observa una relación positiva entre las tasas de infiltración y la cobertura vegetal. Los análisis estadísticos muestran que la infiltración inicial fue afectada por la interacción de la época de crecimiento con la cobertura, de los 10 a los 25 min de iniciada la prueba la infiltración se vio afectada por la época de crecimiento y por la cobertura vegetal y a partir de los 30 min sólo fue afectada por la cobertura vegetal.

La concentración de sedimentos, el escurrimiento total y la producción de sedimentos muestran un comportamiento muy similar, presentando los valores más altos durante la época de letargo. Además se puede observar que presentan una relación negativa con la cobertura vegetal.

En la época de crecimiento, las variables que afectaron la infiltración fueron la cobertura aérea de gramíneas y el porcentaje de materia orgánica, mientras que la concentración y la producción de sedimentos se vieron afectadas por la cobertura aérea de gramíneas y el contenido de humedad. En la época de letargo, la infiltración fue

afectada por la cobertura aérea de herbáceas, mantillo, grava y piedras, suelo desnudo, materia orgánica y contenido de humedad, durante la misma época la concentración y la producción de sedimentos fueron afectadas por el porcentaje de suelo desnudo, mantillo y la cobertura de grava y piedras.

De este trabajo se concluye que las principales variables de la vegetación y el suelo que se relacionan con las tasas de infiltración en la estación de verano son la cobertura aérea de gramíneas y la materia orgánica, y con la producción de sedimentos la más relacionada es la cobertura aérea de gramíneas.

LITERATURA CITADA

- Abdel - Magid , A . H.; G . E. Shuman and R . H . Hart . 1987 . Soil Bulk Density and Water Infiltration as Affected by Grazing Systems . J . Range Manage . 40 (4) : 307-309 U.S.A.
- Bedunah , D . J ., and R . E . Sosebee . 1985 . Influence of Site Manipulation on Infiltration Rates of a Depleted West Texas Range Site . J . Range Manage . 38 (3) : 200-204 U.S.A
- Bedunah, D. J., and R. E. Sosebee. 1986. Influence of Mesquite Control on Soil Erosion on a Depleted Range Site. J. Soil Water Conservation 41(2): 131-135. U.S.A.
- Blackburn, W. H. 1983. Livestock Grazing Impacts on Watersheds. Rangelands. 5(3): 123-125. U.S.A.
- Blackburn, W. H.; R. W. Knight and M. K. Wood. 1982. Impacts of Grazing on Watersheds. A State of Knowledge. Texas A&M University System. U.S.A. 32 p.
- Blackburn , W . H . ; R . O . Meewing and C . W . Skaw . 1974 . A Mobile Infiltrimeter for Use on Rangeland . J . Range Manage. 28 (4) : 322-323 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. Dubuque, Iowa. U.S.A 340 p.
- Branson , F . A . , and J . B . Owen . 1970 . Plant Cover , Runoff , and Sediment Yield Relationships on Mancos Shale in Western Colorado . Water Reso. Rese. 6 (3) : 783-790 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 . 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.
- Cantú B., J. E. 1990. Manejo de Pastizales. Revisión Bibliográfica.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna.
Torreón, Coahuila. México. 289 p.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de
Agostadero (COTECOCA) . 1979 . Coeficientes de Agostadero de
la República Mexicana . Estado de Coahuila . SARH . México .
255 p.
- Gamougoun, N. D.; R. P. Smith; M. K. Wood and R. D. Pieper. 1984. Soil,
Vegetation, and Hydrologic Responses to Grazing Management at
Fort Stanton, New Mexico. J. Range Manage. 37(6): 538-541.
U.S.A.
- García M. de , E . 1978 . Apuntes de Climatología . Larios e Hijos
Impresores , S . A . México . 153 p.
- Gifford, G. F. 1984. Vegetation Allocation for Meeting Site
Requirements. In: Developing Strategies for Rangeland
Management, National Research Council/National Academy of
Sciences Westview Press. U.S.A. p. 35-116.
- Gutiérrez C., J.; F. M. Smith y J. G. Medina T. 1979. Caracterización
Hidrológica de la Cuenca de San Tiburcio Zacatecas.
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monog.
Técnico-Científica 5(4): 212-325. México.
- Gutiérrez C., J. y A. Dueñez. 1988. Relación de Tasas de
Infiltración Edad de la Plantación en la Zona Reforestada

Zapalinamé. Agraria Revista Técnico - Científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 4(2): 158-179. México.

Gutiérrez C., J. y M. De Luna R. 1989 Infiltración y Producción de Sedimentos en un Area Reforestada con Pinus halepensis Mill. Agraria Revista Técnico - Científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 5(2): 178-188. México.

Gutiérrez C., J.; S. Beltrán L. y A. Zárate L. 1990. Efecto de los Tipos de Vegetación y Suelo sobre la Infiltrabilidad y la Producción de Sedimentos en el Sureste de Coahuila. Agraria Revista Técnico - Científica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 6(1): 51-65. México.

Gutiérrez C., J.; R. Flores Z.; M. De Luna R.; G. Martínez F. y M. F. Rivera N. 1991. Impacto de la Transformación del Matorral de Gobernadora sobre la Infiltración y la Erosión en el Noreste de Zacatecas. Revista Manejo de Pastizales. SOMMAP 4(2): 34-39. México.

Hewlett, J. D. 1982. Principles of Forest Hydrology. The University of Georgia Press. Athens, G. A., U.S.A. 183 p.

Huss, D. L. y E. Aguirre V. 1983. Fundamentos de Manejo de Pastizales. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. México. 227p.

Johnson, C. W., and W. H. Blackburn. 1989. Factors Contributing to Sagebrush Rangeland Soil Loss. Transactions of the ASAE 32(1): 155-313. U.S.A.

Johnson, C. W., and N. D. Gordon. 1988. Runoff and Erosion from Rainfall Simulator Plots on Sagebrush Rangeland. Transactions of the ASAE 31 (2): 421-427. U.S.A.

McCalla H. , G. R. ; W. H. Blackburn and L. B. Merrill . 1984 . Effects of Livestock Grazing on Sediment Production , Edwards Plateau of Texas . J . Range Manage . 37 (4) : 291-294. 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 (1) : 37-37. U.S.A.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnóstico Climático para la Zona de Influencia
Inmediata a la UAAAN. Depto. de Agrometeorología. Universidad
Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 616 p.
- Mitchell, J. K. y G. D. Bubenzer. 1984. Estimación de Pérdidas de Suelo.
En: Kirkby, M. J. and R.P.C. Morgan (Comps). Erosión de
Suelos Ed. Limusa. México. p. 35-88.
- Mueller-Dombois, D., and H. Ellenberg. 1974. Aims and Methods of
Vegetation Ecology John Willey & Sons, Inc. U.S.A. 547 p.
- Narro F . , E . 1987 . Física de Suelos con Enfoque Agrícola ..
Universidad Autónoma Agraria " Antonio Narro " . Buenavista ,
Coahuila , México . p. 10-18.
- 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 . 1987 ..
Infiltration Rates and Sediment Production as Influenced by
Grazing Systems in the Texas Rolling Plains . J . Range
Manage . 40 (3) : 240-243. U.S.A.
- Rauzi, F., and F M. Smith. 1973. Infiltration Rates, three Soils with
Three Grazing Levels in Northeastern Colorado. J. Range
Manage. 26 (2): 126-129. U.S.A.

- Rawls, W.J.; D. L. Brakensier; J. R. Simanton and C. L. Hanson. 1988. Prediction of Soil Cover and Soil Rock for Rangeland Infiltration. *J. Range Manage.* 41(4): 307-308. U.S.A.
- Reyes C., P. 1978. *Diseño de Experimentos Aplicados*. Ed. Trillas. México. 348p.
- Rostagno, C.M. 1989. Infiltration and Sediment Production as Affected by Soil Surface Conditions in a Shrubland of Patagonia, Argentina. *J. Range Manage.* 42(5): 382-385. 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 . México . Ph . D . Dissertation New Mexico State Univ . Las Cruces . New Mexico U.S.A. 156 p .
- Serrato S . , R . ; J . G . Medina T . y R . Vásquez A . 1983 . Respuesta del Pastizal Mediano Abierto a Diferentes Sistemas de Pastoreo . Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro . Monog . Técnico Científica 9 (1) : 1-79. México.
- Sierra T , J . S . 1980 . Identificación de las Gramíneas del Rancho Demostrativo " Los Angeles " , Saltillo , Coah . por sus Características Vegetativas . Tesis. Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro . Buenavista, Coah . , México . 118 p.
- Spaeth, K. E. 1990. Hydrological and Ecological Assessments of a Discrete Range Site on the Southern High Plains. Ph. D. Dissertation. Texas Tech University. Lubbock, Texas. U.S.A. 165 p.
- Steel R . , G . D . y J . H . Torrie . 1985 . Bioestadística : Principios y Procedimientos . 2a . Ed . Mc Graw - Hill . México . 622 p.

- Takar, A.A.; J.P. Dobrowolski and T.L. Thurow. 1990. Influence of Grazing, Vegetation Life-form, and Soil Type on Infiltration Rate Sand Interrill Erosion on a Somalio Rangeland. *J. Range Manage.* 43(6): 486-490. U.S.A.
- Thompson, J. R. 1968. Effect of Grazing on Infiltration in a Western Watershed. *J. Soil Water Conservation* 23(1): 63-67. U.S.A.
- Thurow, T. L. ; W. H. Blackburn and C. A. Taylor, Jr. 1986. Hydrologic Characteristics of Vegetation Types as Affected by Livestock Grazing Systems. *EPT. J. Range Manage.* 39 (6) : 505-508. U.S.A.
- Tromble, J. M. ; K. G. Renard and A. P. Thatcher. 1974. Infiltration for Three Rangeland Soil - Vegetation Complexes *J. Range Manage.* 27 (4) : 318-321. U.S.A.
- Valdés O., L. F.; F. J. Sifuentes R.; A. Ilizaliturri V.; J. Gutierrez C. y L. A. Natividad B. 1986. Levantamiento Semidetallado de Suelos en el Rancho Los Angeles. En: Gutierrez C., J. (Ed). *Manejo de Pastizales. Memorias del Segundo Congreso Nacional. DRNR-UAAAN. México.* p. 146-150.
- Vásquez A., R. 1973. Plan Inicial de Manejo de Agostaderos en el Rancho Demostrativo " Los Angeles ". Tesis. Ingeniero Agrónomo. ESAAN. Universidad Autónoma de Coahuila. Saltillo, Coah. México. 113 p.
- Velásquez V., M.A. y R. Gutierrez L. 1990. Factores Ambientales que Influyen en la Cobertura del Suelo de una Cuenca en el Sur de Zacatecas. *Revista Manejo de Pastizales. SOMMAP* 3(3): 7-10. México
- 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.

- Weltz , M . , and M . K . Wood . 1986a . Short - Duration Grazing in Central New Mexico : Effects on Sediment Production . J . Soil Water Conservation 41(4): 262-266. U.S.A.
- Weltz, M., and M. K. Wood. 1986b. Short Duration Grazing in Central New Mexico: Effects on Infiltration Rates. J. Range Manage. 39 (4): 365-368. U.S.A.
- Wilcox , B . P . , and M . K . Wood . 1988 . Hydrologic Impacts of Sheep Grazing on Steep Slopes in Semiarid Rangelands . J . Range Manage . 41 (4) : 303-306. U.S.A.
- Wilcox , B . P . ; M . K . Wood and J . M . Tromble . 1988 . Factors Influencing Infiltrability of Semiarid Mountain Slopes . J . Range Manage . 41 (3) : 197-206. U.S.A.
- Wood , M . K . 1980 . Impacts of Grazing Systems on Watershed Values . Proceedings Grazing Management Systems for Southwest Rangelands Symposium . New Mexico State University . Albuquerque , New Mexico, U.S.A. p. 163-170.
- Wood, M. K. 1988. Relationship of Soil Surface Roughness with Hydrologic Processes on Rangeland. Poster 41 st Annual Meeting of the Soc. for Range Manage. Corpus Christi, Texas. February 21-26, 1988. U.S.A.
- Wood , M . K . , and W . H . Blackburn . 1981 a . Sediment Production as Influenced by Livestock Grazing in the Texas Rolling Plains . J . Range Manage . 34 (3) : 228-231. U.S.A.
- Wood , M . K . , and W . H . Blackburn . 1981 b . Grazing Systems : Their Influence on Infiltration Rates in the Rolling Plains of Texas . J . Range Manage . 34 (4) : 331-335. U.S.A.
- Wood, M. K.; W. H. Blackburn; H. A. Pearson and T. K. Hunter. 1989. Infiltration and Runoff Water Quality Response to Silvicultural and Grazing Treatments on a Longleaf Pine Forest. J. Range Manage. 42(5): 378-381. U.S.A.

APENDICES

APENDICE A

CUADRO A.1 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 0 Y 10 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 12.55 | 11.35 | 13.75 | 13.58 | 13.75 | 12.98 |
| 10 | 5.95 | 5.35 | 13.66 | 10.30 | 13.66 | 9.79 |
| 15 | 3.55 | 3.55 | 10.24 | 8.35 | 11.45 | 7.43 |
| 20 | 4.15 | 2.95 | 5.35 | 4.75 | 7.75 | 4.99 |
| 25 | 6.55 | 2.35 | 3.55 | 4.15 | 6.55 | 4.63 |
| 30 | 5.95 | 2.95 | 5.95 | 4.15 | 5.95 | 4.99 |
| 35 | 5.95 | 2.35 | 3.55 | 4.15 | 4.15 | 4.03 |
| 40 | 5.95 | 2.35 | 3.55 | 4.15 | 4.75 | 4.15 |
| 45 | 4.75 | 1.75 | 3.55 | 2.95 | 4.15 | 3.43 |
| 50 | 1.75 | 2.95 | 2.95 | 2.95 | 3.55 | 2.71 |
| 55 | 1.75 | 1.75 | 3.55 | 2.95 | 3.55 | 2.71 |
| 60 | 2.35 | 1.15 | 3.55 | 2.35 | 3.55 | 2.59 |

CUADRO A.2 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 20 Y 30 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 10.52 | 13.15 | 13.28 | 10.75 | 13.53 | 12.29 |
| 10 | 4.75 | 8.35 | 8.22 | 8.35 | 11.57 | 8.25 |
| 15 | 7.15 | 4.15 | 7.75 | 4.75 | 7.15 | 6.19 |
| 20 | 7.75 | 4.15 | 6.55 | 4.75 | 6.55 | 5.95 |
| 25 | 8.35 | 2.95 | 5.35 | 4.75 | 5.35 | 5.35 |
| 30 | 8.35 | 2.35 | 4.75 | 4.75 | 4.75 | 4.99 |
| 35 | 8.95 | 1.75 | 4.75 | 2.35 | 4.15 | 4.39 |
| 40 | 9.55 | 2.35 | 3.55 | 2.95 | 5.35 | 4.75 |
| 45 | 9.55 | 2.95 | 2.95 | 2.95 | 5.35 | 4.75 |
| 50 | 7.75 | 2.35 | 3.55 | 3.55 | 4.75 | 4.39 |
| 55 | 7.75 | 3.55 | 2.95 | 3.55 | 4.75 | 4.51 |
| 60 | 7.75 | 2.95 | 2.35 | 2.35 | 4.15 | 3.91 |

CUADRO A.3 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 40 Y 50 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.73 | 13.71 | 13.73 | 12.55 | 11.95 | 13.13 |
| 10 | 13.06 | 10.79 | 13.03 | 6.55 | 7.15 | 10.12 |
| 15 | 9.07 | 7.75 | 7.30 | 4.75 | 5.35 | 6.84 |
| 20 | 9.55 | 5.95 | 5.95 | 4.75 | 5.95 | 6.43 |
| 25 | 8.35 | 5.95 | 5.35 | 4.15 | 4.15 | 5.59 |
| 30 | 8.35 | 4.75 | 5.35 | 2.35 | 4.75 | 5.11 |
| 35 | 8.35 | 4.75 | 6.55 | 2.95 | 3.55 | 5.23 |
| 40 | 8.35 | 4.75 | 7.15 | 3.55 | 4.15 | 5.59 |
| 45 | 8.35 | 4.15 | 7.15 | 2.95 | 4.15 | 5.35 |
| 50 | 8.35 | 4.15 | 5.35 | 4.15 | 4.75 | 5.35 |
| 55 | 8.95 | 5.35 | 6.55 | 3.55 | 4.15 | 5.71 |
| 60 | 8.95 | 4.75 | 6.55 | 2.95 | 3.55 | 5.35 |

CUADRO A.4 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 60 Y 70 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.75 | 13.68 | 13.75 | 13.73 | 13.75 | 13.73 |
| 10 | 12.81 | 12.62 | 13.51 | 13.74 | 12.98 | 13.13 |
| 15 | 10.56 | 8.95 | 10.99 | 13.68 | 10.92 | 11.02 |
| 20 | 7.75 | 7.75 | 9.55 | 13.63 | 9.38 | 9.61 |
| 25 | 7.75 | 7.15 | 10.15 | 13.63 | 10.75 | 9.89 |
| 30 | 8.35 | 7.15 | 9.55 | 13.63 | 10.15 | 9.77 |
| 35 | 7.75 | 6.55 | 8.95 | 13.64 | 10.75 | 9.53 |
| 40 | 7.15 | 7.15 | 9.55 | 13.61 | 10.75 | 9.64 |
| 45 | 7.75 | 6.55 | 8.95 | 13.65 | 9.55 | 9.29 |
| 50 | 7.15 | 5.35 | 8.35 | 13.64 | 10.75 | 9.05 |
| 55 | 7.75 | 7.15 | 8.95 | 13.67 | 10.15 | 9.53 |
| 60 | 7.15 | 6.55 | 8.95 | 13.67 | 10.15 | 9.30 |

CUADRO A.5 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA MAYOR DE 80 POR CIENTO EN LA EPOCA DE CRECIMIENTO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.73 | 13.63 | 13.75 | 13.72 | 13.68 | 13.70 |
| 10 | 11.98 | 13.56 | 13.74 | 13.70 | 13.70 | 13.33 |
| 15 | 8.33 | 13.60 | 13.48 | 13.67 | 13.70 | 12.55 |
| 20 | 7.75 | 13.56 | 13.70 | 11.52 | 13.68 | 12.04 |
| 25 | 7.75 | 13.58 | 13.70 | 11.35 | 13.68 | 12.01 |
| 30 | 8.35 | 13.54 | 13.70 | 10.75 | 13.66 | 12.00 |
| 35 | 8.35 | 13.60 | 13.69 | 11.35 | 13.65 | 12.13 |
| 40 | 8.35 | 13.51 | 13.73 | 11.95 | 13.66 | 12.24 |
| 45 | 7.75 | 13.51 | 13.71 | 10.75 | 13.66 | 11.88 |
| 50 | 8.35 | 13.50 | 13.69 | 11.95 | 13.65 | 12.23 |
| 55 | 8.35 | 13.52 | 13.50 | 11.35 | 13.64 | 12.07 |
| 60 | 8.35 | 13.55 | 13.36 | 11.35 | 13.51 | 12.02 |

CUADRO A.6 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 0 Y 10 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 9.55 | 10.15 | 12.55 | 12.55 | 13.45 | 11.65 |
| 10 | 2.35 | 1.15 | 2.95 | 3.55 | 7.75 | 3.55 |
| 15 | 0.55 | 1.75 | 2.95 | 1.75 | 5.35 | 2.47 |
| 20 | 0.55 | 1.15 | 3.55 | 2.35 | 5.35 | 2.59 |
| 25 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 2.35 | 5.35 | 2.35 |
| 30 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 3.55 | 5.35 | 2.59 |
| 35 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 3.55 | 5.35 | 2.59 |
| 40 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 3.55 | 5.35 | 2.59 |
| 45 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 4.15 | 5.35 | 2.71 |
| 50 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 4.75 | 5.35 | 2.83 |
| 55 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 5.35 | 5.35 | 2.95 |
| 60 | 0.55 | 0.55 | 2.95 | 3.55 | 5.35 | 2.59 |

CUADRO A.7 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 20 Y 30 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.15 | 12.73 | 13.70 | 11.59 | 13.32 | 12.90 |
| 10 | 9.55 | 4.15 | 10.15 | 2.95 | 8.35 | 7.03 |
| 15 | 5.35 | 4.15 | 4.15 | 1.75 | 2.95 | 3.67 |
| 20 | 3.55 | 4.15 | 2.95 | 0.55 | 2.35 | 2.71 |
| 25 | 3.55 | 4.15 | 3.55 | 0.55 | 2.35 | 2.83 |
| 30 | 2.95 | 4.15 | 4.15 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 35 | 3.55 | 4.15 | 3.55 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 40 | 3.55 | 4.15 | 3.55 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 45 | 3.55 | 4.15 | 3.55 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 50 | 2.95 | 4.15 | 4.15 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 55 | 2.95 | 4.15 | 4.15 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |
| 60 | 2.95 | 4.15 | 4.15 | 1.15 | 2.35 | 2.95 |

CUADRO A.8 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 40 Y 50 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.72 | 13.75 | 12.84 | 12.90 | 13.27 | 13.30 |
| 10 | 7.75 | 10.15 | 5.35 | 6.55 | 8.95 | 7.75 |
| 15 | 4.15 | 4.15 | 3.55 | 2.35 | 5.35 | 3.91 |
| 20 | 4.15 | 4.15 | 3.55 | 1.75 | 4.75 | 3.67 |
| 25 | 4.15 | 2.35 | 4.15 | 1.75 | 4.15 | 3.31 |
| 30 | 4.15 | 2.35 | 4.15 | 1.75 | 4.15 | 3.31 |
| 35 | 4.15 | 2.35 | 5.35 | 1.75 | 4.15 | 3.55 |
| 40 | 4.15 | 1.75 | 5.35 | 1.75 | 4.75 | 3.55 |
| 45 | 4.15 | 1.75 | 5.35 | 1.75 | 4.75 | 3.55 |
| 50 | 4.75 | 1.75 | 4.15 | 1.75 | 4.75 | 3.43 |
| 55 | 4.75 | 1.75 | 4.75 | 1.75 | 4.15 | 3.43 |
| 60 | 5.35 | 1.75 | 4.75 | 1.75 | 4.15 | 3.55 |

CUADRO A.9 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA ENTRE 60 Y 70 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.70 | 13.68 | 13.75 | 13.75 | 13.69 | 13.71 |
| 10 | 13.58 | 11.95 | 13.71 | 12.19 | 13.49 | 12.98 |
| 15 | 11.71 | 7.75 | 8.95 | 8.95 | 11.23 | 9.72 |
| 20 | 8.22 | 7.15 | 5.95 | 7.75 | 9.55 | 7.73 |
| 25 | 10.15 | 7.75 | 5.95 | 7.75 | 8.95 | 8.11 |
| 30 | 8.95 | 7.15 | 6.55 | 7.75 | 8.95 | 7.87 |
| 35 | 10.15 | 7.15 | 7.75 | 7.75 | 8.95 | 8.35 |
| 40 | 10.15 | 7.75 | 8.35 | 8.35 | 8.95 | 8.71 |
| 45 | 10.15 | 7.75 | 8.35 | 8.95 | 8.35 | 8.71 |
| 50 | 10.75 | 7.75 | 8.35 | 8.95 | 8.35 | 8.32 |
| 55 | 10.75 | 7.75 | 8.35 | 8.95 | 8.95 | 8.95 |
| 60 | 10.75 | 7.75 | 8.352 | 9.55 | 8.95 | 9.07 |

CUADRO A.10 TASAS DE INFILTRACION (CM/HR) EN CADA SITIO DE ESTUDIO CON UN RANGO DE COBERTURA MAYOR DE 80 POR CIENTO EN LA EPOCA DE LETARGO.

| TIEMPO (MIN) | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| 5 | 13.32 | 13.71 | 13.73 | 13.73 | 13.70 | 13.64 |
| 10 | 10.15 | 13.64 | 13.34 | 13.55 | 13.66 | 12.87 |
| 15 | 8.95 | 10.75 | 10.15 | 10.15 | 13.61 | 10.72 |
| 20 | 8.35 | 10.75 | 10.15 | 10.15 | 13.48 | 10.58 |
| 25 | 8.35 | 10.75 | 11.35 | 10.52 | 13.49 | 10.82 |
| 30 | 8.35 | 11.35 | 11.95 | 10.15 | 13.26 | 11.01 |
| 35 | 8.35 | 11.35 | 11.95 | 10.75 | 12.90 | 11.06 |
| 40 | 8.35 | 11.35 | 12.55 | 10.75 | 12.49 | 11.10 |
| 45 | 8.35 | 11.35 | 11.95 | 10.75 | 12.31 | 10.94 |
| 50 | 8.35 | 11.35 | 12.55 | 10.75 | 12.20 | 11.04 |
| 55 | 8.35 | 11.35 | 11.95 | 10.75 | 12.14 | 10.91 |
| 60 | 8.35 | 11.35 | 12.55 | 10.75 | 12.25 | 11.05 |

APENDICE B

CUADRO B.1 CONCENTRACION DE SEDIMENTOS (GR/LT) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 2.35 | 2.11 | 2.25 | 1.87 | 1.93 | 2.102 |
| A1B2 | 1.57 | 1.74 | 3.96 | 2.23 | 3.11 | 2.522 |
| A1B3 | 1.44 | 1.41 | 1.52 | 1.69 | 1.86 | 1.584 |
| A1B4 | 1.60 | 1.66 | 0.69 | 1.56 | 1.54 | 1.412 |
| A1B5 | 1.28 | 1.76 | 1.40 | 0.80 | 0.87 | 1.222 |
| A2B1 | 4.13 | 3.32 | 3.85 | 4.13 | 2.43 | 3.572 |
| A2B2 | 3.26 | 3.12 | 2.16 | 3.69 | 2.23 | 2.892 |
| A2B3 | 1.57 | 1.74 | 1.86 | 2.00 | 1.92 | 1.818 |
| A2B4 | 1.41 | 1.42 | 1.45 | 1.35 | 1.42 | 1.410 |
| A2B5 | 1.43 | 1.44 | 1.55 | 1.41 | 1.52 | 1.470 |

APENDICE C

CUADRO C.1 ESCURRIMIENTO TOTAL (LT) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|------|-------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 86.5 | 103.5 | 76.5 | 83.5 | 68.5 | 83.70 |
| A1B2 | 55.5 | 95.0 | 79.5 | 91.0 | 73.0 | 78.80 |
| A1B3 | 43.0 | 73.5 | 61.5 | 91.5 | 84.5 | 70.80 |
| A1B4 | 49.5 | 57.0 | 36.5 | 0.9 | 27.5 | 34.28 |
| A1B5 | 48.0 | 2.0 | 0.9 | 18.0 | 1.0 | 13.98 |
| A2B1 | 123.0 | 122.0 | 99.5 | 95.5 | 75.3 | 103.06 |
| A2B2 | 89.5 | 80.9 | 86.1 | 116.3 | 99.4 | 94.44 |
| A2B3 | 83.0 | 97.5 | 84.8 | 105.7 | 81.4 | 90.48 |
| A2B4 | 29.5 | 48.1 | 50.5 | 45.3 | 38.9 | 42.46 |
| A2B5 | 47.9 | 20.6 | 17.4 | 27.2 | 7.9 | 24.20 |

APENDICE D

CUADRO D.1 PRODUCCION DE SEDIMENTOS (KG/HA) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 2033 | 2184 | 1721 | 1562 | 1322 | 1764.3 |
| A1B2 | 871 | 1653 | 3148 | 2029 | 2270 | 1994.4 |
| A1B3 | 619 | 1036 | 935 | 1546 | 1572 | 1141.7 |
| A1B4 | 792 | 946 | 252 | 14 | 424 | 485.5 |
| A1B5 | 614 | 35 | 13 | 144 | 9 | 163.0 |
| A2B1 | 5079 | 4050 | 3831 | 3944 | 1830 | 3747.0 |
| A2B2 | 2918 | 2524 | 1860 | 4292 | 2217 | 2761.9 |
| A2B3 | 1303 | 1697 | 1577 | 2114 | 1563 | 1650.8 |
| A2B4 | 416 | 683 | 732 | 612 | 552 | 599.1 |
| A2B5 | 685 | 297 | 270 | 384 | 120 | 351.0 |

APENDICE E

CUADRO E.1 COBERTURA AEREA DE GRAMINEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 9.0 | 6.0 | 4.0 | 6.0 | 5.0 | 6.00 |
| A1B2 | 25.9 | 9.0 | 10.0 | 14.0 | 10.0 | 13.60 |
| A1B3 | 53.0 | 44.0 | 46.0 | 47.0 | 31.0 | 44.20 |
| A1B4 | 60.0 | 64.0 | 71.0 | 65.0 | 66.0 | 65.20 |
| A1B5 | 76.0 | 83.0 | 78.0 | 80.0 | 79.0 | 79.20 |
| A2B1 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 4.0 | 8.0 | 3.00 |
| A2B2 | 17.0 | 10.0 | 39.0 | 22.0 | 34.0 | 24.40 |
| A2B3 | 49.0 | 41.0 | 44.0 | 40.0 | 61.0 | 47.00 |
| A2B4 | 95.0 | 93.0 | 88.0 | 88.0 | 85.0 | 89.80 |
| A2B5 | 98.0 | 100.0 | 91.0 | 91.0 | 98.0 | 95.60 |

CUADRO E.2 COBERTURA AEREA DE HERBACEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 7.0 | 5.0 | 7.0 | 5.0 | 6.0 | 6.00 |
| A1B2 | 4.0 | 16.0 | 11.0 | 11.0 | 13.0 | 11.00 |
| A1B3 | 3.0 | 10.0 | 2.0 | 7.0 | 14.0 | 7.20 |
| A1B4 | 5.0 | 8.0 | 3.0 | 3.0 | 1.0 | 4.00 |
| A1B5 | 5.0 | 4.0 | 4.0 | 6.0 | 16.0 | 7.00 |
| A2B1 | 0.0 | 3.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 1.20 |
| A2B2 | 6.0 | 14.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 4.40 |
| A2B3 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 7.0 | 2.80 |
| A2B4 | 1.0 | 0.0 | 7.0 | 0.0 | 2.0 | 2.00 |
| A2B5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 0.60 |

CUADRO E. 3 COBERTURA BASAL DE GRAMINEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 5.0 | 5.0 | 5.00 |
| A1B2 | 23.0 | 8.0 | 10.0 | 14.0 | 10.0 | 13.00 |
| A1B3 | 47.0 | 44.0 | 45.0 | 46.0 | 32.0 | 42.80 |
| A1B4 | 58.0 | 59.0 | 66.0 | 60.0 | 63.0 | 61.20 |
| A1B5 | 77.0 | 81.0 | 77.0 | 78.0 | 84.0 | 79.40 |
| A2B1 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 3.0 | 5.0 | 2.00 |
| A2B2 | 14.0 | 8.0 | 31.0 | 21.0 | 30.0 | 20.80 |
| A2B3 | 40.0 | 39.0 | 41.0 | 39.0 | 45.0 | 40.80 |
| A2B4 | 66.0 | 70.0 | 68.0 | 68.0 | 60.0 | 66.40 |
| A2B5 | 82.0 | 84.0 | 80.0 | 85.0 | 87.0 | 83.60 |

CUADRO E. 4 COBERTURA BASAL DE HERBACEAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 4.0 | 5.0 | 6.0 | 5.0 | 4.0 | 4.80 |
| A1B2 | 3.0 | 15.0 | 10.0 | 10.0 | 11.0 | 9.80 |
| A1B3 | 4.0 | 5.0 | 0.0 | 4.0 | 10.0 | 4.60 |
| A1B4 | 3.0 | 6.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | 3.00 |
| A1B5 | 3.0 | 3.0 | 5.0 | 6.0 | 11.0 | 5.60 |
| A2B1 | 0.0 | 3.0 | 3.0 | 0.0 | 0.0 | 1.20 |
| A2B2 | 6.0 | 14.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 4.20 |
| A2B3 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 5.0 | 1.60 |
| A2B4 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 1.00 |
| A2B5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 0.60 |

CUADRO E. 5 COBERTURA DE MANTILLO (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 3.0 | 5.0 | 2.0 | 2.0 | 6.0 | 3.60 |
| A1B2 | 13.0 | 5.0 | 7.0 | 5.0 | 10.0 | 8.00 |
| A1B3 | 24.0 | 26.0 | 25.0 | 10.0 | 26.0 | 22.20 |
| A1B4 | 15.0 | 19.0 | 16.0 | 29.0 | 28.0 | 21.40 |
| A1B5 | 18.0 | 9.0 | 13.0 | 7.0 | 3.0 | 10.00 |
| A2B1 | 4.0 | 3.0 | 8.0 | 8.0 | 20.0 | 8.60 |
| A2B2 | 11.0 | 25.0 | 34.0 | 20.0 | 42.0 | 26.40 |
| A2B3 | 11.0 | 24.0 | 43.0 | 36.0 | 27.0 | 28.20 |
| A2B4 | 22.0 | 18.0 | 15.0 | 27.0 | 28.0 | 22.00 |
| A2B5 | 15.0 | 14.0 | 18.0 | 12.0 | 10.0 | 13.80 |

CUADRO E. 6 COBERTURA DE GRAVA Y PIEDRAS (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|-----|-----|-----|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 4.0 | 1.00 |
| A1B2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 0.40 |
| A1B3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| A1B4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| A1B5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| A2B1 | 42.0 | 29.0 | 0.0 | 7.0 | 5.0 | 16.60 |
| A2B2 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 1.80 |
| A2B3 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | 1.00 |
| A2B4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |
| A2B5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.00 |

CUADRO E. 7 SUELO DESNUDO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 97.0 | 84.0 | 88.0 | 88.0 | 81.0 | 87.60 |
| A1B2 | 61.0 | 72.0 | 73.0 | 70.0 | 68.0 | 68.80 |
| A1B3 | 25.0 | 25.0 | 30.0 | 40.0 | 32.0 | 30.40 |
| A1B4 | 24.0 | 16.0 | 16.0 | 8.0 | 8.0 | 14.48 |
| A1B5 | 2.0 | 7.0 | 5.0 | 9.0 | 2.0 | 5.00 |
| A2B1 | 54.0 | 65.0 | 87.0 | 82.0 | 70.0 | 71.60 |
| A2B2 | 66.0 | 51.0 | 34.0 | 57.0 | 26.0 | 46.80 |
| A2B3 | 47.0 | 35.0 | 14.0 | 23.0 | 23.0 | 28.40 |
| A2B4 | 12.0 | 12.0 | 12.0 | 5.0 | 12.0 | 10.60 |
| A2B5 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 1.0 | 2.0 | 2.00 |

APENDICE F

CUADRO F.1 CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA DEL SUELO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 3.8 | 4.3 | 7.7 | 4.6 | 5.4 | 5.18 |
| A1B2 | 3.8 | 8.2 | 6.3 | 6.0 | 5.5 | 5.95 |
| A1B3 | 7.5 | 5.6 | 8.9 | 8.0 | 6.8 | 7.36 |
| A1B4 | 8.2 | 8.0 | 8.2 | 4.1 | 6.2 | 6.91 |
| A1B5 | 5.1 | 5.2 | 6.3 | 6.2 | 7.0 | 5.96 |
| A2B1 | 3.9 | 4.1 | 5.6 | 8.8 | 7.7 | 6.02 |
| A2B2 | 6.0 | 8.2 | 6.6 | 5.7 | 6.4 | 6.59 |
| A2B3 | 6.5 | 7.4 | 6.0 | 4.9 | 6.2 | 6.21 |
| A2B4 | 8.0 | 6.9 | 6.5 | 6.5 | 6.0 | 6.78 |
| A2B5 | 5.0 | 5.8 | 4.4 | 5.6 | 6.0 | 5.37 |

CUADRO F.2 FRACCION DE LIMO (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 30.4 | 28.4 | 28.4 | 32.4 | 30.4 | 30.00 |
| A1B2 | 26.4 | 40.4 | 34.4 | 30.4 | 32.4 | 32.80 |
| A1B3 | 34.4 | 28.4 | 28.4 | 28.4 | 24.4 | 28.80 |
| A1B4 | 30.4 | 32.4 | 32.4 | 30.4 | 28.4 | 30.80 |
| A1B5 | 26.4 | 28.4 | 28.4 | 32.4 | 32.4 | 29.60 |
| A2B1 | 34.0 | 38.0 | 36.0 | 34.0 | 32.0 | 34.80 |
| A2B2 | 30.0 | 36.6 | 26.4 | 26.4 | 26.4 | 27.36 |
| A2B3 | 32.0 | 28.0 | 24.0 | 26.4 | 26.4 | 27.36 |
| A2B4 | 34.0 | 32.0 | 22.4 | 26.4 | 26.4 | 28.24 |
| A2B5 | 28.4 | 28.4 | 24.4 | 24.4 | 18.4 | 24.80 |

CUADRO F. 3 FRACCION DE ARENA (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 21.2 | 19.2 | 15.2 | 15.2 | 19.2 | 18.00 |
| A1B2 | 23.2 | 5.2 | 13.2 | 13.2 | 11.2 | 13.20 |
| A1B3 | 9.2 | 21.2 | 13.2 | 15.2 | 17.2 | 15.20 |
| A1B4 | 15.2 | 13.2 | 11.2 | 15.2 | 13.2 | 13.60 |
| A1B5 | 23.2 | 15.2 | 15.2 | 11.2 | 15.2 | 16.00 |
| A2B1 | 28.4 | 18.4 | 16.4 | 24.2 | 24.4 | 22.36 |
| A2B2 | 22.4 | 20.4 | 27.6 | 29.6 | 27.6 | 25.52 |
| A2B3 | 22.4 | 30.4 | 22.4 | 29.6 | 29.6 | 26.88 |
| A2B4 | 20.4 | 22.4 | 29.6 | 25.6 | 29.6 | 25.52 |
| A2B5 | 21.6 | 21.6 | 23.6 | 27.6 | 33.6 | 25.60 |

CUADRO F. 4 FRACCION DE ARCILLA (%) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 48.4 | 52.4 | 56.2 | 52.4 | 50.1 | 51.94 |
| A1B2 | 50.4 | 54.4 | 52.4 | 56.4 | 56.4 | 54.00 |
| A1B3 | 56.4 | 50.4 | 58.4 | 56.4 | 58.4 | 56.00 |
| A1B4 | 54.4 | 54.4 | 56.4 | 54.4 | 58.4 | 55.60 |
| A1B5 | 50.4 | 56.4 | 56.4 | 56.4 | 52.4 | 54.40 |
| A2B1 | 37.6 | 43.6 | 47.6 | 41.6 | 43.6 | 42.80 |
| A2B2 | 47.6 | 43.6 | 46.0 | 44.0 | 46.0 | 45.44 |
| A2B3 | 45.6 | 41.6 | 53.6 | 44.0 | 44.0 | 45.76 |
| A2B4 | 45.6 | 45.6 | 48.0 | 48.0 | 44.0 | 46.24 |
| A2B5 | 50.0 | 50.0 | 42.0 | 48.0 | 48.0 | 47.60 |

CUADRO F. 5 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (%) OBTENIDO POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 30.6 | 32.5 | 26.9 | 15.4 | 27.5 | 26.59 |
| A1B2 | 32.3 | 19.0 | 8.9 | 19.0 | 17.3 | 19.29 |
| A1B3 | 36.9 | 38.0 | 25.3 | 16.9 | 19.8 | 27.36 |
| A1B4 | 33.0 | 28.0 | 24.8 | 29.6 | 29.3 | 28.92 |
| A1B5 | 19.6 | 27.0 | 28.0 | 45.0 | 28.5 | 29.62 |
| A2B1 | 16.2 | 17.7 | 19.5 | 21.4 | 18.0 | 18.58 |
| A2B2 | 21.9 | 11.9 | 14.1 | 23.1 | 19.4 | 18.07 |
| A2B3 | 21.7 | 21.9 | 19.2 | 22.4 | 20.0 | 21.00 |
| A2B4 | 19.2 | 22.9 | 21.2 | 18.3 | 8.9 | 18.07 |
| A2B5 | 29.9 | 21.1 | 13.4 | 12.2 | 19.0 | 19.12 |

CUADRO F. 6 DENSIDAD APARENTE DEL SUELO (GR/CC) OBTENIDA POR REPETICION PARA CADA TRATAMIENTO UTILIZADO.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | | \bar{X} |
|--------------|--------------|------|------|------|------|-----------|
| | I | II | III | IV | V | |
| A1B1 | 0.90 | 0.87 | 0.94 | 1.02 | 1.17 | 0.980 |
| A1B2 | 0.93 | 0.85 | 1.02 | 1.02 | 1.04 | 0.972 |
| A1B3 | 0.90 | 1.05 | 0.94 | 1.00 | 0.93 | 0.964 |
| A1B4 | 0.84 | 0.93 | 0.91 | 1.05 | 0.90 | 0.926 |
| A1B5 | 1.18 | 0.97 | 1.09 | 0.87 | 0.90 | 1.002 |
| A2B1 | 1.07 | 1.00 | 1.16 | 1.06 | 0.98 | 1.054 |
| A2B2 | 1.03 | 1.02 | 1.19 | 1.04 | 1.01 | 1.058 |
| A2B3 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 1.00 | 0.976 |
| A2B4 | 1.13 | 0.95 | 1.04 | 1.05 | 1.11 | 1.056 |
| A2B5 | 0.96 | 1.01 | 1.02 | 1.28 | 1.01 | 1.056 |