

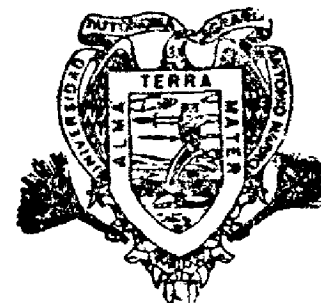
**EFFECTO DE TRES GRAMINEAS SOBRE LA
INFILTRABILIDAD Y LA ERODABILIDAD EN UN
SUELO CON PASTIZAL MEDIANO ABIERTO**

CARLOS ALEJANDRO BERLANGA REYES

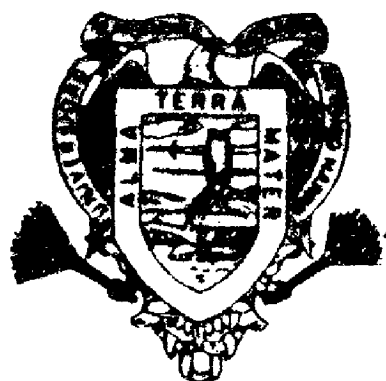
T E S I S

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

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



B I B L I O T E C



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista. Saltillo. Coah.

FEBRERO DE 1998

**Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y
aprobada como requisito parcial para optar al grado de :**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
MANEJO DE PASTIZALES**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



Ing. M.C. José Dueñez Alanís


Asesor:

Lic. M.C. Emilio Padrón Corral

Asesor:



Ing. M.C. Luis Lauro de León González



Dr. Jesús Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Posgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila
Febrero de 1998

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del comité particular de tesis por su motivación y las aportaciones tan valiosas a este documento para su presentación.

Al Ing. José Dueñez Alanís por su desinteresada colaboración y conducción del presente estudio.

Al Ing. MC. Luis Lauro de León González, por su colaboración y acertadas indicaciones.

Al Lic. MC. Emilio Padrón Corral por su apoyo y conducción estadística.

Al Ing. Octavio Berlanga Reyes por su apoyo en el cómputo y elaboración de gráficas del trabajo.

Al Ing. Melchor García Valdez por su amistad y desinteresado apoyo en la captura de datos de campo durante el transcurso de este trabajo.

Al INIFAP y CONACyT, por su apoyo económico para la realización de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por darme la oportunidad de cursar mis estudios de posgrado en sus aulas.

A mis maestros y compañeros que durante esta corta estancia se involucraron de una manera u otra en la formación del presente estudio.

Al personal administrativo del Departamento de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

A mis compañeros del INIFAP por su apoyo.

A ti que calladamente me impulsas y animas a seguir adelante.

DEDICATORIA

CON AMOR:

A mi esposa:

Emma Elizabeth Romo García

A mis Hijos:

Emma Elizabeth

Carlos Alejandro

Brenda Nohemi

A mi Padre (Q. E. P. D.): Sr. Octavio Berlanga Padilla

Al Ph. D. Julián Gutiérrez Castillo (Q. E. P. D.), por tu amistad y tus enseñanzas.

A mi madre: Sra. María Ofilia Reyes Vda. De Berlanga

A mis Hermanos: Octavio, Magda, Francisco y Martha

A mis suegros: Sr. Manuel Romo Galán

Sra. Emma García de Romo

A mis cuñados y cuñadas

COMPENDIO

EFFECTO DE TRES GRAMÍNEAS SOBRE LA INFILTRABILIDAD Y LA ERODABILIDAD DE UN SUELO CON PASTIZAL MEDIANO ABIERTO.

POR

CARLOS ALEJANDRO BERLANGA REYES

MAESTRÍA

MANEJO DE PASTIZALES

UNIVERSIDAD AUTONÓMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRERO DE 1998.

Ing. MC. José Dueñez Alanís - Asesor -

Palabras clave: Infiltrabilidad, erosión, erodabilidad, concentración de sedimentos, simulación de lluvia, época de lluvia, pastizal mediano abierto, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Buchloe dactyloides*.

El objetivo del presente estudio consistió en evaluar el efecto de tres especies de gramíneas: *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* sobre la infiltrabilidad, la concentración de sedimentos y la erosión laminar en suelo de Pastizal Mediano Abierto.

La investigación fue realizada en el Rancho Experimental Demostrativo Ganadero Los Angeles de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro durante los meses de junio, agosto y octubre de 1996; la infiltrabilidad y la erodabilidad se determinó con el uso de un simulador de lluvia de boquilla simple, similar al descrito por Wilcox *et al.* (1986), aplicando una intensidad de 20.51 durante 30 minutos/cm/hr a parcelas de 38 × 38 cm con cobertura del 100 por ciento de cada especie en estudio. La infiltrabilidad fue calculada como la diferencia entre la lluvia simulada y la tasa de escurrimiento a intervalos de cinco minutos; la concentración de sedimentos fue estimada de una muestra de 1 lt colectada del volumen del escurrimiento de cada prueba de simulación en los tiempos indicados, posteriormente fueron filtrados y secados en estufa y la diferencia entre pesos de filtros en seco determinó su peso en gramos por litro (concentración de sedimentos) esta cantidad fue multiplicada por el total de escurrimiento recolectado en el período y dividida entre el área de la parcela para obtener la erosión laminar.

Los resultados muestran que la infiltrabilidad es mayor en *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis* en la época de junio, mientras que *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* lo fueron durante la época de lluvias; después de la época de lluvias no se registró diferencia estadística entre las tres especies. Los mayores registros de infiltrabilidad generalmente se obtuvieron hasta los primeros 15 minutos y a partir de este tiempo su tendencia es constante en las pruebas de simulación.

La concentración de sedimentos tuvo un comportamiento similar para las tres especies durante las tres épocas de estudio, teniendo una alta significancia debido sólo a los altos valores registrados en las parcelas de suelo desnudo sus valores disminuyeron a mayor tiempo de simulación de lluvia.

La erosión laminar registrada el mes de junio indicó que *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis* son las especies que más protegen al suelo de la erosión. *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* en la temporada de lluvias; posterior a la época de lluvias las tres especies son similares en la protección del suelo de las fuerzas erosivas de la precipitación.

ABSTRACT

**EFFECTS OF THREE GRASSES ON INFILTRABILITY AND ERODABILITY
IN A SOIL FROM A SHORT RANGELAND**

BY

CARLOS ALEJANDRO BERLANGA REYES

MASTER OF SCIENCE

RANGE MANAGEMENT

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. FEBRUARY, 1998

Ing. MC. José Dueñez Alanis - Adviser -

Key words: Infiltrability, erosion, erodability, sedimen concentration, rainfall simulation, rainfall season, short rangeland, *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*. *Buchloe dactyloides*.

The objetive was to evaluate three grasses effect, sideoats grama (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr), blue grama (*Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag.) and buffalograss (*Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.) on the infiltrability, interril erosion and sediments concentration in a short rangeland soil.

The research was conduced in the Rancho Los Ángeles of the Southeastern Coahuila, México, during june, august and october 1996. A nozzle-type rainfall simulator

was utilized for to apply high intensity (20.51 cm/hr) rainfall during 30 minutes on plots of 38 × 38 cm with cover of 100 per cent by each specie.

The infiltrability was calculated as the difference between an applied rainfall and the runoff rate for specific intervals time of five minutes and, the sediment was measure by colecting a 1 lt sample of runoff plus sediment from each plot in each interval time, after were dryed and the weighted, the difference between weight filters drying, determining in wright at (sediments concentration); these account was multiplicate by total runoff colected by period and divided by plot area for to obtain the interrill erosion.

The infiltrability recorded for the specie grasses, indicate that is major in buffalograss and blue grama before rainfall season. It was major for blue grama and sideoats grama during and after the rainfall season blue grama, sideoats grama and buffalograss has been similar statistic behavior. The maxime infiltrability were before the fifteen minutes, after were constrand on plots of the rainfall simulation. The sediment concentration has been similar statistic behavior in the three grasses at the three seasons, the bare soil was high statistic significant, it has high values on the study, values decreced with the incrementing in time.

The interrill erosion recorded during June indicate that buffalograss and blue grama are the species that gives the major soil protection of the erosion. On the rain season the species were blue grama and sideoats grass and, after rain season the three species were similars for the protect the soil from the erosive forces of the precipitation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de Figuras.....	x
Índice de Cuadros	xiv
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo	2
Hipótesis	2
Justificación	2
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Descripción de Especies en Estudio	4
Infiltrabilidad	6
Erodabilidad	9
Concentración de Sedimentos	10
Erosión Laminar.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Descripción General del Área de Estudio	14
Localización	14
Clima	14
Geología	16
Hidrología	16
Vegetación	16
Suelos	17
Descripción del Área.....	17

	Página
Descripción del Simulador	18
Métodos	18
Selección de los Sitios de Estudio	18
Simulación de la Lluvia	19
Estimación de la Tasa de Escurrimiento	19
Estimación de la Infiltrabilidad	19
Estimación de la Concentración de Sedimentos	20
Estimación de la Erosión Laminar	20
Análisis Estadístico.....	20
Tratamientos.....	20
Análisis de Varianza.....	21
Pruebas de Medias.....	23
RESULTADOS	24
Infiltrabilidad	24
Concentración de Sedimentos	34
Erosión Laminar	46
DISCUSIÓN	55
Infiltrabilidad.....	55
Concentración de Sedimentos.....	57
Erosión Laminar.....	59
CONCLUSIONES	60
RESUMEN	62
LITERATURA CITADA	64
APÉNDICE	68

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Pág.
3.1	Localización Geográfica del Rancho Los Ángeles.....	15
4.1	Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.....	25
4.2	Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	27
4.3	Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	28
4.4	Valores medios de concentración de sedimentos (gr/lt) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	35
4.5	Valores medios de concentración de sedimentos (gr/lt) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	37
4.6	Valores medios de concentración de sedimentos (gr/lt) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	39

No.		Pág.
4.7	Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (<i>Su de</i>) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	47
4.8	Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (<i>Su de</i>) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	49
4.9	Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies <i>Bouteloua curtipendula</i> (<i>Bo cu</i>), <i>Bouteloua gracilis</i> (<i>Bo gr</i>), <i>Buchloe dactyloides</i> (<i>Bu da</i>) y área control de suelo desnudo (<i>Su de</i>) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	51

ÍNDICE DE CUADROS

No.		Pág.
4.1	Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	29
4.2	Significancia estadística de los cuadrados medios de los efectos simples de la interacción épocas/especies y especies/época para la variable infiltrabilidad del suelo en un Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	30
4.3	Comparación múltiple de medias por el método Tukey de épocas/especies para la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$	31
4.4	Comparación múltiple de medias por el método Tukey de especies/épocas para la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$	32
4.5	Significancia estadística de los cuadrados medios para los efectos simples de las especies/tiempo y tiempos/especies para la infiltrabilidad del suelo en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	32
4.6	Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta infiltrabilidad (cm/hr) para especies/tiempos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$	33
4.7	Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta infiltrabilidad (cm/hr) para tiempos/especie en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$	34
4.8	Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la concentración de sedimentos (g/lt) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	40
4.9	Cuadrados medios de los efectos simples de las época/especies y especies/época en la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	41

No.	Pág.
4.10 Comparación múltiple de medias por el método Tukey para la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) de épocas/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$	42
4.11 Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para especies/época en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	42
4.12 Cuadrados medios de los efectos simples de épocas/tiempos y tiempos/épocas para la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	43
4.13 Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable concentración de sedimentos (g/lt) para épocas/tiempo en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	43
4.14 Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable concentración de sedimentos (g/lt) para tiempos/épocas en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	44
4.15 Significancia estadística de los cuadrados medios de los efectos simples de las especies/tiempos y tiempos/especies en la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	45
4.16 Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para especies/tiempo en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	45
4.17 Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para tiempos/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	46
4.18 Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la erosión laminar (kg/ha) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	52
4.19 Cuadrados medios de los efectos simples de las épocas/especies y especies/épocas en la erosión laminar en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.	53

No.		Pág.
4.20	Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la erosión laminar (kg/ha) para épocas/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	53
4.21	Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta erosión laminar (kg/ha) de especies/épocas en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha=0.01$	54

INTRODUCCIÓN

Por su ubicación geográfica, los pastizales del norte de México se encuentran en las zonas de alto riesgo para un sistema de producción intensivo, debido principalmente a que las precipitaciones ocurren de manera muy localizada, errática y de gran intensidad, por lo que es común que un sólo evento llega a generar escurrimientos superficiales que no son utilizados, poca agua es almacenada en el suelo y son arrastradas grandes cantidades de suelo.

Este fenómeno, a través del tiempo se manifiesta con mayor frecuencia en las áreas donde el hombre realiza alguna actividad de manejo, desarrollo o asentamiento humano. Fuertemente ligado a esto, se presenta también una baja entrada de agua al suelo, ya que la acción de uno afecta directamente al otro. Debido a la complejidad de los ecosistemas de pastizal, se hace manifiesta la necesidad de estudiar los componentes o factores que los afectan de una manera interrelacionada y de comprender la serie de procesos que los conforman.

En los ecosistemas de pastizal, la precipitación es la fuente principal de abastecimiento de agua al suelo y vegetación, a través del fenómeno infiltración-escurrimiento, por lo que son los más importantes procesos hidrológicos en el manejo de las cuencas al determinar la disponibilidad de la humedad para las plantas, la recarga de los mantos acuíferos y la causa de la pérdida del suelo.

Una cubierta vegetal bien establecida del pastizal, permite además influir directamente en estos procesos en la retención de los escurrimientos, la estabilización y conservación de los suelos del pastizal, al interceptar y amortiguar el impacto de las gotas de lluvia y evitar la disgregación de partículas de la superficie del suelo.

Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo el determinar la influencia de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* en la infiltrabilidad, la concentración de sedimentos y la erosión laminar de un suelo con Pastizal Mediano Abierto.

Hipótesis

La infiltrabilidad, la concentración de sedimentos y la erosión laminar del Pastizal Mediano Abierto son iguales bajo cobertura de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides*.

Justificación

CONAZA-SEDESOL (1994) establecen que México pierde suelo fértil en promedio de 2.75 ton/ha/año en un 80 por ciento del territorio nacional por algún grado de erosión, estimándose anualmente que 460 millones de toneladas de suelo son pérdidas por efectos de erosión y en Coahuila el 45 por ciento de su superficie es afectado por erosión severa a extrema, lo cual indica la baja capacidad del suelo para

retener los escurrimientos por su escasa tasa de infiltración y la pobreza de la cobertura vegetal.

Grandes extensiones de superficie son abiertas al cultivo modificando sus aptitudes de uso para diversos fines que el hombre persigue sin considerar la vegetación y especies nativas que ahí prosperan. Conocer el valor y la importancia de las especies implica realizar gastos que se piensa no serán recuperados y menos aun cuando los proyectos fracasan y traen como consecuencia el empobrecimiento y la pérdida del suelo, denudado y expuesto a los procesos erosivos por la acción de la precipitación y el viento; el presente estudio considera entre otros atributos de las especies vegetales en el suelo así como el papel de las especies presentes en un ecosistema de pastizales estudiar su influencia en la conservación y estabilización de los suelos y el estudio de los procesos hidrológicos del pastizal mediano abierto. En este sentido, es necesario destacar los valores intangibles, éstos en la mayoría de las ocasiones son de gran relevancia sobre los que son más tangibles; esto es, resulta más económico conservar un centímetro de suelo que obtener una buena producción un año y los siguientes solamente el deterioro de los recursos naturales.

REVISIÓN DE LITERATURA

Descripción de Especies en Estudio

Bouteloua curtipendula (Michx.) Torr. var. *curtipendula*

Culmos delgados y débiles en pequeños macollos; estolones o culmos estoloníferos generalmente desarrollados, rizomas rastreros presentes o ausentes; láminas moderadamente anchas, relativamente largas y delgadas, de 2.5 mm de ancho, las plantas del oeste de México con hojas basales muy curvadas. Ramificaciones de la inflorescencia con cuatro a nueve espiguillas, éstas frecuentemente poco espaciadas en el raquis; la espiguilla puede ser de color café o de tonalidades de púrpura; anteras usualmente de color amarillo o naranja en las plantas del oeste de México y rojas o rojo naranja en plantas del este de México $n = 10$ ó 20 ; excelente pasto forrajero. (SARH-COTECOCA, 1987).

Bouteloua gracilis (H. B. K.) Lag.

Culmos de 15 a 20 cm de alto, con dos o tres nudos, amacollados o formando césped bajo presión de pastoreo, erectos, simples, lisos o glabros; vainas glabras, híspidas en el collar; láminas de dos a 10 cm de largo por dos mm de ancho, involutas cuando menos cerca de la punta larga y delgada, los márgenes lisos o escabrosos o algunas veces dispersamente pilosos. Inflorescencia con una a tres

espigas, de 2.5 a cinco cm de largo, generalmente curvadas; raquis terminado en un punto; espiguillas casi de seis mm de largo; raquilla con un mechón de vellos largos bajo la espiguilla rudimentaria; primera gluma angosta, acumunada, de cuatro mm de largo, barbada en la base con pelos largos en ambas caras de la nervadura media, los márgenes con los cilios cortos y el ápice ligeramente lobulado, con una arista central como de 1 mm de largo, densamente barbado en la base, con lóbulos anchos en forma de capucha, aristas de casi tres mm de largo, algunas veces se desarrolla un flósculo rudimentario sin arista; $n = 10, 20 \text{ ó } 30$; excelente pasto forrajero. (SARH-COTECOCA, 1987).

***Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engelm.**

Culmos comunmente de 10 a 20 cm de alto, los de las plantas femeninas casi siempre más cortos, en macollos pequeños o densos formando manchones, con estolones de cinco a 60 cm de largo; las primeras hojas forman un césped denso de color verde y gris, pajizo durante la sequía y rojo oscuro en las heladas, comúnmente de cinco a 10 cm de grueso; vainas con márgenes sobrepuestos, laxas y generalmente pilosas en la garganta; láminas de dos a 10 cm de largo por uno a tres mm de ancho, dispersamente pilosas o ciliadas en ambas superficies, nervaduras incospicuas, márgenes ligeramente escabrosos y pilosos, los pelos con frecuencia papilosos. Inflorescencia de la planta estaminada aproximadamente con dos o tres espigas sésiles o subsésiles en un lado del raquis, de cinco a 15 mm de largo, exertas de las vainas superiores, cada espiga con cerca de 10 espiguillas; espiguillas estaminadas casi de cuatro mm de largo; inflorescencia pistilada ligeramente incluida en las vainas infladas y en la parte oculta de las hojas, con una a dos espigas o cabezuelas sésiles de tres a cuatro mm de diámetro

que caen enteras; espiguillas pistiladas frecuentemente cuatro a cinco (rara vez uno o siete) por espiga o cabezuela, 1-flosculadas, raquis de la espiguilla engrosado, endurecido y ensanchado por la segunda gluma formando una estructura globular rígida y blanca, coronada por unos dientecillos verdes en el ápice; n = 10, 20, 28 ó 30 de excelente valor forrajero (SARH-COTECOCA, 1987).

Los pastizales son considerados como las cuencas hidrológicas del mundo ya que por su extensión en la superficie terrestre, la producción y la calidad del agua es directamente influenciada por la clase de manejo que reciben (Huss y Aguirre, 1974).

La infiltrabilidad del suelo, erosión y concentración de sedimentos son directamente influenciados por la cubierta vegetal y otros factores asociados al suelo.

Infiltrabilidad

Horton en 1933 definió el proceso infiltración como la entrada de agua en la superficie del suelo y destacó su importancia en el ciclo hidrológico. Gutiérrez *et al.* (1988) lo definen como el paso del agua a través de la superficie del suelo y mencionan que debe ser considerado como un fenómeno estrictamente superficial, distinguiendo la tasa de infiltración como la cantidad de agua que puede absorber el suelo por unidad de tiempo (Branson *et al.* 1981).

La infiltrabilidad es considerada como una propiedad del suelo que se modifica en el transcurso de las actividades en el manejo y uso del mismo. Hillel (1980) la define como el flujo de agua que entra al suelo cuando está a presión atmosférica, se encuentra disponible en la superficie del suelo, sin embargo, este término no ha sido bien adoptado

pero enmarca el término tasa de infiltración (Branson *et al.*, 1981; Gutiérrez *et al.*, 1990).

Blackburn *et al.* (1986) determinaron que la infiltración en áreas con zacates amacollados fue del 75.5 por ciento y 54.6 por ciento en áreas con zacates estoloníferos y del 25 por ciento en áreas de suelo desnudo. Thurow *et al.* (1986) al estudiar los sitios de matorral de encino, pastizal amacollado y pastizal mediano abierto de zacate galleta y su respuesta al apacentamiento, dicen que la infiltración es alta a los cinco minutos en los tres sitios, pero rápidamente decrecieron a su máxima infiltración; la cobertura orgánica y densidad aparente estaban altamente correlacionadas con su infiltración y que la cobertura vegetal en cantidad es más importante que su tipo, proteger más al suelo de los impactos de las gotas de lluvia. Gutiérrez *et al.*, (1990) determinaron que la infiltración es mayor en el pastizal mediano abierto que en un pastizal amacollado y un matorral micrófilo.

Claveran *et al.*, (1987) encontraron que la infiltrabilidad es influenciada por los cambios sucesionales de los sitios de vegetación y éstas fueron más altas en los sitios de zacates con encino, al incrementarse de 1.31 a 4.15 cm/hr en los sitios bajo condiciones de pastoreo y excluidas al pastoreo, respectivamente.

Gutiérrez *et al.* (1988) señalan que la infiltración en el pastizal mediano abierto del Rancho Los Ángeles es influenciada por el porcentaje de materia orgánica, contenido de humedad y porcentaje de arena. Cuando la intensidad de la lluvia de un evento de precipitación, excede la infiltración del suelo en un tiempo dado, se genera un

exceso de agua en la superficie que causa el escurrimiento superficial al rebasar el microrelieve en el sentido de la pendiente (Gutiérrez y Rivera, 1992).

Hernández *et al.* (1993) mencionan que la infiltración es más alta en la época de crecimiento y menor en la época de letargo con la misma cobertura de las gramíneas en el pastizal mediano abierto en la misma localidad citada en el párrafo anterior, con un 50 por ciento se maximiza la infiltrabilidad y es necesario tener 80 por ciento de cobertura vegetal en la época de letargo, pero cuando no se cumple esta condición es inevitable que se presente el proceso de erosión del suelo.

Dadkhah y Gifford (1980) encontraron que las áreas con especies de zacates estoloníferos tienen mayor infiltración que las áreas cubiertas con zacates amacollados; sin embargo, esta diferencia no es significativa desde el punto de vista práctico y operacional, ya que la infiltración decreció significativamente con el pisoteo, mas ésta no se incrementa cuando la cobertura con zacate varía entre 30 y 80 por ciento.

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

Erodabilidad

En los pastizales de las cuencas de zonas áridas y semiáridas, la escasa precipitación y la alta evapotranspiración producen una pobre mezcla de suelo y plantas, por lo que cuando la intensidad de la precipitación es alta y excede la infiltrabilidad y la capacidad de almacenamiento del suelo, fluye hacia las partes más bajas y vulnerables al proceso de erosión; sin embargo, las cuencas que tengan cualquier tipo de suelo con buena cobertura vegetal resisten mejor la erosión que aquéllas con cobertura vegetal muy pobre (Rauzi y Zingg, 1975; Blackburn, 1955; Wood, 1988; Brooks *et al.*, 1991).

Erosión es la cantidad total de partículas de suelo que son removidas de un área por la acción de la lluvia o la acción del viento y su deposición en un sitio particular (Branson *et al.*, 1981). La erosión superficial, es el desprendimiento y transporte de partículas de suelo individual o en agregados de la superficie terrestre, originada por la acción de las gotas de lluvia y el escurrimiento superficial, esta remoción de suelo puede ser en forma laminar cuando se lleva sobre capas delgadas de suelo, o en ocasiones sobre pequeños canalillos y cárcavas.

La erosión es un proceso que se refiere al desprendimiento y transporte de material del suelo; éstos, una vez que son transportados son conocidos como sedimentos. El principal agente como fuerza erosiva del suelo es la lluvia y el escurrimiento, ocasionada por el impacto de las gotas de lluvia y el flujo superficial del agua; por su parte, el suelo posee una fuerza de resistencia compleja y difícil de cuantificar, algunas de esas características son la cohesión de las partículas, la masa, volumen y área superficial de materiales de la superficie y la cantidad de material vegetal

vivo o muerto que protege y recibe los efectos directos de la fuerza erosiva, además de considerar la interacción de las mismas características que actúan, como es el proceso de infiltración y el microrelieve del suelo que decrece la cantidad y velocidad del escurrimiento, el material orgánico vivo o muerto que protege al suelo cementa las partículas y forma agregados, manteniendo una alta porosidad e infiltración; conjuntamente, la fuerza erosiva del agua es un proceso que involucra una fase descriptiva y empírica debido a la interacción de las características, por ello la estimación de la resistencia del suelo a la erosión es menos precisa que la medición de la fuerza erosiva del agua (Satterlund y Adams, 1992).

Erodabilidad del suelo puede ser definida como la susceptibilidad de un suelo en particular a ser erosionado en una unidad de parcela, asociada a los agentes erosivos y a las cualidades físicas y químicas del suelo. Lane *et al.* (1982) la define como la cantidad de suelo perdido por unidad de índice de erosión medida en una unidad de parcela; Hewlett (1982) la menciona o define como una característica del material expuesto a la erosión que denota susceptibilidad a los agentes erosivos; Brooks *et al.* (1991) la definen como el índice de susceptibilidad del suelo a la erosión y es expresada como el suelo perdido por unidad de erosión. La erodabilidad es menor en suelos permeables y es mayor en los suelos con muy poca permeabilidad (Satterlund y Adams, 1992).

Concentración de Sedimentos

La concentración de sedimentos es definida como la proporción de masa de suelo (arcilla, limo y material orgánico) en un punto dado expresada en gramos por litro

definido como la separación y transporte del suelo de la superficie de la tierra (Colman, 1953; Branson *et al.*, 1981; Brooks *et al.*, 1991). Shen y Julien (1993) mencionan que la concentración de sedimentos es usada para representar el volumen de sedimentos mezclados en el agua.

Cuando el agua de lluvia se encuentra en la superficie terrestre, ésta puede infiltrarse, permanecer en el suelo o bien correr sobre su superficie. El escurrimiento o corriente sobre el terreno es sólo una parte de los escurrimientos que fluyen hacia el canal más próximo (Dunne y Leopold, 1978; Branson *et al.*, 1981; Brooks *et al.*, 1991). Este es uno de los componentes más importantes en las cuencas de pastizales porque es la causa principal de la erosión y el medio de transporte más importante de los sedimentos (Branson *et al.*, 1981, Medina y Gutiérrez 1990; Thurow, 1991).

La concentración de sedimentos es una respuesta inmediata a la intensidad de los eventos de precipitación que se presentan en una lluvia de alta intensidad, propiciando el transporte de los sedimentos como al inicio de cualquier evento y este suministro de suelo decrece conforme aumenta el escurrimiento (Bradford *et al.*, 1987; Scoging, 1989).

Parsons *et al.* (1991) reportan que un área dominada por *Bouteloua spp.* y *Andropogon barbinodis* (Lag.) Herter e *Hilaria belangeri* (Steud.) Nasy, la separación del suelo presenta dos modelos durante una lluvia intensa, en el primer caso la concentración de sedimentos en los escurrimientos bajó con el tiempo desde el inicio de la lluvia, pero en el segundo, éste incrementó durante los primeros 15-20 minutos y después bajó conforme transcurrió el tiempo.

Hernández *et al.* (1993) mencionan que en el pastizal mediano abierto del Rancho Los Ángeles con dominancia de *Bouteloua* spp., *Buchloe dactyloides*, *Leptochloa dubia* y *Muhlenbergia repens* la concentración de sedimentos es mayor en la época de letargo que en la de crecimiento y tiene una relación negativa con la cobertura vegetal.

La presencia de interespacios de la vegetación en los suelos de los pastizales está relacionada positivamente con la concentración de sedimentos. Balliette *et al.* (1986) reportaron concentraciones de sedimentos entre 1.5 y 8.9 g/l en los interespacios y entre 1.9 y 6.7 g/l bajo la copa de *Artemisia tridentata* con interespacios de *Xanthocephalum sarotrae*, *Bouteloua gracilis*, *Sporobolus cryptandrus*, *Hilaria jamesii* y *Sitanion hixtris*.

Erosión Laminar

La erosión laminar es definida como el movimiento de partículas de la capa del suelo semisuspendidas sobre su superficie (Scoging, 1989; Brooks *et al.*, 1991). Shen y Julien (1993) mencionan que el escurrimiento superficial produce la erosión laminar, la cual separa el material de la superficie del suelo por el impacto de las gotas de lluvia y la posterior remoción por el flujo del escurrimiento superficial. La erosión laminar es usualmente mayor sobre los suelos desnudos, seguida en orden decreciente por los zacates estoloníferos, amacollados, matorrales y bosques (Blackburn, 1975; Thurow, *et al.*, 1988; Blackburn y Wood, 1990; Gutiérrez *et al.*, 1991).

Mitchell y Bubenzer (1984) establecen que la cantidad de sedimentos en el flujo de agua superficial es la salida total de partículas de suelo en una cuenca y

depositadas en un punto, y que ésta debe diferenciarse del proceso de erosión y pérdida de suelos. Este proceso puede expresarse como la principal causa de pérdida de nutrientes que pudieran estar disponibles para la planta dentro del ecosistema de pastizal (Gutiérrez *et al.*, 1990).

Gutiérrez *et al.* (1990) citan que la erosión laminar es menor en el pastizal mediano abierto, seguido por el pastizal amacollado y del matorral micrófilo (parvifolio).

Blackburn *et al.* (1986) determinaron que la erosión laminar en sitios de pastizales medianos abiertos de *Bouteloua gracilis* y *Stipa leucotricha* fue de 200 kg/ha, mientras que en zacates cortos o estoloníferos de *Hilaria belangeri* (Steud.) y *Bouteloua hirsuta* (Lay) fue de 1,400 kg/ha; en el suelo desnudo fue de 6,000 kg/ha, siendo éste más vulnerable a los efectos negativos de la lluvia y a la disgregación del suelo.

Claveran *et al.* (1987) mencionan que en la cuenca El Plateado, Zacatecas, la producción de sedimentos es influenciada por los cambios sucesionales del sitio; encontraron que después de tres años es menor la cantidad de sedimentos en sitios de zacates con encino, disminuyendo de 265 a 54 kg/ha en condiciones de pastoreo y excluida al pastoreo, respectivamente.

Dadkhah y Gifford (1980) encontraron que la erosión laminar decrece exponencialmente conforme se incrementa la cobertura de los zacates intermedios *Agropyron intermedim* (Host) Beauv y *Agropyron cristatum* (L.) Gaertn y entre el 40 y 62 por ciento de la variación en erosión es explicada por la cobertura de los zacates.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción General del Área de Estudio

Localización

El presente estudio se llevó a cabo en el Rancho Experimental Ganadero Los Ángeles, ubicado a 48 km de la ciudad de Saltillo, Coahuila, a 34 km sobre la carretera N° 40 tramo Saltillo-Zacatacas y 14 km de terracería hacia el oriente en el camino a La Hedionda, se encuentra ubicado entre los 100° 58' y 101° 03' de longitud oeste y entre los 25° 04' y 25° 08' de latitud norte, su altitud varía de los 2100 a 2400 msnm y la superficie total del Rancho es de 6,184 ha (Serrato *et al.*, 1983; Vásquez *et al.*, 1989) (Figura 3.1).

Clima.

De acuerdo a Mendoza (1983) el tipo de clima del Rancho Los Ángeles es del tipo BWhw (x') (e) el que de acuerdo a García (1973) se expresa de la siguiente manera:

- BW: Es un clima seco o árido.
- h: Clima semicálido, con invierno fresco, con temperatura media anual que fluctúa entre los 18 y 22 °C y la del mes más frío menor de 18 °C.

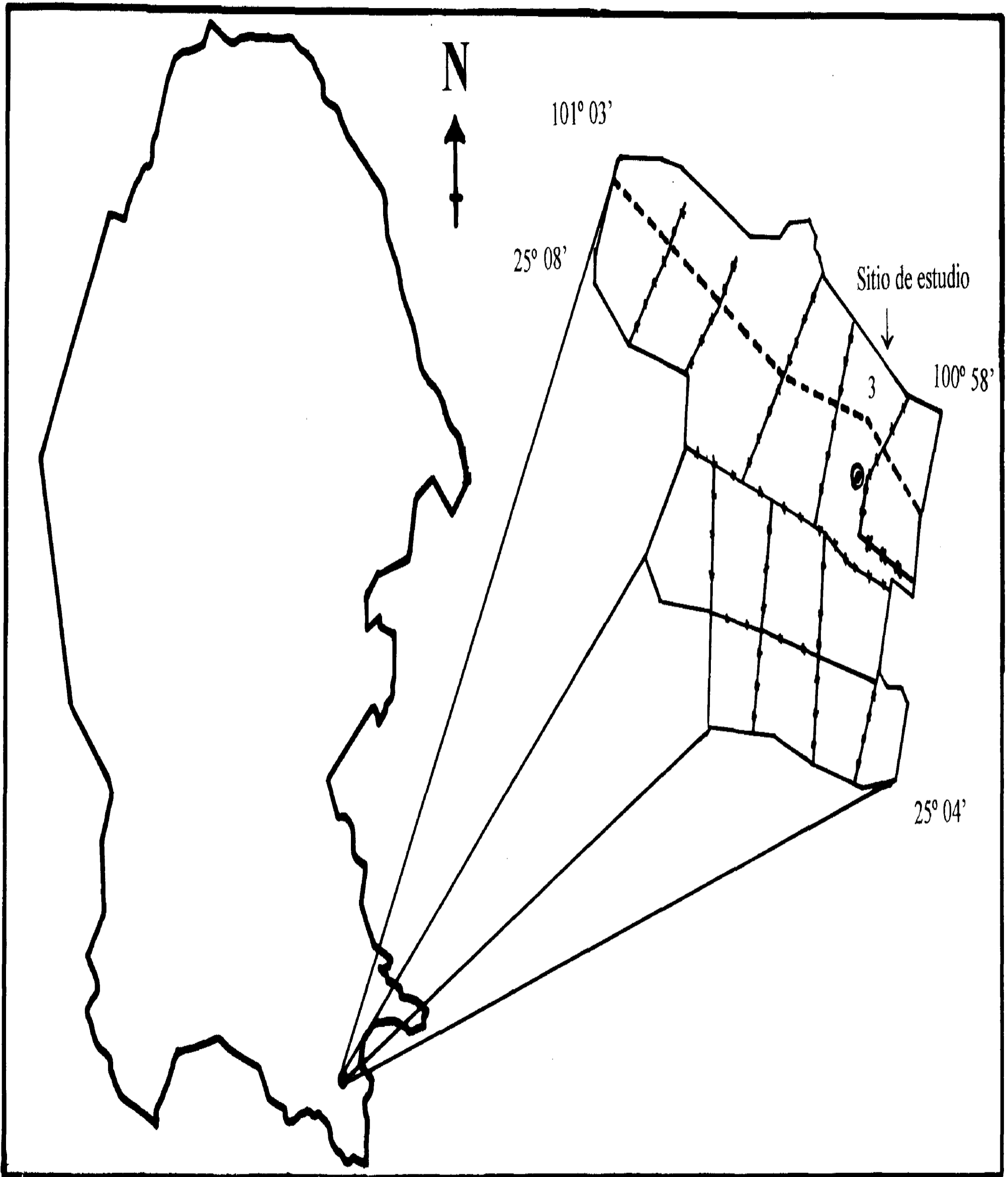


Figura 3.1 Localización Geográfica del Rancho Los Angeles.

- $w(x')$: Régimen de lluvias de verano, pero con un porcentaje de lluvia invernal superior a 10.2 con respecto a la anual.
- (e): Oscilación de temperaturas medias mensuales, entre 7 y 14 °C.

Geología

El Rancho Los Ángeles se localiza en una zona de rocas sedimentarias, principalmente calcáreas en las colinas, la estructura geológica principal es el anticlinal de Carneros, las formaciones más recientes y que se depositan en las depresiones que se forman entre los anticlinales se encuentran cubiertas por aluvi3n. La geología del 3rea data de las eras mesozoica y cenozoica de los per3odos cret3cico inferior (Ki) y cenozoico superior cl3sico (Csc) (COTECOCA, 1979).

Hidrolog3a

El Rancho Los 3ngeles no cuenta con corrientes superficiales permanentes, en las laderas y cauces que se han formado algunas c3rcavas que no llegan a formar arroyos, los agujes que existen s3lo ocasionalmente captan peque3os vol3menes de agua superficial.

Vegetaci3n

Los tipos de vegetaci3n del Rancho Los 3ngeles, determinados en base a la forma vegetal, cobertura, tama3o, forma y textura de las hojas son siete: Pastizal Mediano Abierto, Pastizal Amacollado, Matorral Escler3filo, Bosque de Pino Pi3onero (aciculifolio), Matorral Des3rtico Roset3filo, Izotal, y Matorral de *Dasyllirion* con pastos amacollados (V3squez *et al.* 1980)

Suelos

Los suelos de los valles corresponden a aluviales, profundos, con un horizonte superficial de color oscuro y rico en materia orgánica, que se encuentran sobre los terrenos planos y ocupando un 40 por ciento de la superficie del predio. Los suelos de las laderas son de origen coluvial y presentan afloramientos rocosos y un horizonte delgado de suelo. Los suelos de la parte alta de la sierra son los suelos forestales *in situ*, ricos en materia orgánica y humus (Serrato *et al.*, 1983; Vásquez *et al.*, 1989).

Descripción del Área

Para la selección del área de estudio se localizaron áreas con las mismas características de vegetación en el Pastizal Mediano Abierto en las que estuvieran presentes las tres especies de gramíneas de interés para el presente estudio y con el mismo historial de uso, por lo que después de realizar recorridos previos se seleccionó la pasta N° 3, con una superficie de 243.39 ha, se localiza en los valles en que domina el Pastizal Mediano Abierto (Figura 3.1) son áreas con suelos que varían de dos a ocho metros de profundidad, de origen aluvial, moderadamente permeables con pendientes ligeramente onduladas, de baja a regular capacidad de intercambio catiónico, moderadamente permeables con alta retención de humedad que evita el escurrimiento; dominada por *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula*, *Lycurus phleoides*, *Aristida wrightii* y *Ephedra áspera* en sus partes altas y *Bbuchloe dactyloides*, *Muhlenbergia repens*, *Opuntia imbricata* y *Bouteloua gracilis* en sus partes bajas, siendo este tipo de vegetación el que mayor potencial tiene por sus especies presentes (Vásquez, 1973; Hernández, 1992).

Descripción del Simulador

Para realizar el presente estudio se utilizó un simulador de lluvias similar al descrito por Wilcox *et al.* (1986), es portátil y de boquilla fija (SS Co. fulljet 1/4 Hp 14 WSQ) a éste se adaptó una válvula de paso (0.64 cm) para controlar la intensidad de la lluvia. Consta de un rociador de cabeza y un tripié de soporte de altura ajustable. El rociador está montado en una placa triangular de acero de 30 cm por lado, la placa tiene tres tubos de acero soldados en la parte inferior de los vértices y por la parte superior tres soportes de varilla corrugada, en el centro está insertado y soldado un niple de 1.94 cm de diámetro, cuatro coples de 1.94 cm de diámetro, de dos cm de largo, un codo y una conexión T de 1.94 cm. El tripié de soporte del ensamblaje consta de seis tubos de 150 cm de largo, tres de ellos galvanizados de 1.27 cm de diámetro. El rociador de cabeza se ensambla en el tripié. Para evitar el efecto del viento se utiliza una cortina de polietileno, colocada en las varillas de la placa alrededor del simulador y al ras del suelo dejando una entrada para el control de la presión y del flujo de agua del rociador de cabeza.

Métodos

Selección de los Sitios de Estudio

Con la utilización de cartas de INEGI del Rancho Los Ángeles se realizaron recorridos e identificaron los sitios en el Pastizal Mediano Abierto con presencia de *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides*, donde se delimitaron y ubicaron las áreas de pastizal, seleccionando los sitios con presencia de cada una de las especies y con pendientes menores al dos por ciento.

Simulación de la Lluvia

Las pruebas de simulación de la lluvia se hicieron en tres épocas diferentes: previo a la temporada de lluvias (junio de 1996), durante la temporada de lluvias (agosto de 1996) y al final de la temporada de lluvias (octubre de 1996).

La intensidad de la lluvia simulada fue de 20.51 cm/hr, previa calibración con el fin de asegurar el escurrimiento sobre parcelas de 38 x 38 cm durante 30 minutos, colectando y midiendo el volumen escurrido en litros, a intervalos de cinco, diez, 15, 20, 25 y 30 minutos después de iniciada la simulación.

Estimación de la Tasa de Escurrimiento

La tasa de escurrimiento (cm/hr) se determinó a partir del volumen de escurrimiento a los cinco, diez, 15, 20, 25 y 30 minutos, se calculó de la siguiente manera:

$$Et = (Ve/A) * N$$

Donde:

Et= Tasa de escurrimiento (cm/hr).

Ve= Volumen de Escurrimiento (cm³).

A= Área de la parcela (cm²).

N= Número de intervalos de cinco minutos por hora (12).

Estimación de la Infiltrabilidad

La infiltrabilidad (cm/hr) se determinó por la diferencia de la intensidad de la lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento en cada período de cinco minutos

Infiltrabilidad (cm/hr) = Intensidad de lluvia (cm/hr) - Tasa de escurrimiento (cm/hr).

Estimación de la Concentración de Sedimentos

En cada período de cinco minutos se tomó una muestra de un litro de escurrimiento recolectado, separando los sólidos disueltos en el agua con papel filtro calibre 0.01, éstos fueron llevados a laboratorio y secados en estufa a una temperatura de 70 °C durante 48 horas para obtener un peso constante determinando la concentración de sedimentos por diferencia de pesos de los filtros en seco, para cada período de tiempo especificado en gramos por litro.

Estimación de la Erosión Laminar

La erosión (kg/ha) fue determinada como el producto de la concentración de sedimentos (g/l) y el escurrimiento recolectado (lt) para cada período de cinco minutos y dividido entre la superficie de la parcela de muestreo (ha).

$$\text{Erosión laminar} = \frac{\text{Concentración de Sedimentos} \cdot \text{Volumen de Escurrimientos}}{\text{Área de la Parcela}}$$

Análisis Estadístico

Tratamientos

Los tratamientos correspondientes al presente estudio se consideraron en áreas con poblaciones de especies de *Bouteloua curtipendula* (**Bo cu**), *Bouteloua*

gracilis (*Bo gr*) y *uchloe dactyloides* (*Bu da*) y un área control de suelo desnudo (*Su de*) del pastizal mediano abierto para cada una de las épocas de evaluación en cada período de tiempo de estimación de los procesos hidrológicos. Las parcelas donde se realizaron las pruebas de simulación de lluvia se tomaron como las repeticiones de los tratamientos y no asumir falsas repeticiones en una área de investigación (Wester, 1992), obteniendo de esta manera cinco repeticiones por cada tratamiento en cada época de estudio.

Análisis de Varianza

Con el propósito de analizar estadísticamente los datos obtenidos de infiltrabilidad, concentración de sedimentos y erosión, se analizó un diseño experimental completamente al azar para cada uno de los períodos de tiempo y para cada una de las épocas en que se registraron los datos de campo. En aquellos análisis de varianza en que el coeficiente de variación fue mayor al 20 por ciento se hicieron transformaciones a los valores de los datos de campo con el propósito de que se cumplan las suposiciones (Cuadros A.1, A.2 y A.3). El modelo estadístico para este análisis se representa de la siguiente manera:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

$i = 1, 2, 3, 4$ tratamientos (especies).

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ repeticiones.

Donde:

Y_{ij} = Variable aleatoria observable del i -ésimo tratamiento en la j -ésima repetición.

μ = Media General.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} = Error experimental.

Posterior al análisis por el diseño completamente al azar y con la finalidad de obtener los efectos de las especies, épocas y tiempos, el estudio se condujo mediante un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A x B x C (Reyes, 1981; Cochran y Cox., 1990) donde el factor A representado por tres épocas: junio (antes de la época de lluvias), agosto (época de lluvias) y octubre (después de la época de lluvias). El factor B correspondió a tres especies; *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Buchloe dactyloides* y Suelo Desnudo (control) y el factor C representado por los seis intervalos de tiempo en las que fueron medidas las variables de interés (5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos) y cinco repeticiones.

Su modelo experimental se define como:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

$i = 1, 2, 3$ épocas.

$j = 1, 2, 3, 4$ especies.

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ tiempos.

$l = 1, 2, 3, 4, 5$ repeticiones.

Donde:

Y_{ijkl} = Variable aleatoria observable de la i-ésima época, la j-ésima especie, el k-ésimo tiempo y la l-ésima repetición.

μ = Media General.

A_i = Efecto de la i -ésima época.

B_j = Efecto de la j -ésima especie.

C_k = Efecto del k -ésimo tiempo.

AB_{ij} = Efecto conjunto de la i -ésima época y la j -ésima especie.

AC_{ik} = Efecto conjunto de la i -ésima época y el k -ésimo tiempo.

BC_{jk} = Efecto conjunto de la j -ésima especie y el k -ésimo tiempo.

ABC_{ijk} = Efecto conjunto de la i -ésima época, la j -ésima especie y el k -ésimo tiempo.

ϵ_{ijkl} = Error experimental.

Después de este análisis de varianza se realizaron las descomposiciones de las sumas de cuadrados de las interacciones significativas con la finalidad de detectar la significancia de los efectos simples

Pruebas de Medias

Para la comparación múltiple de las medias se utilizó la prueba de rango múltiple por el método de Tukey a los tratamientos y a las interacciones en sus efectos simples para ambos análisis de varianza respectivamente (Reyes, 1981; Cochran y Cox., 1990).

RESULTADOS

Infiltrabilidad.

Los resultados obtenidos en la evaluación del mes de junio de los valores medios de infiltrabilidad son exhibidos en la Figura 4.1. Al inicio de la simulación de lluvia la infiltrabilidad es alta y similar en las tres especies en estudio; a partir de los 10 minutos de iniciada la simulación, se observa que las áreas con especies de *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* presentan valores altos y una misma tendencia constante hasta el final de los períodos de estimación y *Bouteloua curtipendula* reduce su infiltrabilidad con valores y tendencia semejantes al sitio de suelo desnudo hasta el término de las pruebas de simulación.

Los resultados obtenidos por el diseño completamente al azar se muestran en el Cuadro A.1, donde se observa que a partir de los 15 minutos se presentó un coeficiente de variación mayor del 20 por ciento; a los 5 y 10 minutos son altamente significativos y a los 30 minutos es significativo estadísticamente, sin presentar diferencias significativas de los 15 a los 25 minutos del análisis de infiltrabilidad. Al comparar los resultados de sus valores medios (Figura 4.1), las especies *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* en estudio, son semejantes estadísticamente a cualquier período de tiempo analizado; el suelo desnudo difiere estadísticamente sólo a los cinco minutos de las tres especies y a los 10 y 30 minutos de *Bouteloua gracilis*.

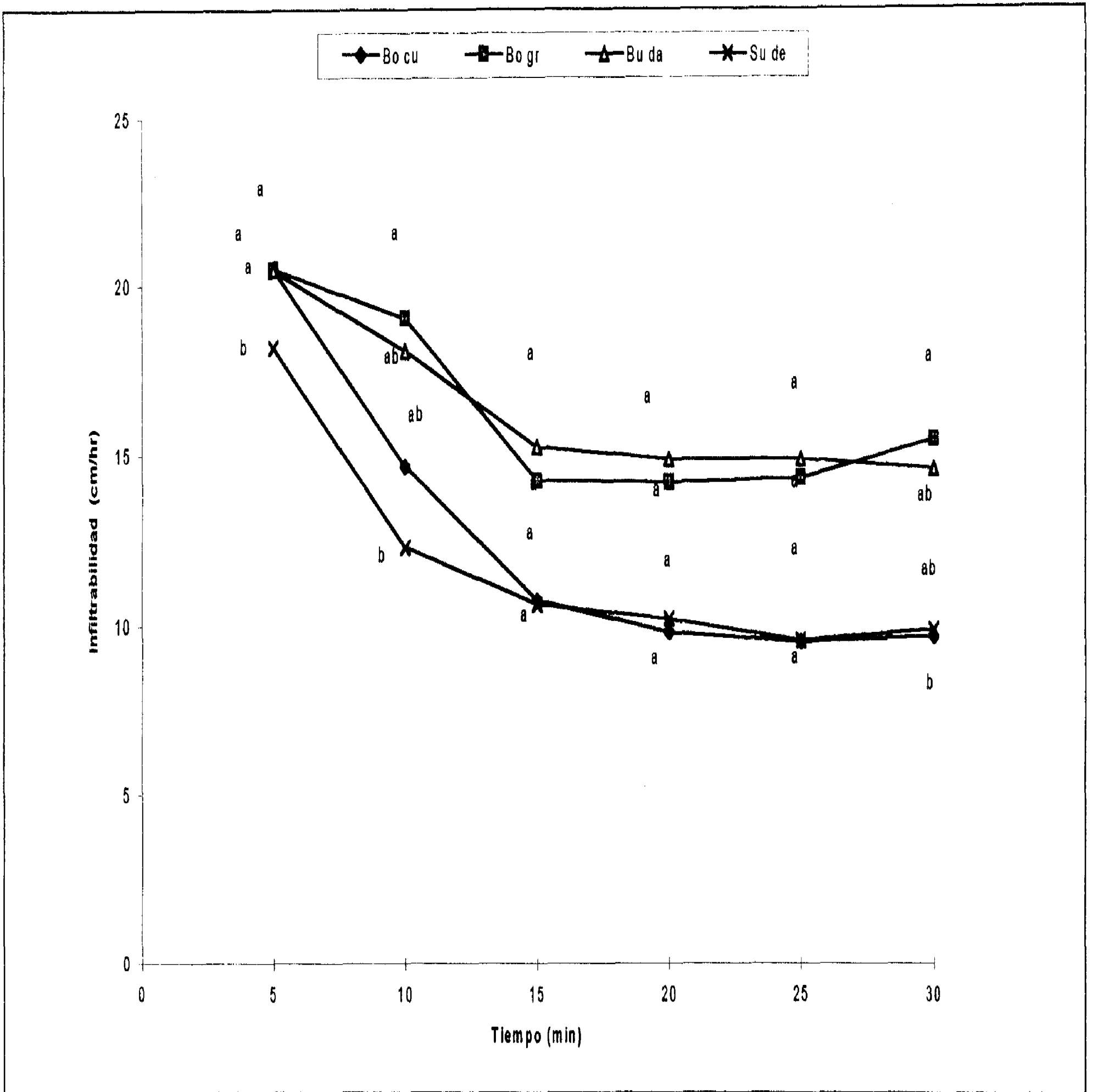


Figura 4.1 Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Para el mes de agosto, los valores de infiltrabilidad se muestran en la Figura 4.2; en esta época se presentó una tendencia semejante para las especies de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*; *Buchloe dactyloides* tuvo valores más bajos, aún después del período de 15 minutos que tiende a incrementar hacia el final de las pruebas de simulación; el área de suelo desnudo mostró los valores menores de infiltrabilidad a cualquier período de tiempo.

El análisis estadístico indica que los tratamientos son altamente significativos en cualquier tiempo analizado (Cuadro A.1); al comparar los tratamientos a los primeros cinco minutos los sitios con zacates son semejantes en sus valores medios de infiltrabilidad (Figura 4.2) pero *Buchloe dactyloides* y suelo desnudo no presentan diferencia. A partir de los 10 minutos y hasta los 30 minutos de simulación las especies de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* son iguales estadísticamente y diferentes a *Buchloe dactyloides* hasta los 25 minutos y a suelo desnudo, respectivamente; suelo desnudo presenta diferencias estadísticas en sus valores medios de infiltrabilidad a cualquier período de tiempo con respecto a las especies de *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula*, pero semejantes a *Buchloe dactyloides* a los cinco y 15 minutos.

En la Figura 4.3 se representan los valores medios de infiltrabilidad para el mes de octubre, donde se observa que es mayor y con tendencia similar para *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*, respectivamente, durante las pruebas de simulación; *Buchloe dactyloides* tiene una infiltrabilidad con tendencia similar a las otras especies pero con valores medios inferiores; suelo desnudo mostró los valores medios más bajos para esta época en los diferentes períodos de tiempo.

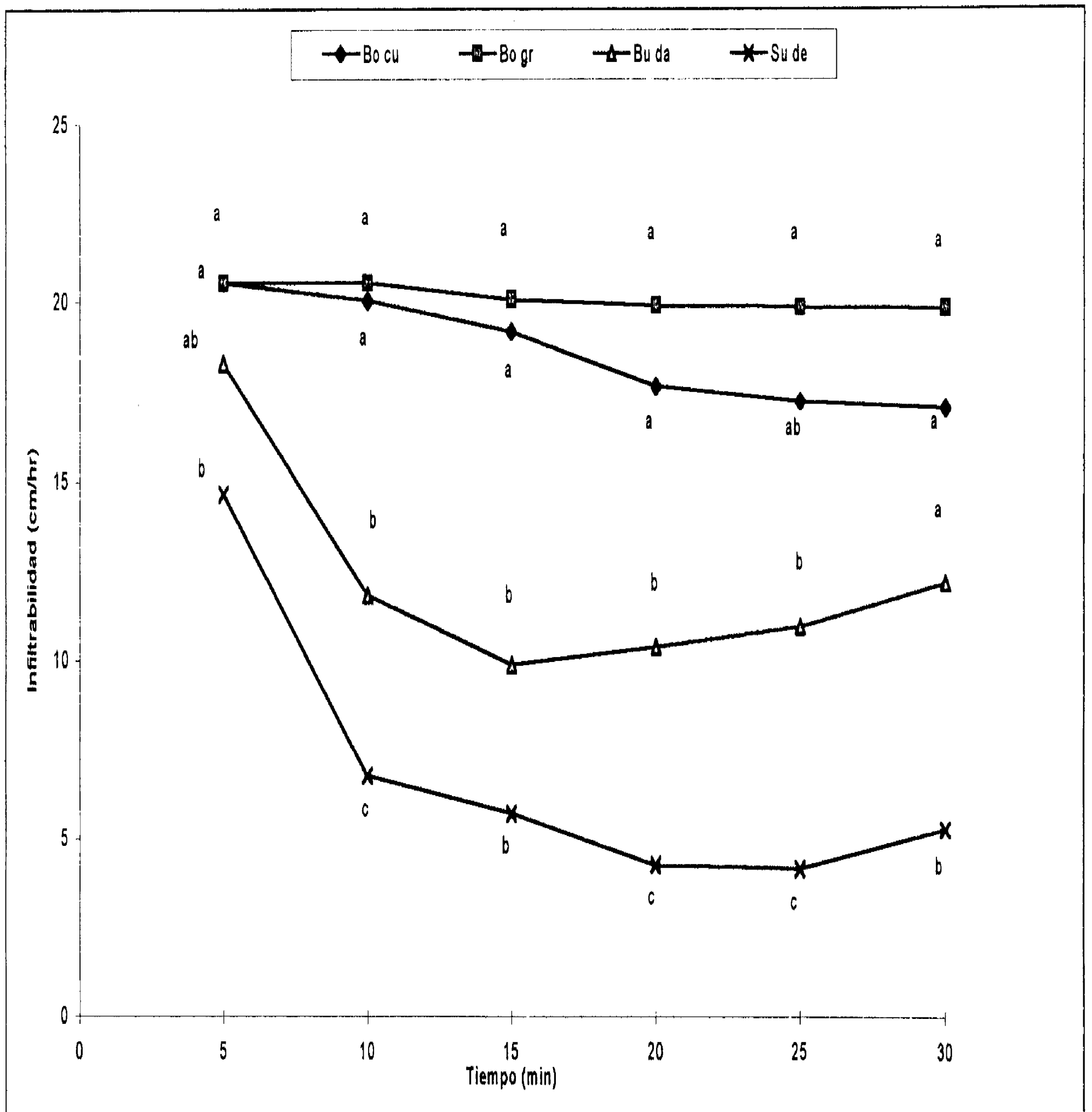


Figura 4.2 Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

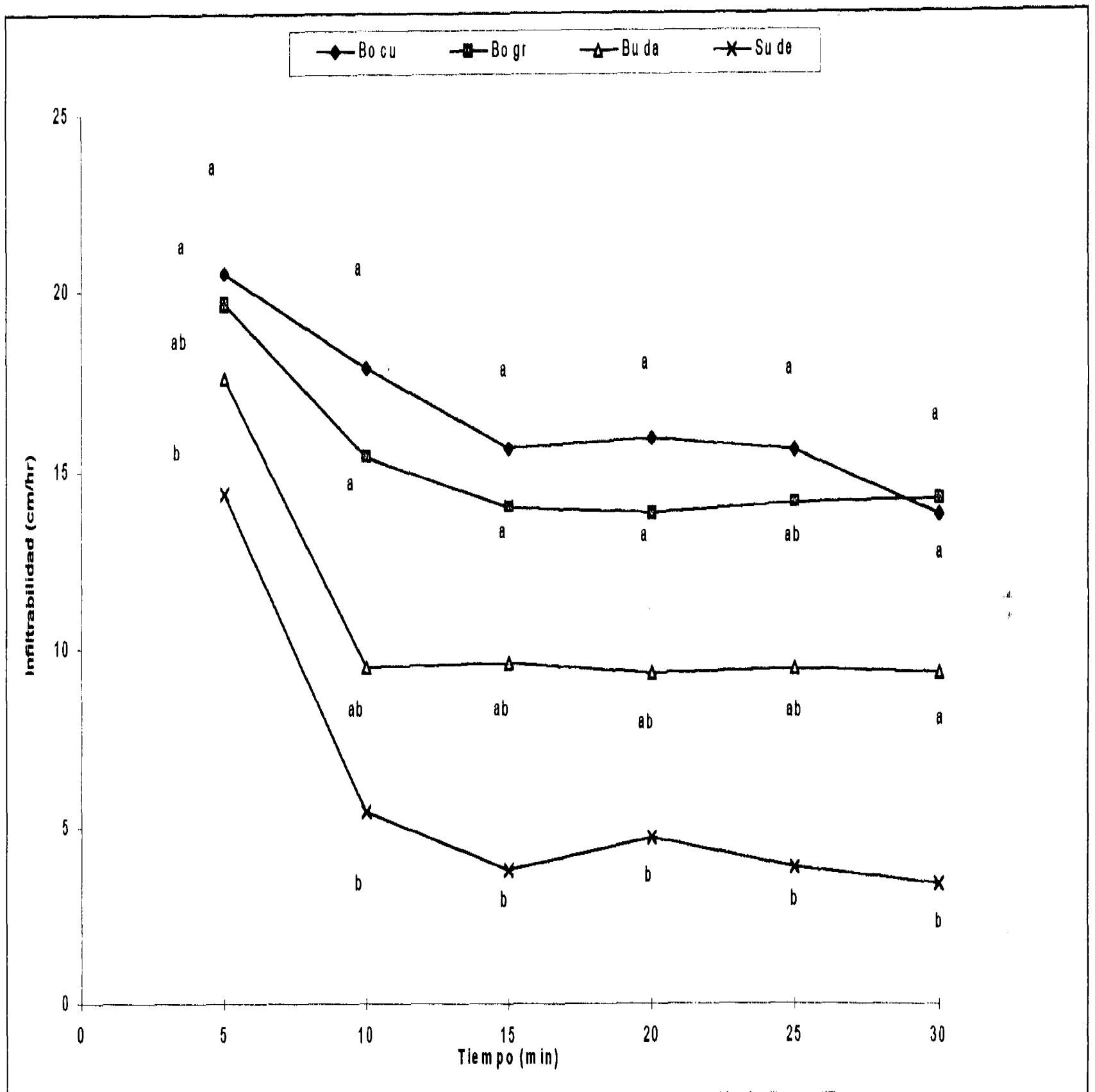


Figura 4.3 Valores medios de infiltrabilidad (cm/hr) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Bucloe Dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

El análisis de varianza (Cuadro A.1), para esta época mostró diferencia altamente significativa a cualquier período de tiempo de estudio. En el análisis de valores medios de infiltrabilidad (Figura 4.3) las tres especies en estudio son estadísticamente semejantes, sólo suelo desnudo semejante a *Buchloe dactyloides* desde el inicio hasta los 25 minutos y a *Bouteloua gracilis* a los 25 minutos.

Al realizar el análisis de varianza del arreglo de tratamientos en factorial A × B × C para la Infiltrabilidad (Cuadro 4.1) mostró diferencias altamente significativas para las épocas, especies y tiempos y las interacciones épocas × especies y especies × tiempos sin existir significancia en la interacción épocas × tiempo y épocas × especies × tiempos.

Cuadro 4.1. Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

F.V	G.L.	S.C.	C.M.	F	F Tabulada
Epoca	2	402.859575	201.429688	27.4951	3.00-4.61 **
Especie	3	4300.50000	1433.500000	195.6727	2.60-3.78 **
Tiempo	5	2195.75781	439.151550	59.9442	2.21-3.02 **
Epoca×Espec	6	1678.24218	279.707031	38.1800	2.10-2.80 **
Epoca×Tiemp	10	115.00781	11.500781	1.5699	1.83-2.32 N.S
Espec×Tiemp.	15	241.69531	16.113220	2.1994	1.67-2.04 **
Epoca×Espec ×Tiempo	30	206.75000	5.891667	0.9407	1.46-1.70 N.S
ERROR	288	2109.70312	7.326009		
TOTAL	359	11250.70312			

** Altamente significativo al 0.01

* Significativo al 0.05

N. S. No significativo

Al descomponer las sumas de los cuadrados de las interacciones en sus efectos simples, resultaron altamente significativas las épocas en las especies y las especies en las épocas (Cuadro 4.2).

Cuadro 4.2. Significancia estadística de los cuadrados medios de los efectos simples de la interacción épocas/especie y especies/época para la variable infiltrabilidad del suelo en un Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Angeles.

Epoca / Especie	Cuadrado Medio	Especie / Epoca	Cuadrado Medio
SC (épocas/ <i>Bo cu</i>)	288.9480 **	SC (especies / Junio)	178.4518 **
SC (épocas/ <i>Bo gr</i>)	198.5529 **	SC(especies / Agosto)	1123. 6518 **
SC (épocas / <i>Bu da</i>)	252.5106 **	SC(especies /Octubre)	609.8040 **
SC (épocas / <i>Su de</i>)	300.5369 **		

** Altamente significativo al 0.01

La comparación múltiple de los valores medios de infiltrabilidad de las interacciones de los factores por el método Tukey para los efectos simples de épocas en especies (Cuadro 4.3) indica que el área con *Bouteloua curtipendula* tiene mayor infiltrabilidad en la época de lluvias, seguido por la época posterior a las lluvias y menor antes de las lluvias, siendo diferentes estadísticamente en las tres épocas de estudio. *Bouteloua gracilis* exhibe mayor infiltrabilidad en la época de lluvias y difiere estadísticamente de los períodos previo y posterior a esta época; en *Buchloe dactyloides* los mayores promedios de infiltrabilidad se presentan antes de la temporada de lluvias y son diferentes durante la temporada y posterior a la época de lluvias, sin haber diferencias estadísticas entre estas dos últimas; el suelo desnudo tuvo la mayor infiltrabilidad media en Junio y fue diferente a la época de lluvias y después de éstas (agosto y octubre), ambas sin tener diferencia estadística.

La comparación de los valores promedio de infiltrabilidad de las especies en cada época (Cuadro 4.4) indican que antes de las lluvias los valores más altos de

infiltrabilidad se presentan en *Buchloe dactyloides* (16.36 cm/hr) y *Bouteloua gracilis* (16.31 cm/hr) y éstas estadísticamente son similares, seguidas por *Bouteloua curtipendula* (12.49 cm/hr) y suelo desnudo (11.79 cm/hr) respectivamente, sin exhibir diferencia estadística.

Cuadro 4.3. Comparación múltiple de medias por el método Tukey de épocas/especies para la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Angeles. $\alpha=0.01$

Épocas	Especies			
	<i>Bo cu</i>	<i>Bo gr.</i>	<i>Bu da.</i>	Su De.
Junio	12.4951 c	16.3154 b	16.3669 a	11.7963 a
Agosto	18.5982 a	20.1024 a	12.2461 b	6.8112 b
Octubre	16.5290 b	15.1924 b	10.7688 b	5.9251 b

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Para la época de lluvias, *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* presentan la mayor infiltrabilidad media (20.10 y 18.59 cm/hr, respectivamente) con semejanza estadística entre ellas, seguidas de *Buchloe dactyloides* (12.24 cm/hr) y el suelo desnudo (6.81 cm/hr) con diferencias entre si. Para el período posterior a las lluvias se encontró la misma tendencia de los valores promedio de infiltrabilidad que en el periodo anterior, *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* tienen los valores más altos de infiltrabilidad (16.52 y 15.19 cm/hr) sin diferencias estadísticas, seguidos de *Buchloe dactyloides* (10.76 cm/hr) y suelo desnudo (5.92 cm/hr) siendo diferentes entre ellas.

Al descomponer la suma de cuadrados de la interacción en especies dentro de cada tiempo y los tiempos en cada especie para los valores promedio de infiltrabilidad del suelo resultaron altamente significativas en todos sus efectos (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.4. Comparación múltiple de medias por el método Tukey de especies/épocas para la infiltrabilidad (cm/hr) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Angeles. $\alpha=0.01$

Espece	Junio	Epoca Agosto	Octubre
<i>Bo cu.</i>	12.4957 b	18.5982 a	16.5290 a
<i>Bo gr.</i>	16.3154 a	20.1024 a	15.1924 a
<i>Bu da.</i>	16.3669 a	12.2461 b	10.7688 b
Su de.	11.7963 b	6.8112 c	5.9251 c

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Cuadro 4.5. Sigfificancia estadística de los cuadrados medios para los efectos simples de las especies/tiempo y tiempos/especies para Infiltrabilidad del suelo en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Espece/ Tiempo	Cuadrado Medio	Tiempo/Espece	Cuadrado Medio
SC (especies/ 05 min)	71.9694 **	SC (tiempos/ <i>Bo cu</i>)	106.9629 **
SC (especies/ 10 min)	326.9862 **	SC (tiempos/ <i>Bo gr</i>)	44.5816 **
SC (especies/ 15 min)	272.0156 **	SC (tiempos/ <i>Bu da</i>)	120.6832 **
SC (especies/ 20 min)	63.5682 **	SC (tiempos/ Su de)	215.2608 **
SC (especies/ 25 min)	294.6719 **		
SC (especies/ 30 min)	280.8382 **		

** Altamente significativo al 0.01

La comparación de medias de tratamientos para los efectos simples de las especies en los tiempos se muestran en el Cuadro 4.6. A los cinco minutos los valores medios de infiltrabilidad en *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* son estadísticamente semejantes (20.51, 20.23 y 18.78 cm/hr, respectivamente), entre *Buchloe dactyloides* y suelo desnudo (15.73 cm/hr) no existió diferencia estadística. A los 10 y 15 minutos *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua*

curtipendula tienen mayor promedio de infiltrabilidad, diferenciándose estadísticamente del área *Buchloe dactyloides* y ésta última de suelo desnudo; de los 20 a los 30 minutos se observa un comportamiento estadístico semejante, la infiltrabilidad es superior en las áreas con *Bouteloua gracilis* aunque *Bouteloua curtipendula* es semejante a ella estadísticamente; *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* son también semejantes estadísticamente y exhiben diferencias con suelo desnudo.

Cuadro 4.6. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta infiltrabilidad (cm/hr) para especies/tiempos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$

Especies	Tiempo					
	05	10	15	20	25	30
<i>Bo cu.</i>	20.5151 a	17.5262 a	15.1716 a	14.4740 ab	14.1040ab	13.4819 ab
<i>Bo gr.</i>	20.2326 a	18.3162 a	16.1716 a	15.9710 a	16.0952 a	16.4985 a
<i>Bu da.</i>	18.7866 ab	13.1328 b	11.5865 b	11.4740 b	11.7506 b	12.0331 b
Su de.	15.7339 b	8.1765 c	6.7146 c	6.3811 c	5.8613 c	6.1900 c

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

La comparación múltiple de los valores promedio de los tiempos en las especies (Cuadro 4.7) indican que *Bouteloua curtipendula* exhibe semejanza estadística en los tiempos desde los cinco hasta los 20 minutos y a los 25 y 30 minutos tuvo diferencias con los tiempos de cinco y diez minutos. La infiltrabilidad de *Bouteloua gracilis* en sus valores promedio a los cinco y diez minutos fueron semejantes y este último tiempo estadísticamente similar a los intervalos de tiempo posteriores hasta el final de las pruebas de simulación. Para *Buchloe dactyloides* la infiltrabilidad a los cinco y 30 minutos no tuvo diferencia significativa (18.78 y 15.83 cm/hr, respectivamente), a los

10 minutos (13.13 cm/hr) es estadísticamente semejante al período de 30 minutos y también a los períodos de 15, 20 y 25 minutos después de iniciada la simulación de lluvia (11.58, 11.47 y 11.75 cm/hr respectivamente). El suelo desnudo en sus valores de infiltrabilidad a los cinco minutos fue estadísticamente diferente a los períodos de diez, 15, 20, 25 y 30 minutos de iniciadas las pruebas de simulación de lluvia y estadísticamente semejantes entre ellos.

Cuadro 4.7. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta infiltrabilidad (cm/hr) para tiempos/especie en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles. $\alpha=0.01$

Tiempo (minutos)	<i>Bo cu.</i>	<i>Bo gr.</i>	<i>Bu da.</i>	Su de.
05	20.5151 a	20.2326 a	18.7816 a	15.7339 a
10	17.5262 a	18.3162 ab	13.1328 bc	8.1765 b
15	15.1716 ab	16.1062 b	11.5865 c	6.7146 b
20	14.4470 ab	15.9716 b	11.4740 c	6.3877 b
25	14.1040 b	16.0952 b	11.7506 c	6.1910 b
30	13.4819 b	16.4985 b	15.7389 ab	5.8613 b

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Concentración de Sedimentos

Para esta variable los resultados que se obtuvieron en el mes de junio se muestran en la Figura 4.4, donde se observa que a cualquier período de tiempo en las tres especies en estudio los valores medios de concentración de sedimentos tuvieron menores valores que en el área de suelo desnudo, excepto a los 20 minutos en que *Bouteloua gracilis* presentó mayores valores que éste. Entre especies, *Bouteloua curtipendula* mostró menores pérdidas de sólidos disueltos en el volumen de

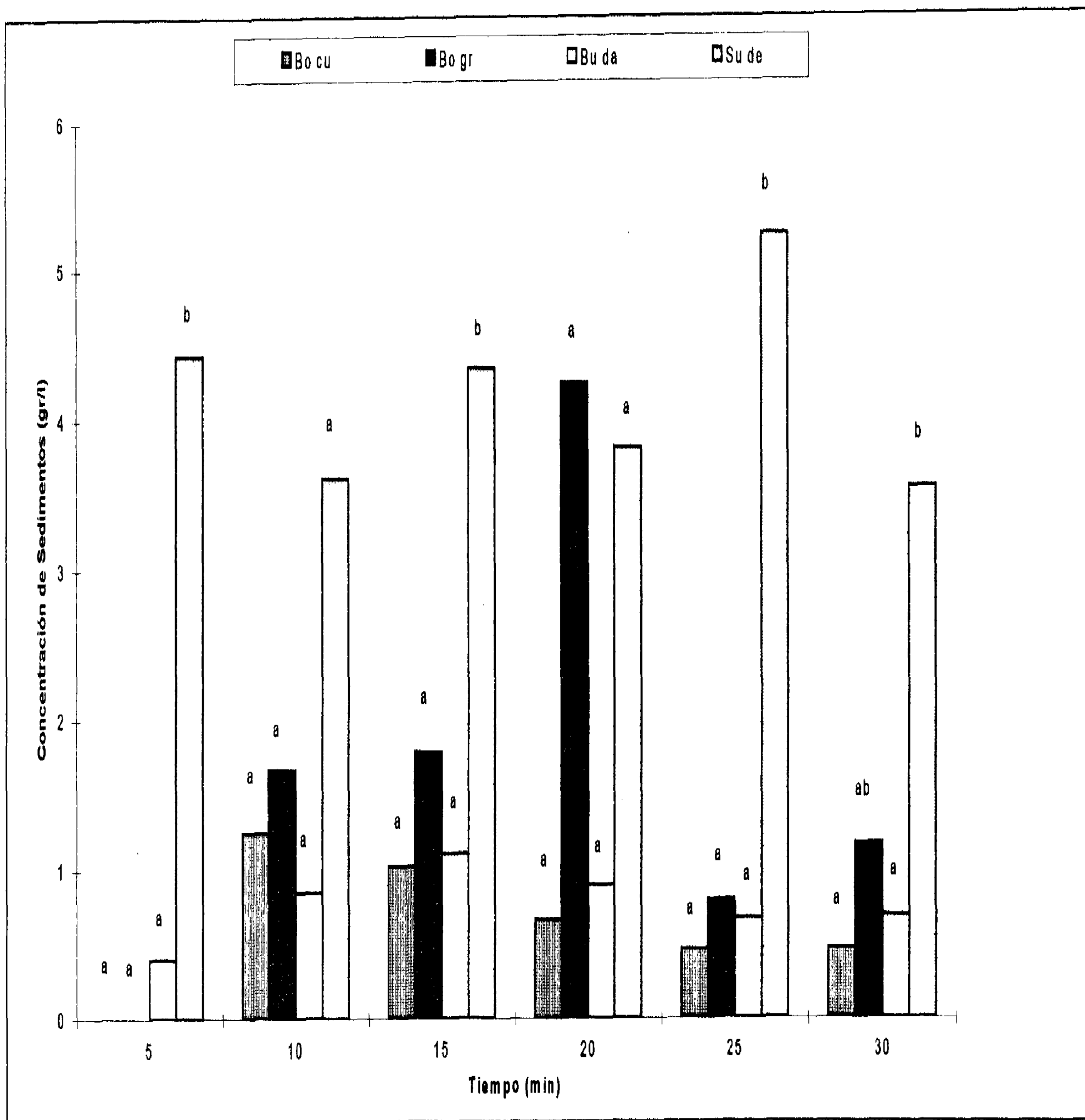


Figura 4.4 Valores medios de concentración de sedimentos (gr/l) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

escurrimiento recolectado en cualquier período de tiempo excepto a los 10 minutos en que *Buchloe dactyloides* exhibió los menores valores; a partir de los 10 minutos *Bouteloua gracilis* tiene la mayor pérdida que las otras especies. Los resultados del análisis de varianza del diseño estadístico completamente al azar, de los datos de concentración de sedimentos (Cuadro A.2) indican que existen diferencias altamente significativas en los períodos de cinco, 15, 25 y 30 minutos de aplicación de la lluvia. En su comparación de medias (Figura 4.4) indica que a cualquier período de tiempo las tres especies son estadísticamente semejantes y diferentes a suelo desnudo sólo a los cinco, 15, 25 y 30 minutos.

Los valores promedio de concentración de sedimentos para el mes de agosto o época de lluvias se presentan en la Figura 4.5, entre las especies en estudio, *Buchloe dactyloides* durante los primeros cinco minutos tiene los valores más altos y son inapreciables en *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*. A los 10 minutos sus valores son inapreciables en *Bouteloua gracilis*; de los 15 a los 25 minutos, *Bouteloua curtipendula* fue la especie que mostró valores promedios de campo más altos mientras que en *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* disminuyeron pero se mantuvieron estables; durante el último período de estimación se incrementaron en *Bouteloua gracilis* y disminuyeron en *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*. Suelo desnudo mostró las mayores valores y disminuyeron a través del tiempo de simulación de lluvia.

En el análisis de varianza los cuadrados medios del error y sus coeficientes de variación para cada período de tiempo (Cuadro A.2), se observa que en concentración de sedimentos existen diferencias altamente significativas entre tratamientos en todos los

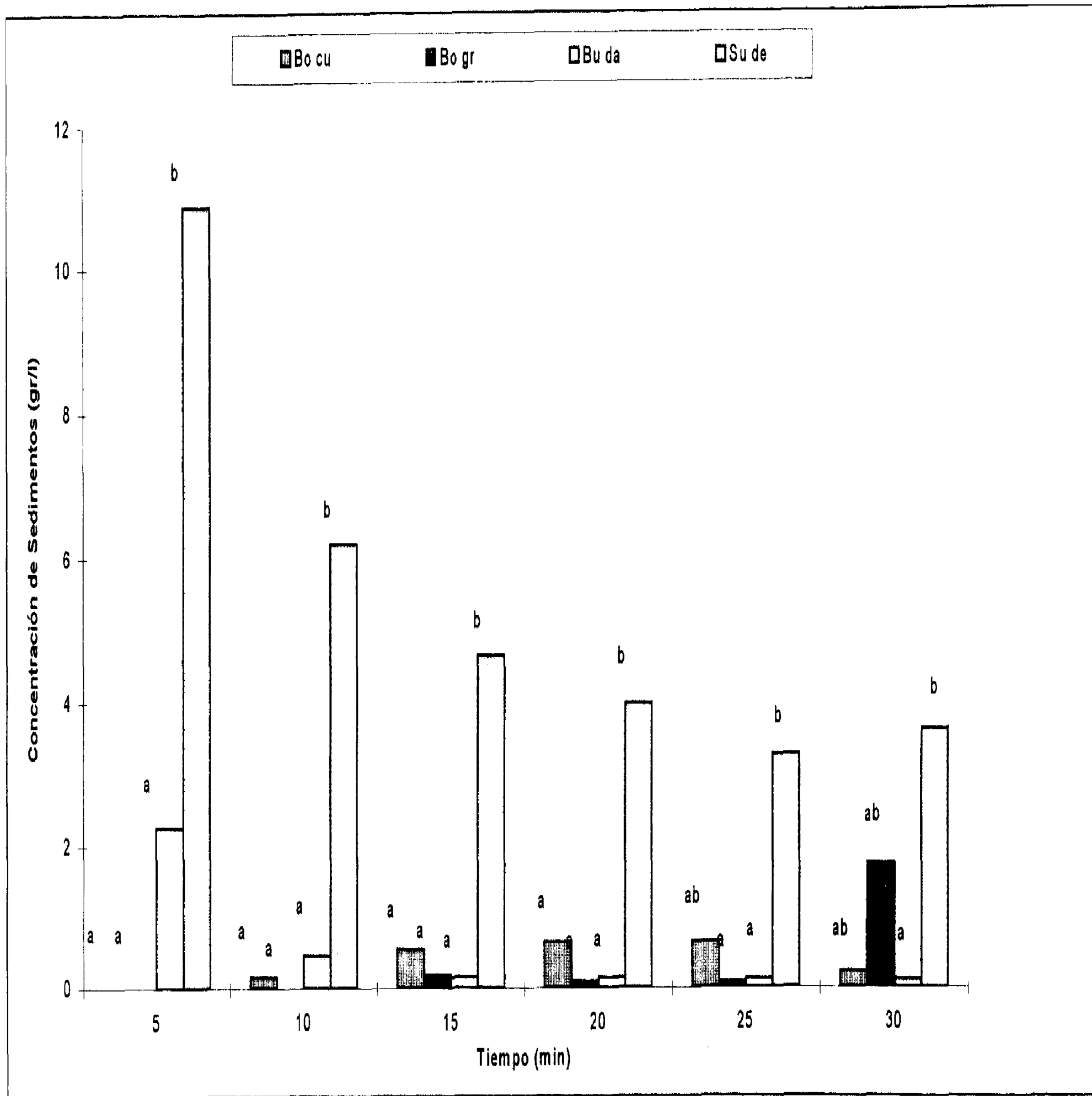


Figura 4.5 Valores medios de concentración de sedimentos (gr/l) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

períodos de tiempo de estimación. Las pruebas de medias realizadas indican que desde el inicio hasta su terminación las tres especies en estudio son semejantes estadísticamente (Figura 4.5) y suelo desnudo es diferente estadísticamente a las especies, excepto a los 25 minutos en que es semejante a *Bouteloua curtipendula* y a los 30 minutos a *Bouteloua gracilis*.

En la Figura 4.6 se exhibe la concentración de sedimentos para el mes de octubre o después de la época de lluvias; en ella se muestra que las medias obtenidas de los datos de campo, de los primeros cinco minutos *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* tienden a incrementar su contenido de sólidos disueltos en el escurrimiento hasta los 10 y 15 minutos, respectivamente, y después disminuyen durante el transcurso de las pruebas de simulación, aunque *Bouteloua curtipendula* incrementa ligeramente en el último período de estimación; *Buchloe dactyloides* a los primeros cinco minutos registró su mayor concentración de sedimentos y durante la simulación disminuyó sus valores medios a través del tiempo. Suelo desnudo o control registró la mayor concentración de sedimentos durante la simulación de las lluvias pero se observa una disminución en sus medias en el transcurso de los períodos de tiempo.

Del análisis de varianza completamente al azar se muestran sus cuadrados medios del error y coeficientes de variación para los datos originales y modificados en el Cuadro A.2 e indica que existen diferencias altamente significativas para los períodos de tiempo cinco, 20 y 25 y significativas a los 10, 15 y 30 minutos de estimación después de iniciados los eventos de simulación de la lluvia. La comparación de medias muestra que existe semejanza estadística (Figura 4.6) entre las especies durante los períodos de estimación de la concentración de sedimentos; suelo desnudo mostró

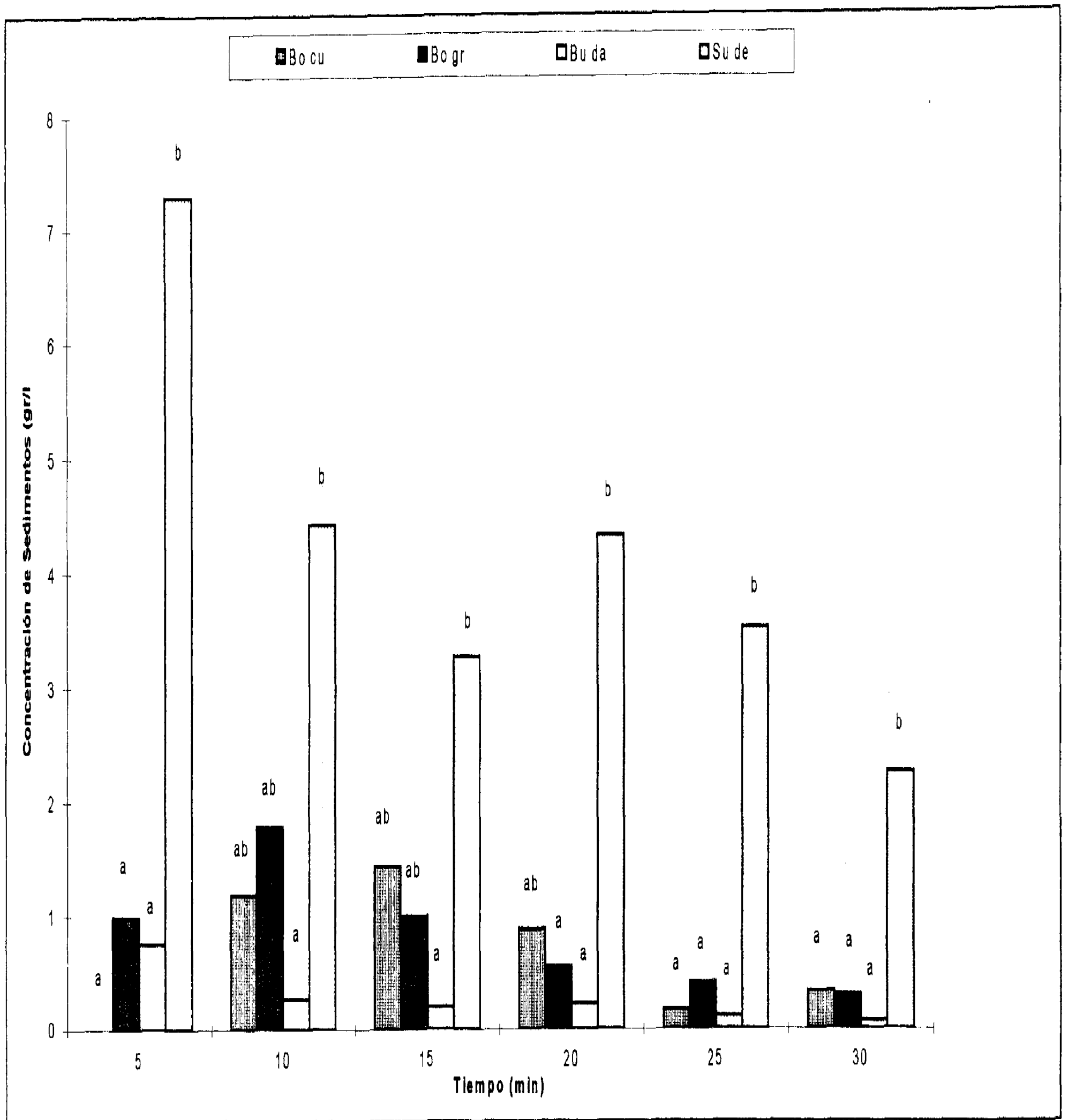


Figura 4.6 Valores medios de concentración de sedimentos (gr/l) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

diferencias con respecto a las especies excepto a los 15 minutos en que es semejante a *Bouteloua curtipendula* y a *Bouteloua gracilis*.

Al realizar el análisis de varianza mediante el diseño completamente al azar con arreglo de tratamientos en factorial indica que existen diferencias altamente significativas en las especies, en las interacciones épocas × especies, épocas × tiempos y especies × tiempos y significativa en el factor tiempos (Cuadro 4.8), los datos originales fueron transformados a $\sqrt{x+1}$ con el fin de reducir su coeficiente de variación.

Al descomponer las sumas de cuadrados de los efectos simples de las épocas en especies (Cuadro 4.9) indica que no existen efectos de las épocas en *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* y son altamente significativas en *Bouteloua gracilis* y suelo desnudo. En los efectos simples de las especies en las épocas existen diferencias altamente significativas de las especies en las tres épocas de estudio.

Cuadro 4.8. Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la concentración de sedimentos (g/lt) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	F. Tabulada
Épocas	2	0.670654	0.335327	2.1071	3.00-4.61 N.S
Especies	3	73.168457	24.389486	153.2560	2.60-3.78 * *
Tiempos	5	1.941895	0.388379	2.4405	2.21-3.02 *
Época×Espec.	6	3.313477	0.552246	3.4701	2.10-2.80 * *
Época×Tiem.	10	4.982605	0.498260	3.1309	1.83-2.32 * *
Espec×Tiem.	15	8.970581	0.598039	3.7579	1.67-2.04 * *
Época×Espec. ×Tiempo	30	4.823425	0.160781	1.0103	1.46-1.70 N.S
Error	288	45.832947	0.159142		
Total	359	143.70404			

** Altamente significativo al 0.01 * Significativo al 0.05 N. S. No significativo.

(+ Nota: datos originales transformados a $\sqrt{x+1}$).

Cuadro 4.9. Cuadrados Medios de los efectos simples de las épocas/especies y especies/época en la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Epocas / Especies	Cuadrado Medio	Especies / Epocas	Cuadrado Medio
SC (Épocas / <i>Bo cu</i>)	0.1248 N. S.	SC(Especies/Junio)	5.6355 * *
SC (Épocas / <i>Bo gr</i>)	3.5304 * *	SC(Especies/Agosto)	12.5116 * *
SC (Épocas / <i>Bu da</i>)	0.3080 N. S.	SC(Especies/Octubre)	7.3416 * *
SC (Épocas / <i>Su de</i>)	0.6106 * *		

** Altamente significativo al 0.01 N.S. No significativo.

La comparación múltiple de medias por Tukey en la concentración de sedimentos con los valores originales, los efectos simples de las épocas en las especies (Cuadro 4.10) muestran que *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* son estadísticamente semejantes en las tres épocas de estudio; *Bouteloua gracilis* en la temporada de lluvias presentó el menor promedio de concentración de sedimentos sin ser estadísticamente diferente a la época posterior a las lluvias y diferente a la época previa a las lluvias en la que tuvo los mayores promedios. En el suelo desnudo la menor concentración de sedimentos ocurre en junio y octubre, siendo estadísticamente semejantes, en agosto o temporada de lluvias, con los mayores promedios y diferente estadísticamente a los otros períodos.

La comparación de los valores medios de la concentración de sedimentos de los efectos simples de las épocas en las especies de zacates son semejantes y difieren estadísticamente al control en las épocas en estudio (Cuadro 4.11).

Cuadro 4.10. Comparación múltiple de medias por el método Tukey para la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) de épocas/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$

Epocas	Especies			
	<i>Bo cu</i>	<i>Bo gr</i>	<i>Bu da</i>	Su de
Junio	0.6445 a	1.6096 b	0.7679 a	4.1619 a
Agosto	0.3731 a	0.3497 a	0.5392 a	5.4244 b
Octubre	0.6635 a	0.8652 ab	0.2467 a	4.1737 a

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Cuadro 4.11. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para especies/época en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Especies	Épocas		
	Junio	Agosto	Octubre
<i>Bo cu</i>	0.6445 a	0.3731 a	0.6635 a
<i>Bo gr</i>	1.6096 a	0.3497 a	0.8652 a
<i>Bu da</i>	0.7679 a	0.5392 a	0.2467 a
Su de	4.1619 b	5.4244 b	4.1737 b

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

La descomposición de la suma de cuadrados para efectos simples de las épocas en tiempos y tiempos en épocas para la concentración de sedimentos (Cuadro 4.12) indican que las épocas en los tiempos sólo a los cinco minutos tienen diferencias altamente significativas mientras los tiempos en las épocas tuvieron diferencias altamente significativas para las tres épocas en que se realizó la simulación de lluvia.

Cuadro 4.12. Cuadrados Medios de los efectos simples de épocas/tiempos y tiempos/épocas para la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Épocas /Tiempo	Cuadrado Medio	Tiempo/Época	Cuadrado Medio
Épocas / 05 min.	1.1992 *	Tiempos / Junio	58.7462 *
Épocas / 10 min.	0.2315 N.S.	Tiempos / Agosto	0.6478 *
Épocas / 15 min.	0.3694 N.S.	Tiempos / Octubre	0.4109 * *
Épocas / 20 min.	0.4393 N.S.		
Épocas/ 25 min.	0.2728 N.S.		
Épocas / 30 min.	0.3151 N.S.		

** Altamente significativo al 0.01

N.S. No significativo

En el Cuadro 4.13 se observa la comparación de medias de épocas en tiempos, los valores medios, indican que a los cinco minutos, antes y después de las lluvias, la concentración de sedimentos es estadísticamente semejante pero en la época de la lluvias es mayor sin ser diferente estadísticamente a la época posterior a la temporada de lluvias; a los diez 15, 20, 25 y 30 minutos los tres épocas son estadísticamente semejantes en todos los tiempos de estudio.

Cuadro 4.13. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable concentración de sedimentos (g/lt) para épocas/tiempo en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Épocas	Tiempos (minutos)					
	05	10	15	20	25	30
Junio	1.2062 a	1.8439 a	2.0655 a	2.4019 a	1.7917 a	1.4670 a
Agosto	3.2810 b	1.7054 a	1.3818 a	1.2156 a	1.0279 a	1.4180 a
Octubre	2.2738 ab	1.9135 a	1.4669 a	1.4843 a	1.0486 a	0.7366 a

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Los efectos simples de los tiempos en épocas (Cuadro 4.14) se observa que antes y después de la época de lluvias, la concentración de sedimentos es estadísticamente semejante para los diferentes tiempos de lectura. Para la época de lluvias a partir de los diez minutos y hasta el final de la prueba de simulación las partículas en el escurrimiento son estadísticamente semejante pero a los 10, 15, 20 y 30 minutos son también semejantes al período de cinco minutos en los que se obtuvo la mayor concentración de sedimentos.

Cuadro 4.14. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable concentración de sedimentos (g/lt) para tiempos/épocas en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales). $\alpha= 0.01$

Tiempos	Época		
	Junio	Agosto	Octubre
05 minutos	1.2060 a	3.2810 b	2.2738 a
10 minutos	1.8439 a	1.7054 ab	1.9135 a
15 minutos	2.0655 a	1.3818 ab	1.4669 a
20 minutos	2.4014 a	2.2156 ab	1.4843 a
25 minutos	1.7917 a	1.0279 a	1.0486 a
30 minutos	1.4670 a	1.4180 ab	0.7366 a

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

La descomposición de las sumas de cuadrados para los efectos simples de especies en tiempos y tiempos en especies para la concentración de sedimentos (Cuadro 4.15) indican que existen diferencias altamente significativas en ambos análisis.

Al analizar los valores promedio para la concentración de sedimentos en sus efectos simples (Cuadro 4.16), las especies en tiempo indican que en cualquier período de tiempo son estadísticamente semejantes, el suelo desnudo presentó los mayores valores y *Bouteloua curtipendula* presenta los menores valores de concentración de sedimentos respectivamente

Cuadro 4.15. Significancia estadística de los cuadrados medios de los efectos simples de las especies/tiempos y tiempos/especies en la concentración de sedimentos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Especies / Tiempo	Cuadrado Medio	Tiempo / Especies	Cuadrado Medio
Especies / 05 min.	12.3541 **	Tiempos / <i>Bo cu</i>	0.2670 **
Especies / 10 min.	3.6384 **	Tiempos / <i>Bo gr</i>	0.2220 **
Especies / 15 min.	3.5772 **	Tiempos / <i>Bu da</i>	0.0285 **
Especies / 20 min.	3.1269 **	Tiempos / Su de	1.5367 **
Especies / 25 min.	3.3722 **		
Especies / 30 min.	2.2381 *		

** Altamente significativo al 0.01

Cuadro 4.16. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para especies/tiempos en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Especie	Tiempos (minutos)					
	05	10	15	20	25	30
<i>Bo cu</i>	0.0000 a	1.3119 a	1.3720 a	1.2723 a	1.1796 a	1.1499 a
<i>Bo gr</i>	0.3500 a	1.3792 a	1.3636 a	1.3997 a	1.1771 a	1.3734 a
<i>Bu da</i>	1.1321 a	1.2197 a	1.2034 a	1.1605 a	1.1228 a	1.1233 a
Su De	2.8918 b	2.2799 b	2.2153 b	2.1695 b	2.1542 b	1.9548 b

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

En la comparación múltiple de medias para los efectos simples de tiempos en especies (Cuadro 4.17), se observa que en *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* no existen diferencias estadísticas en la concentración de

lluvia. En suelo desnudo la mayor concentración de sedimentos ocurre a los cinco minutos y de los 10 a los 30 no existe diferencia estadística.

Cuadro 4.17. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta concentración de sedimentos (g/lt) para tiempos/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Tiempo	Especies			
	<i>Bo cu</i>	<i>Bo gr</i>	<i>Bu da</i>	Su De
05 minutos	0.0000 a	0.3500 a	1.1321 a	2.8918 b
10 minutos	1.3119 a	1.3792 a	1.2197 a	2.2799 a
15 minutos	1.3720 a	1.3636 a	1.2034 a	2.2153 a
20 minutos	1.2723 a	1.3997 a	1.1605 a	2.1695 a
25 minutos	1.1796 a	1.1771 a	1.1228 a	2.1542 a
30 minutos	1.1499 a	1.3734 a	1.1233 a	1.9548 a

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Erosión Laminar

En la Figura 4.7 se representan los valores medios estimados de erosión laminar durante el mes de junio; en ella se aprecia que en este proceso hidrológico, las tres especies de zacate tienen los menores valores al inicio del evento de precipitación e incrementan hasta los 10 minutos en *Bouteloua curtipendula* y hasta los 15 minutos en *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides*, posterior a este período y a partir de los 15 minutos su tasa de erosión disminuye hasta el final de la simulación de la lluvia en las tres especies. Suelo desnudo es el tratamiento que mayor erosión presenta en todos los períodos de estimación en sus valores medios de campo.

En el análisis de varianza completamente al azar (Cuadro A.3), exhibe diferencias altamente significativas en los tratamientos durante los períodos de tiempo en

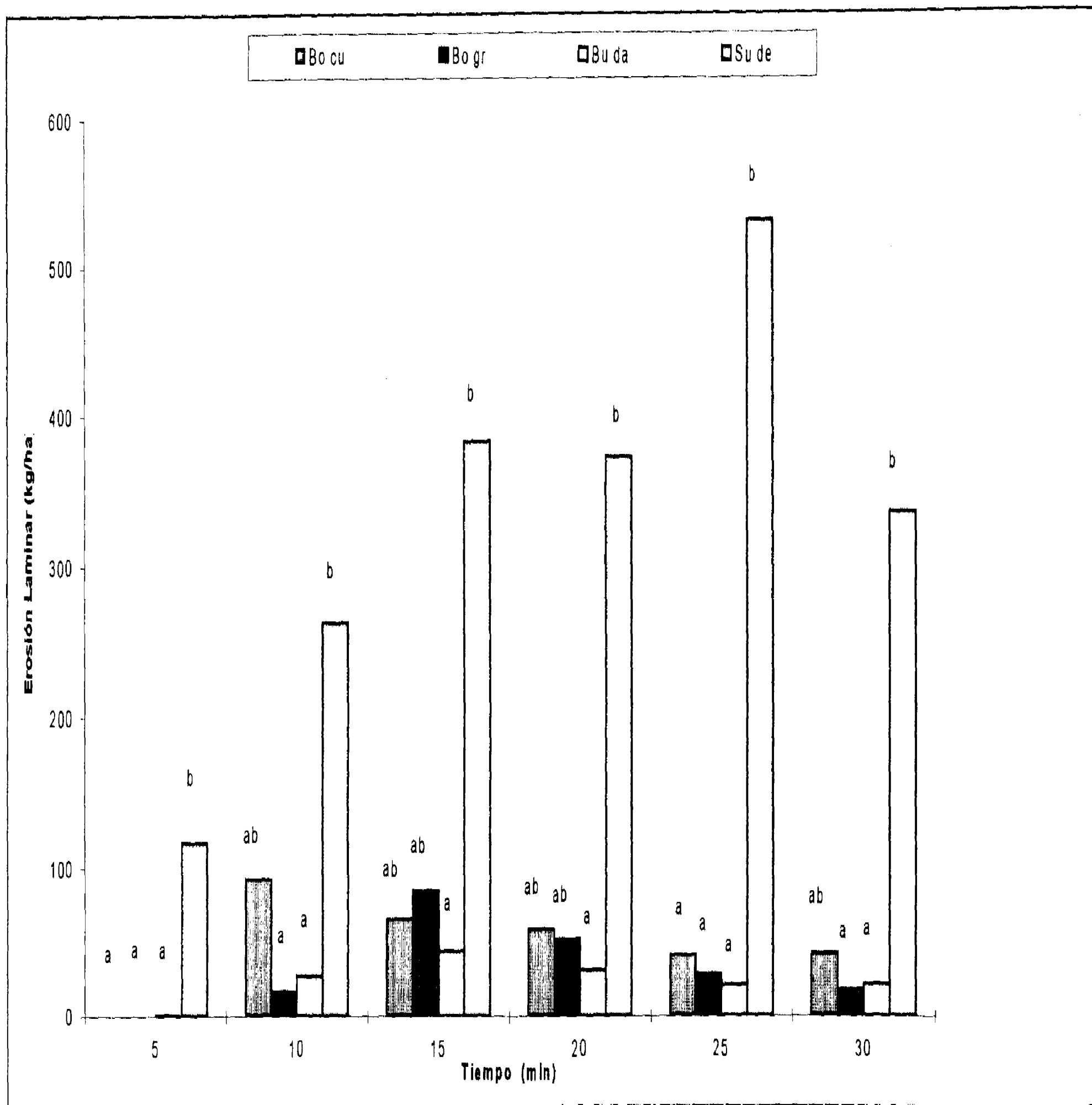


Figura 4.7 Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de junio a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

En el análisis de varianza completamente al azar (Cuadro A.3), exhibe diferencias altamente significativas en los tratamientos durante los períodos de tiempo en que se efectuaron las pruebas de simulación, excepto a los 15 minutos en que sólo fue significativa. La comparación estadística de medias mostró que las especies son estadísticamente semejantes (Figura 4.7) durante los intervalos de tiempo en que se simuló la lluvia, suelo desnudo mostró diferencias estadísticas con *Buchloe dactyloides* en todos los períodos de tiempo y semejanza en cualquier período de tiempo con *Bouteloua curtipendula* excepto a los cinco y 25 minutos y con *Bouteloua gracilis* es semejante a los 15 y 20 minutos.

En la Figura 4.8 se muestran los valores de erosión laminar por escurrimiento durante el mes de agosto. Las especies de *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* tienen la menor tasa de erosión durante el evento de simulación; sin embargo, *Bouteloua gracilis* presenta los valores más bajos obtenidos en campo y *Buchloe dactyloides* es la especie que mayor erosión laminar presenta durante el evento de lluvia, pero a partir de los 15 minutos sus promedios disminuyen conforme avanzó el tiempo de duración de la simulación. Suelo desnudo presentó la mayor erosión durante las simulación de lluvia observándose una tendencia a disminuir al incrementar la duración de los eventos.

El análisis de varianza completamente al azar (Cuadro A.3), indica una alta significancia entre los tratamientos a los diferentes períodos de simulación de la lluvia. La comparación de las medias estadísticas (Figura 4.8) mostró que *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* son estadísticamente semejantes a través de los períodos de simulación hasta su término; de las especies en estudio *Buchloe dactyloides* presentó la

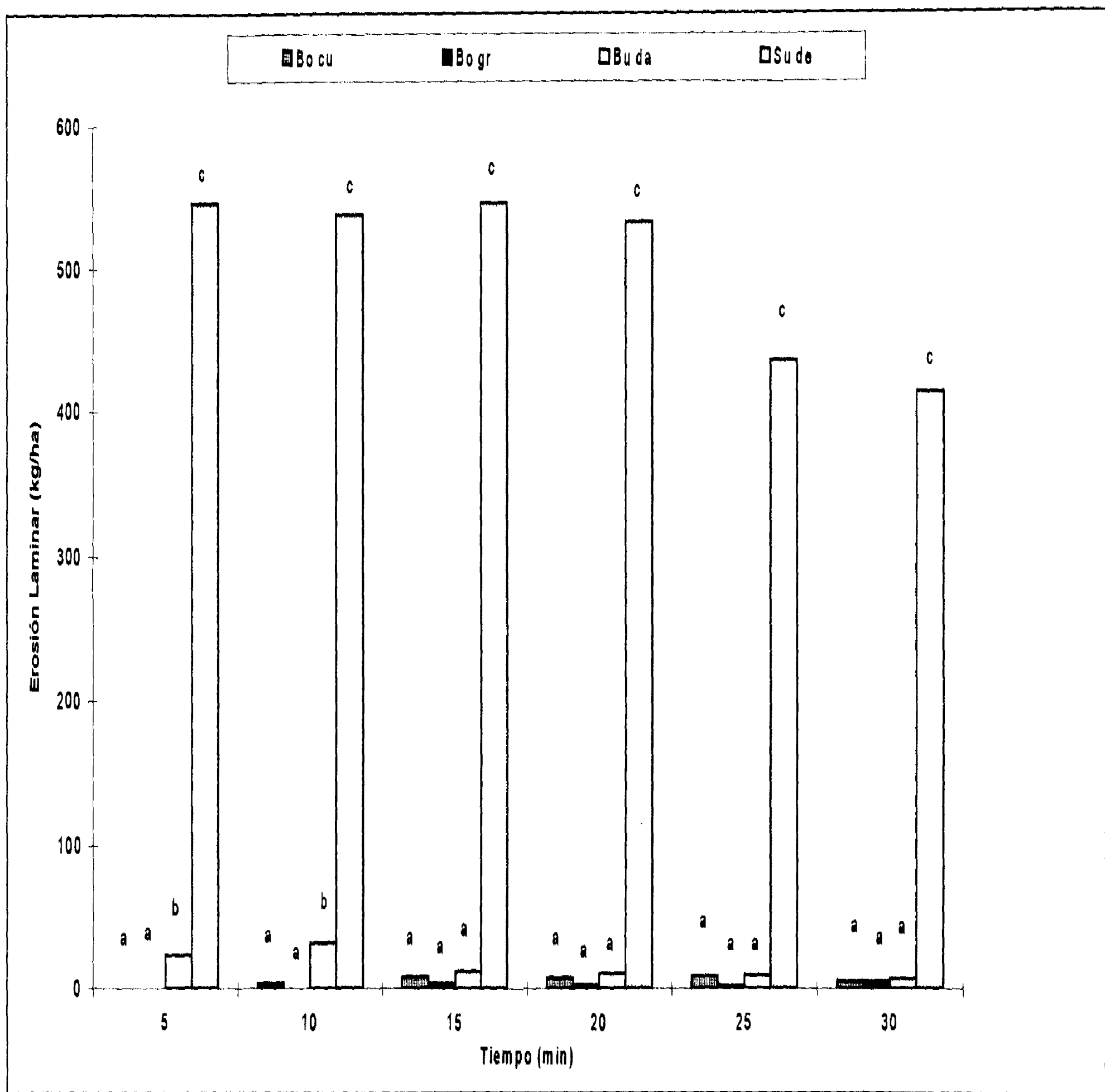


Figura 4.8 Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de agosto a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

mayor erosión y es estadísticamente semejante a *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* de los 15 a los 30 minutos. Las áreas con suelo desnudo estadísticamente mostraron las mayores medias de erosión y fueron diferentes estadísticamente a las tres especies en estudio.

Para el mes de octubre, las medias de los datos de campo de erosión laminar se representan en la Figura 4.9; se observa que *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* incrementan su erosión hasta los 15 minutos y a partir de este tiempo y hasta la terminación de los eventos de lluvia, decrecen sus valores medios; *Buchloe dactyloides* de los 5 a 10 minutos muestra incrementos en su erosión y a partir de los 15 minutos disminuye y presenta un incremento a los 25 minutos para disminuir a los 30 minutos. Las áreas de suelo desnudo mostraron los valores medios más altos de erosión durante la prueba de simulación de lluvia y comportamiento inestable hasta los 20 minutos en que empezó a disminuir.

El análisis de varianza completamente al azar se exhibe en el Cuadro A.3; muestra que para esta variable existen diferencias altamente significativas en sus datos en todos los períodos de tiempo. Las medias estadísticas analizadas indican que las tres especies son estadísticamente semejantes en erosión durante todos los períodos de tiempo de simulación de lluvia mientras que suelo desnudo es estadísticamente diferente a ellas durante dichos períodos de tiempo (Figura 4.9).

En el análisis de varianza por el diseño completamente al azar con arreglo de factores para la erosión laminar (Cuadro 4.18) muestra sólo diferencias altamente significativas entre especies y la interacción épocas en especies. Los datos originales

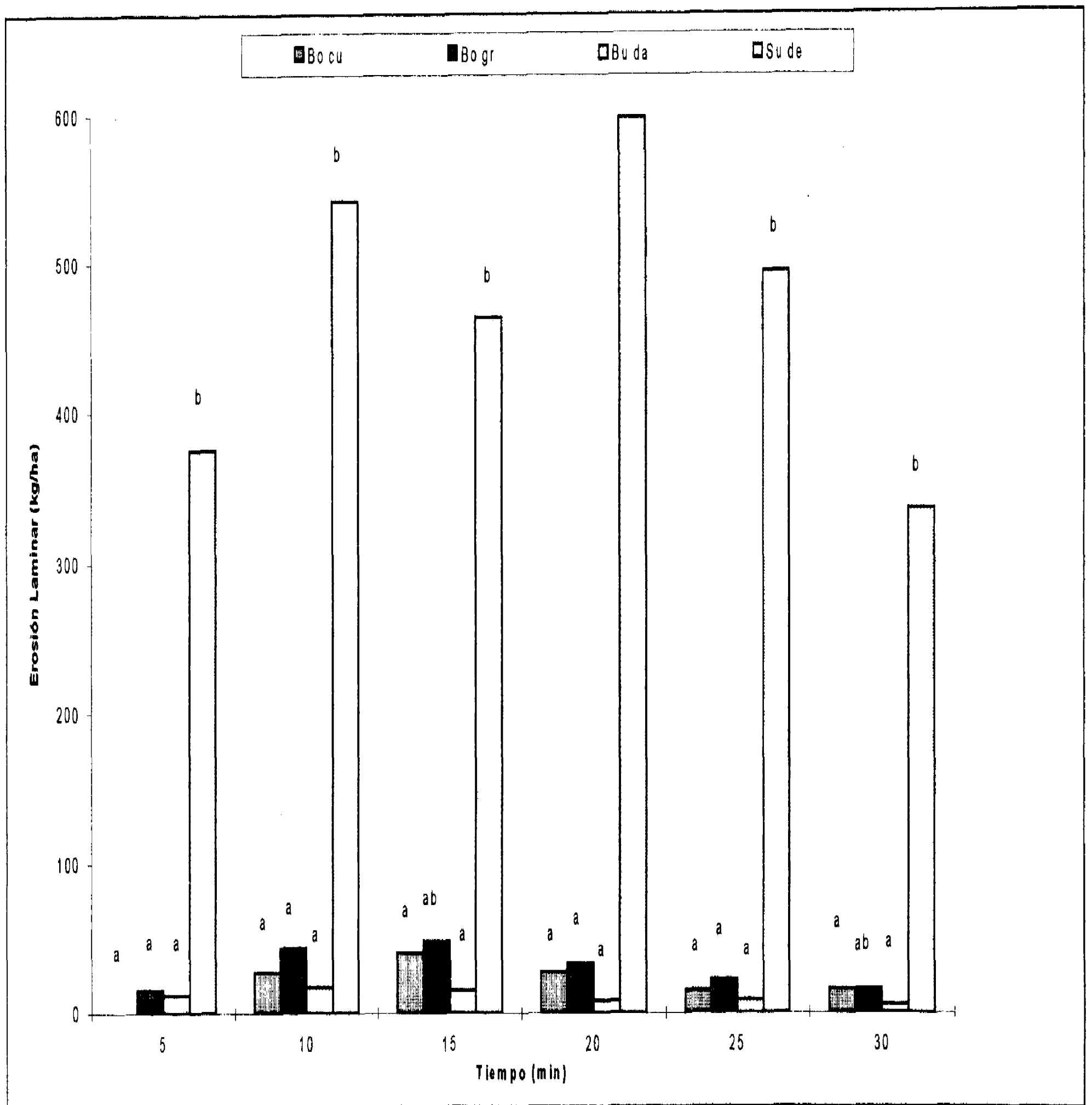


Figura 4.9 Valores medios de erosión laminar (kg/ha) estimados en el mes de octubre a diferentes tiempos para las especies *Bouteloua curtipendula* (Bo cu), *Bouteloua gracilis* (Bo gr), *Buchloe dactyloides* (Bu da) y área control de suelo desnudo (Su de) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

obtenidos para la tasa de erosión fueron modificados a $\ln(x+3)$ para reducir el coeficiente de variación, lo que lo hace aceptable y cumplir con un diseño estadístico.

Cuadro 4.18. Análisis de varianza para las distintas épocas, especies, tiempos e interacciones en la erosión laminar (kg/ha) en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

F.V.	G.L.	S. C.	C. M.	F. c	F. Tabulada
Épocas	2	37614	18807.0000	0.7378	3.00-4.61 N.S
Especies	3	11525198	3841732.7500	150.7112	2.60-3.78 * *
Tiempos	5	154215	30843.0000	1.2100	2.21-3.02 N.S
Época×Espec	6	485366	80894.3559	3.1735	2.10-2.80 * *
Época×Tiem.	10	164356	16435.5996	0.6448	1.83-2.32 N.S
Espec×Tiem.	15	200875	13391.6669	0.5254	1.67-2.04 N.S
Época×Espec × Tiempo.	30	358832	11961.0664	0.4692	1.46-1.70 N.S
Error	288	7341318	25490.6875		
Total	359	20267774			

** Altamente significativo al 0.01

N.S. No significativo.

[+ Nota: datos originales transformados a $\ln(x+3)$].

La descomposición de las sumas de cuadrados medios de la interacción épocas en especies y especies en épocas no presentó diferencias significativas en sus efectos simples de épocas en *Buchloe dactyloides*; para los efectos simples de especies en épocas, existen diferencias altamente significativas (Cuadro 4.19).

Al efectuar la comparación múltiple de medias por el método de Tukey (Cuadro 4.20), se encontró que para *Bouteloua curtipendula* la erosión presentó

mayores valores antes de la época de lluvias (49.679 kg/ha) seguida de la temporada posterior a las lluvias (20.76 kg/ha) y la temporada de lluvias (5.36 kg/ha), sin diferencia estadística entre estas dos últimas. *Bouteloua gracilis* tuvo la menor erosión en agosto (2.29 kg/ha) seguido de las evaluaciones en los meses de octubre y junio (29.46 y 32.81 kg/ha, respectivamente) sin haber diferencia estadística entre estas dos últimas épocas.

Para *Buchloe dactyloides* se observó que la erosión laminar es estadísticamente semejante en las tres épocas de estudio (24.01, 15.48 y 10.91 kg/ha, respectivamente). El suelo desnudo presentó la menor erosión antes de la época de lluvias, seguida de la evaluación hecha después de la época de lluvias; durante la época de lluvias se tiene la mayor erosión laminar, sin ser estadísticamente diferente a la época después de la temporada de lluvias.

Cuadro 4.19. Cuadrados medios de los efectos simples de las épocas/especies y especies/épocas en la erosión laminar en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles.

Épocas / Especies	Cuadrado Medio	Especie/ Época	Cuadrado Medio
SC (Épocas / <i>Bo cu</i>)	17.4046 **	SC (Especies / Junio)	45.9839 **
SC (Épocas / <i>Bo gr</i>)	23.1209 **	SC(Especies / Agosto)	136.7804 **
SC (Épocas / <i>Bu da</i>)	0.5640 N.S.	SC(Especies/Octubre)	78.6521 **
SC (Épocas / <i>Su de</i>)	4.9311 **		
** Altamente significativo al 0.01		NS. No significativo	

Cuadro 4.20. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la erosión laminar (kg/ha) para épocas/especies en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Época	<i>Bo cu</i>	Especie <i>Bo gr</i>	<i>Bu da</i>	<i>Su de</i>
Junio	49.6791 b	32.8075 b	24.0189 a	333.6734 a
Agosto	5.3654 a	2.2982 a	15.4887 a	501.5358 b
Octubre	20.7604 a	29.4614 b	10.9137 a	467.8490 ab

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

Al analizar las medias de la erosión laminar por efecto de las especies en cada época (Cuadro 4.21) se encontró que en la época previa a las lluvias *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis* son estadísticamente semejantes con menor erosión promedio (24.018 y 32.807 kg/ha, respectivamente), *Bouteloua curtipendula* (49.67 kg/ha) semejante a *Bouteloua gracilis* y suelo desnudo fue diferente estadísticamente a todas las especies (333.673 kg/ha). Durante la temporada de lluvias, *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* fueron semejantes estadísticamente en sus valores de erosión laminar (2.298 y 5.536 kg/ha, respectivamente) y diferentes a *Buchloe dactyloides* (15.48 kg/ha) y al suelo desnudo (501.54 kg/ha). Posterior a la época de lluvias las tres especies de estudio fueron estadísticamente semejantes y diferentes de suelo desnudo que tuvo los mayores valores de erosión.

Cuadro 4.21. Comparación múltiple de medias por el método Tukey en la variable de respuesta erosión laminar (kg/ha) de especies/épocas en el Pastizal Mediano Abierto del Rancho Los Ángeles (medias originales) $\alpha=0.01$.

Especie	Época		
	Junio	Agosto	Octubre
<i>Bo cu</i>	49.6791 b	5.3654 a	20.7604 a
<i>Bo gr</i>	32.8075 ab	2.2982 a	29.4614 a
<i>Bu da</i>	24.0189 a	15.4887 b	10.9137 a
Su de	333.6734 c	501.5358 c	467.8490 b

Literales iguales entre renglones son estadísticamente semejantes.

DISCUSIÓN

Infiltrabilidad

En el estudio, las áreas de *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* muestran los valores más altos y constantes de infiltrabilidad en el mes de agosto y octubre respectivamente, siendo superiores en ambos casos a *Buchloe dactyloides*, excepto en junio, donde exhibió la mayor infiltrabilidad. Estos resultados coinciden con lo reportado por Blackburn *et al.* (1986) quienes mencionan mayores valores de infiltración en áreas de zacates amacollados que en los zacates estoloníferos. Dee *et al.* (1966) encontraron mayor infiltrabilidad en poblaciones de *Bouteloua gracilis* que en las de *Chloris verticilata* y que las de *Buchloe dactyloides*, contrario a lo reportado por Dadkhah y Gifford (1980), quienes encontraron que los zacates estoloníferos tienen mayor infiltración que las áreas cubiertas con zacates amacollados. Gutiérrez *et al.* (1990) mencionan que obtuvieron mayor infiltración en el Pastizal Mediano Abierto, con presencia de estas especies en estudio que en el Pastizal Amacollado y el Matorral Micrófilo (parvifolio). Por lo anterior, es importante considerar la presencia de *Buchloe dactyloides* antes de la ocurrencia de las lluvias en la promoción de la infiltrabilidad, en este sentido considerando a lo reportado por Dadkhah y Gifford (1980).

En las evaluaciones de las épocas se encontró que las especies de *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* tienen mayor infiltrabilidad en las épocas de lluvia y

posterior a las lluvias que el pastizal corto de *Buchloe dactyloides*; Blackburn *et al.* (1986) reportaron mayor infiltrabilidad en áreas de zacates amacollados que las de estoloníferos. Dee *et al.* (1966) en las Altas Planicies de Texas encontraron mayores tasas de entrada de agua al suelo en áreas de zacate *Bouteloua gracilis*, *Andropogon sacharoides* y *Sporobolus cryptandrus* que las áreas de *Buchloe dactyloides* y hierbas anuales; sin embargo, Dadkhah y Gifford (1980) no coinciden con tal aseveración, aunque no es significativa desde el punto de vista práctico, por el efecto del pisoteo de ganado al hacer uso del pastizal.

Para la época anterior a las lluvias *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis* son estadísticamente semejantes, seguidas por *Bouteloua curtipendula* y suelo desnudo que fueron semejantes y diferentes a las primeras especies por lo que es importante señalar que las áreas de suelo desnudo presentaron de manera general y por épocas de estudio la menor infiltrabilidad, como lo mencionan Blackburn *et al.* (1986) quienes encontraron sólo el 25 por ciento respecto a las demás áreas con zacates y chaparral de encino.

Durante el mes de junio las especies *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis*, a partir de los 15 minutos tienen una tendencia similar y son las de mayor infiltrabilidad exhibiendo *Bouteloua curtipendula* y suelo desnudo la menor infiltrabilidad. Para la época de lluvias *Bouteloua gracilis*, presentó la mayor infiltrabilidad al inicio de la simulación y posteriormente no se apreció una variación significativa; *Bouteloua curtipendula* hasta los 25 minutos presentó un mínimo decremento pero fue estadísticamente semejante a *Buchloe dactyloides*. En este sentido, Huss y Aguirre (1974) mencionan que la vegetación toma el agua del suelo

para satisfacer las funciones fisiológicas, dejando un mayor espacio para que sea ocupada por el agua, promovida por la infiltrabilidad en la superficie del suelo, lo que permite que tenga valores más altos además de influenciar el mejoramiento de las características del suelo; Hernández *et al.* (1993) coinciden con lo dicho al mencionar que la infiltrabilidad es más alta en la época de crecimiento del pastizal. Para la época posterior a las lluvias, *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* tuvieron la mayor infiltrabilidad y *Buchloe dactyloides* exhibió la menor, sin diferir estadísticamente a dichas especies, como lo fue el suelo desnudo en la simulación de lluvia. Estos resultados, de acuerdo a lo citado por Blackburn *et al.* (1986) son debido a las especies; asimismo Hernández *et al.* (1993) señalan que la infiltrabilidad es maximizada cuando el suelo presenta una alta cobertura vegetal; por lo cual, aunque los valores obtenidos no son iguales, no difieren estadísticamente en el pastizal mediano abierto.

Concentración de Sedimentos

De manera general se encontró que las tres especies en estudio, presentan semejante concentración de sedimentos cuando se simuló la lluvia en el pastizal mediano abierto, contrario a lo afirmado por Blackburn *et al.* (1986) quienes mencionan que la concentración de sedimentos es mayor en áreas cubiertas por pastizales cortos que amacollados, sin embargo se observó que hasta los primeros 10 minutos ésta se incrementó en las tres especies y después disminuyó, sin embargo, Parsons *et al.* (1991) señalan que los sedimentos en el escurrimiento superficial decrecen conforme avanza la duración de la precipitación; por otro lado, ninguna especie rebasó los dos gramos por litro en la concentración de sedimentos Balliette, *et al.* (1986) mencionan que la

concentración de sedimentos varió entre 1.9 y 6.7 gramos por litro en áreas de *Artemisia* y zacates en contraste a las áreas de suelo desnudo que muestran mayor concentración de sedimentos; esto es atribuido a que no existe un impedimento a la separación, disgregación, arrastre y deposición de partículas y coloides del suelo ocasionadas por el efecto de las gotas de lluvia y el escurrimiento recolectado, (Branson *et al.*, 1981; Blackburn *et al.*, 1986; Gutiérrez *et al.*, 1990; Hernández *et al.*, 1993).

Anterior a la presencia regular de las lluvias, la concentración de sedimentos es menor en los sitios cubiertos por *Bouteloua curtipendula* seguida de *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis*, respectivamente, durante la temporada regular de lluvias la especie con menor concentración de sedimentos fue *Bouteloua gracilis*, seguida de *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides*; posterior a las lluvias *Buchloe dactyloides* fue la especie que exhibió la menor concentración de sedimentos, respecto a *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis*; aunque se apreciaron estas diferencias las especies son iguales estadísticamente en las diferentes épocas de estudio y su diferencia es atribuida principalmente a los valores obtenidos en las áreas de suelo desnudo en contraste a las áreas ocupadas por las especies en estudio, coincidiendo con lo expresado por Blackburn *et al.* (1986), Gutiérrez *et al.* (1988), Gutiérrez *et al.* (1990), Gutiérrez *et al.* (1991) y Hernández *et al.* (1993), lo cual confirma que es mejor tener protegido el suelo con cualquier tipo de vegetación o especie que tenerlo expuesto al efecto erosivo de la lluvia y al flujo superficial (Satterlund y Adams, 1992).

Erosión Laminar

La erosión laminar exhibe que para la temporada previa a las lluvias *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis* son las especies con menor erosión laminar sin ser diferentes estadísticamente a *Bouteloua curtipendula*; en este sentido no se concuerda a lo expresado por Blackburn *et al.* (1986) quienes mencionan que las áreas cubiertas por especies de zacates con estolones de *Hilaria belangeri* y *Bouteloua hirsuta* que presentaron mayor erosión laminar debido a que tienen menor resistencia a la fuerza erosiva de la precipitación al impactarse las gotas de lluvia y fluir en la superficie del suelo.

Para la época de lluvias, las especies *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* presentan la menor erosión y *Buchloe dactyloides* presentó los valores más altos durante el experimento, lo cual coincide con lo manifestado por Blackburn *et al.* (1986) quienes señalan pérdidas de suelo en el flujo superficial de hasta 1,400 kg/ha en áreas de vegetación de zacates estoloníferos y de 6,000 kg/ha en suelos desnudos. En la época posterior a las lluvias las especies en estudio tienen valores semejantes en cuanto a la pérdida de suelo superficial en esta época de estudio; las áreas de suelo desnudo son las que mayor riesgo de erosión presentan al no tener ninguna protección a la acción de las gotas de lluvia a la dispersión, acarreo y deposición de las partículas del suelo (Blackburn *et al.*, 1986; Gutiérrez *et al.*, 1988; Gutiérrez *et al.*, 1990; Gutiérrez *et al.*, 1991; Gutiérrez *et al.*, 1991; Hernández *et al.*, 1993).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio que fue llevado a cabo en el Rancho Los Ángeles en áreas del Pastizal Mediano Abierto y con el objetivo fue determinar la influencia de *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* en la infiltrabilidad, concentración de sedimentos y la erosión laminar se concluye:

- Las especies que promueven una mayor infiltrabilidad en el mes de junio son *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis*.
- *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* promueven una mayor infiltrabilidad durante los meses de agosto.
- Para el mes de octubre *Bouteloua gracilis*, *Bouteolua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* no difieren en su infiltrabilidad.
- *Bouteloua gracilis* es la especie que mayor valor promedio de infiltrabilidad presenta a partir de los diez minutos de iniciada la simulación de lluvia y al inicio *Bouteloua curtipendula*.
- La concentración de sedimentos es semejante en las especies *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* en las tres épocas y tiempos de simulación de la lluvia.

- La concentración de sedimentos es más alta durante la época de lluvias.
- *Bouteloua gracilis* y *Buchloe dactyloides* tienen la menor erosión laminar antes de la temporada regular de lluvias.
- *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula* tienen la menor erosión laminar en la temporada de lluvias.
- *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* no presentaron diferencias en la erosión laminar después de la ocurrencia de lluvias.

RESUMEN

El presente estudio se planteó con el objetivo de determinar la influencia de las especies *Bouteloua gracilis*, *Bouteloua curtipendula* y *Buchloe dactyloides* en la infiltrabilidad, la concentración de sedimentos y la erosión laminar en el Pastizal Mediano Abierto del rancho Los Ángeles. El estudio se realizó durante los meses de junio, agosto y octubre de 1996 con el uso de un simulador de lluvia semejante al descrito por Wilcox *et al.* (1986), aplicando una intensidad de lluvia de 20.51 cm/hr durante 30 minutos en parcelas de 38 × 38 cm cubiertas al 100 por ciento por cada especie.

Las especies de estudio fueron consideradas como tratamientos y un control que fue suelo desnudo, con cinco repeticiones en tres épocas de estudio.

La infiltrabilidad fue determinada como la diferencia entre la intensidad de lluvia aplicada y la tasa de escurrimiento en cada parcela a intervalos de cinco minutos (cinco, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos) hasta el final de las pruebas de simulación. La concentración de sedimentos se determinó de la recolección de un litro del escurrimiento total de cada intervalo de tiempo, separándolos en papel filtro, su valor se calculó por la diferencia de pesos de los filtros en seco antes y después de la recolección del escurrimiento; con los datos de concentración de sedimentos se determinó la erosión laminar por la multiplicación del volumen de escurrimiento y

dividirla entre el área de la parcela. Los datos de campo se analizaron por los diseños completamente al azar y completamente al azar con arreglo factorial $A \times B \times C$, los niveles de A fueron las épocas, B las especies y control (suelo desnudo) y C los períodos de tiempo. Los resultados obtenidos fueron analizados por pruebas de medias por el método de Tukey.

Los resultados indican que para el mes de junio, la infiltrabilidad es mayor en las especies *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis*, seguidos de *Bouteloua curtipendula* y suelo desnudo; en agosto fueron *Bouteloua curtipendula* y *Bouteloua gracilis* seguidos de *Buchloe dactyloides* y suelo desnudo, para el mes de octubre no existió diferencia entre las especies en estudio. Los resultados de la concentración de sedimentos mostraron que las tres especies son estadísticamente semejantes en las tres épocas en que se realizó el estudio y la alta significancia percibida fue propiciada por los altos valores obtenidos en las parcelas de suelo desnudo. En la erosión laminar, el mes de junio, las especies que dan mayor protección al suelo son *Buchloe dactyloides* y *Bouteloua gracilis*, seguidos de *Bouteloua curtipendula*, estadísticamente semejante a *Bouteloua gracilis* y por último suelo desnudo; para el mes de agosto las especies que menor erosión laminar permitieron son *Bouteloua gracilis* y *Bouteloua curtipendula*, seguidas de *Buchloe dactyloides* y suelo desnudo; en el mes de octubre se encontró que las tres especies en estudio son estadísticamente semejantes y protegen al suelo de la erosión.

LITERATURA CITADA

- Balliette, J. F., K.C. Mc Daniel and, M. K. Wood. 1986. Infiltration and Production Following Chemical Control of Sagebrush in New Mexico. *J. Range Manage.* 39: 160-165. USA.
- Blackburn, W. H. 1975. Factors Influencing Infiltration Rates and Sediment Production of Semi-arid Rangelans in Nevada. *Water Resour. Res.* 11: 929-937. USA.
- Blackburn, W . H., T. L. Thurow and C. A. Taylor. 1986. Soil Erosion on Rangelands. In: *Use Cover and Weather Data in Rangelands Monitoring. Symposium Proceedings.* Kissimme, Florida, USA. Society for Range Manage. p 31-39.
- Blackburn, W. H. and M. K. Wood. 1990. Influence of Soil Frost on Infiltration of Shrub Coppice Dune and Dune Interspace in Southeastern Nevada. *Great Basin Naturalist.* 50: 41-46. USA.
- Bradford J. M., J. E. Ferris and P. A. Remely. 1987. Interril Erosion Process and Effect of Surface Sealing on Infiltration, Runoff and Soil Splash Detachment *Soil.Sci. Soc. Am. J.* 51: 1566-1571. USA.
- Branson, F.A., G.F. Gifford, K.G. Renard, and R.F. Hadley. 1981. *Rangeland Hidrology.* Society for Range Management. Range Science Series N°1. Kendall/Hunt Publishing Co. Dubuque, IA. USA 340 p.
- Brooks, K. N, P. F. Folliot, H. M. Gregersen and J. L. Thomas. (1991) *Hidrology and the Management of Waterseeds.* Iowa State University. U.S.A. 392 p.
- Claveran A., R., C. Sánchez. B., S. Paulin W., y A. de Alba. 1987. Manejo integrado de la Cuenca El Plateado. En: *Estrategias de Clasificación y Manejo de Vegetación Silvestre para la Producción de Alimentos en Zonas Aridas.* Forest Service, USDA. SARH. INIFAP. Tucson; Az. p 225-231. USA.
- Cochran, W. G. y G. M. Cox. 1990. *Diseños Experimentales.* Ed. Trillas. S.A. México, D.F. 661 p.
- Colman, E. A. 1953. *Vegetation and Watershed Management: An Apprarsal of Vegetation Management in Relartio to Water Supply, Flood Control and Soil Erosion.* The Ronald Press Company. New York, N. Y. USA. 412 p.

- Comisión Nacional de Zonas Áridas - Secretaría de Desarrollo Social (CONAZA-SEDESOL). 1994. Plan de Acción para Combatir la Desertificación de México. (PACD-MEXICO). Saltillo, Coah. México. 160 p.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero. 1979. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Coahuila. SARH. 255 p.
- Dadkhah, M. and G. F. Gifford. 1980. Influence of Vegetation, Rock Cover, and Trampling on Infiltration Rates and Sediment Production. AWRA. Water Res. Bull. 16: 979-986. USA.
- Dee, R.F, T. W. Box and E. Robertson, Jr. 1966. Influence of Grass Vegetation on Water Intake of Pullman Silty Clay Loam. J. Range Manage. 19: 77-79. USA.
- Dunne, T. and L. B. Leopold. 1978. Water in Environmental Planning. W. H. Freeman and Company. San Francisco, CA. 818 p. USA.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F. 246 p.
- Gutiérrez C., J. 1994. Infiltration, Sediment, and Erosion Under Grass and Shrub Cover in the Southern High Plains. Tesis PhD. Texas Tech. University. USA. 124 p.
- Gutiérrez C., J., S. Beltrán L., J. G. Medina T. y J. A. Díaz G. 1990. Efecto de la Vegetación Sobre la Infiltración y Producción de Sedimentos en el Rancho Los Ángeles, Coahuila. Revista Manejo de Pastizales. 3: 28-33.
- 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. 4: 34-39.
- Gutiérrez C., J. y F. Rivera. 1992. Infiltrabilidad y Microrelieve en un Suelo de Pastizal Mediano Abierto en el Sur de Coahuila, México. Revista Manejo de Pastizales 5: 96 - 104.
- Gutiérrez C., J. A. Zárate L., L. A. Natividad B., J. A. Díaz G. y J. G. Medina T. 1988. Infiltración y Producción de Sedimentos en Tres Unidades de Suelo Ocupadas por Pastizal Mediano Abierto. Revista Manejo de Pastizales. 4:23-24.
- Hernández J., I.I., J. Gutiérrez. C. y R. Reynaga V. 1993. Infiltrabilidad de un Suelo con Diferentes Rangos de Cobertura de Gramíneas en Dos Epocas del Año. Revista Manejo de Pastizales. 6 (3): 83-89.

- Hernández R., P. 1992. Análisis de la Vegetación y Suelos en el Rancho Los Ángeles Mediante dos Técnicas de Ordenación. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coah. México. 95 p.
- Hewlett J. D. 1982. Principles of Forest Hidrology. University of Georgia Press. Athens. Georgia. USA 184p..
- Hillel, D. 1980. Applications of Soil Physics. Academic Press. New York, N. Y. USA 385 p.
- Horton, R. E. 1933. The Role of Infiltration in the Hydrologic Cycle. Trans. Amer. Geoph. Union. 14: 446-460. USA.
- Huss, D. L. y E. L. Aguirre. 1974. Fundamentos de Manejo de Pastizales. ITESM. Monterrey, N. L., México. 227 p.
- Lane, L. J, K. G. Renard; G. R. Forter and J. M. Laflen. 1982. Development and Application of Modern Soil Erosion Prediction Technology. The USDA Experience. Aust. Jo. Soil. Res. USA. 30:893-912.
- Medina T., J. G. y J. Gutiérrez. C. 1990. Manejo de Cuencas Hidrológicas. Revista Manejo de Pastizales. 3: 34-40. Saltillo, Coah.
- Mendoza H., J. M. 1983. Diagnóstico Climático para la Zona de Influencia Inmediata de la UAAAN. Saltillo, Coah. México. 616p.
- Mitchell, J. K. y G. D. Bubenzer. 1984. Estimación de Pérdidas de Suelo. En: Kirby, M. J. and R. P. C. Morgan (Comps). Erosión de Suelos. Ed. Limmusa. México. p 35-88.
- Parsons A. J., A. D. Abrahams and S. H. Luk. 1991. Size Characteristics of Sediment in Interrill Overland Flow on a Semiarid Hillslope, Southern Arizona. Earth Surf. Process. Landforms. 16: 143-152. USA.
- Rauzi, F. and A.W. Zingg. 1955. Rainmaker Helps Prove Theory. Soil Conservation 21: 228 - 229, 240. USA.
- Reyes C., P. 1981. Diseño de Experimentos Aplicados. Ed. Trillas. México, D.F. p. 109.
- Satterlund, D. R., and P. W. Adams. 1992. Wildland Watershed Management. 2 ed. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA. 436 p.
- Scoging, H. 1989. Runoff Generation and Sediment Mobilization by Water. In: Thomas, D. S. G. (Ed.) Hanbook of Hidrology. Mc Graw-Hill, Inc. New York, NY. USA p. 87-116.

- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos - Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de los Coeficientes de Agostadero (SARH - COTECOCA). 1987. Las Gramíneas de México. Tomo II. México, D. F. 334 p.
- Serrato S., R., J. G. Medina T. y R. Vásquez A. 1983. Respuesta del Pastizal Mediano Abierto a Diferentes Sistemas de Pastoreo. UAAAN. Monog. Técnico-Científica. 9 (1): 1-79. México.
- Shen, H. W. and P. Y. Julien. 1993. Erosion and Sediment Transport In: Maidment, D.R. (Ed.) Handbook of Hydrology. Mc Graw-Hill, Inc. New York, NY. USA. p 12.1-12.61 3n.
- Thurow, T. L. 1991. Hydrology and Erosion. In: Hertschmidt, R. K. and J. Stuch. (Eds.) Grazing Management an Ecological Perspective. Timber Press. Portland, Or. USA. 141-159p.
- Thurow, T. L., W. H. Blackburn and C. A. Taylor Jr. 1986. Hydrologic Characteristics of Vegetation Types as Affected by Livestock Grazing Systems. Edwards Plateau, Texas. J. Range Manage. USA. 39 (6): 505-508.
- _____. 1988. Infiltration and Interrill Erosion Response to Select Livestock Strategies, Edwards Plateau, Texas. J. Range Manage. USA. 41: 296-302.
- Vásquez A., R. 1973. Plan Inicial de Manejo de Agostaderos en el Rancho Demostrativo Los Ángeles. Tesis Profesional. UAC-ESAAN. Buenavista, Saltillo, Coah. 93 p.
- Vásquez, A. R. J. A. Villarreal Q. y J. Valdés R. 1989. Las Plantas de Pastizales del Rancho Experimental Ganadero Los Ángeles, Municipio de Saltillo, Coahuila. UAAAN. Folleto de Divulgación. Vol. N°. 8. 20 p.
- Wester, D. B. 1992. Viewpoint: Replication, Randomization, and Statistics in Range Research. J. Range Manage. USA. 45: 285-290.
- Wilcox, B. P., M. K. Wood., J. M. Tromble and T. J. Ward. 1986. A Hand Portable Single Nozzle Rainfall Simulator Designed for Use on Steep Slopes. J. Range Manage. USA. 39: 375-379.

APÉNDICE

Cuadrados medios del error y coeficientes de variación para las variables de interés en el presente estudio, obtenidos del análisis de varianza por el diseño Completamente al Azar en sus datos originales y modificados.

Cuadro A.1. Cuadrado medio del error y coeficiente de variación en datos originales y transformados obtenidos por el diseño Completamente al Azar para las especies en estudio en diferentes épocas y tiempos en la infiltrabilidad (cm/hr).

Época	Tiempo	Datos originales			Datos transform. a \sqrt{x}		
		C. Medio	C. de Var.	Signific	C. Medio	C. de Var.	Signific.
Junio	05	0.9993	5.01	**			
	10	8.2257	17.87	**			
	15	7.9207	22.09	*	0.1587	11.29	N. S.
	20	9.1452	24.63	*	0.4654	19.12	N. S.
	25	12.5805	28.65	N. S.	0.2502	14.40	N. S.
	30	9.7344	25.14	**	0.1798	12.17	*
Agosto	05	2.5926	8.71	**			
	10	2.2010	10.03	**			
	15	5.6303	17.33	**			
	20	6.9697	20.23	**	0.1526	11.26	**
	25	8.7030	22.61	**	0.1965	12.99	**
	30	9.5781	22.80	**	0.2705	14.63	**
Octubre	05	4.8637	12.23	*			
	10	13.8590	30.92	**	0.4511	20.19	**
	15	10.6604	30.37	**	0.3005	17.45	**
	20	6.8756	24.00	**	0.2065	14.55	**
	25	6.5477	23.82	**	0.4671	22.17	**
	30	7.3834	26.70	**	0.3241	18.75	**

Significancia

0.05 = 3.24

0.01 = 5.29

N.S. = No Significativo

* = Significativo al 0.05

** = Altamente significativo al 0.01

Cuadro A.2. Cuadrado medio del error y coeficiente de variación en datos originales y transformados obtenidos por el diseño Completamente al Azar para las especies en estudio en diferentes épocas y tiempos en la concentración de sedimentos (gr/l).

Época	Tiempo	Datos Originales			Datos Transf. $^{\circ}a\sqrt{X+0.5}$ y $^a\sqrt{X+1}$		
		C. Medio	C. de Var.	Signific	C. Medio	C. de Var.	Signific.
Junio	05	1.9991	117.24	**	$^{\circ}$ 0.1994	40.65	**
	10	1.9410	69.87	*	$^{\circ}$ 0.4196	47.47	N. S.
	15	2.3781	74.66	*	a 0.1675	28.73	**
	20	17.9782	176.66	N. S.	a 0.6738	53.11	N. S.
	25	5.1879	127.12	*	a 0.2266	30.86	**
	30	2.0501	97.60	*	$^{\circ}$ 0.1709	31.84	**
Agosto	05	6.1395	75.51	**	a 0.1766	23.55	**
	10	3.1172	103.53	**	a 0.1108	22.58	**
	15	0.9503	70.40	**	$^{\circ}$ 0.0761	22.79	**
	20	1.5523	102.49	**	$^{\circ}$ 0.1005	27.35	**
	25	0.9027	92.43	**	$^{\circ}$ 0.1808	35.44	**
	30	2.8157	118.34	*	$^{\circ}$ 0.2474	40.59	**
Octubre	05	3.0105	76.86	**	$^{\circ}$ 0.1770	29.80	**
	10	2.8786	99.30	*	$^{\circ}$ 0.2566	37.40	*
	15	1.7825	91.02	*	$^{\circ}$ 0.1965	34.38	*
	20	2.8519	113.74	**	a 0.1612	27.36	**
	25	1.1506	102.29	**	$^{\circ}$ 0.1351	32.46	**
	30	0.9920	135.21	*	$^{\circ}$ 0.1266	35.03	*

Significancia

0.05 = 3.24

0.01 = 5.29

N. S. = No Significativo

* = Significativo al 0.05

** = Altamente significativo al 0.01

Cuadro A.3. Cuadrado medio del error y coeficiente de variación en datos originales y transformados obtenidos por el diseño Completamente al Azar para las especies en estudio en diferentes épocas y tiempos de la erosión laminar (kg/ha).

Época	Tiempo	Datos originales			Datos Transf. a ln (x+3)		
		C. Medio	C. de Var.	Signific	C. Medio	C. de Var.	Signific.
Junio	05	3080.40	212.77	*	0.8074	48.18	**
	10	6369.76	80.29	**	1.2819	30.72	**
	15	8610.62	77.79	*	1.0504	24.22	*
	20	32840.39	141.46	*	0.9187	23.70	**
	25	82201.21	184.90	*	0.9279	26.41	**
	30	18684.86	131.23	**	0.8321	25.50	**
Agosto	05	45929.06	146.79	**	0.2132	16.22	**
	10	24100.47	108.40	**	0.3111	18.28	**
	15	22195.76	104.76	**	0.5502	24.06	**
	20	25093.46	114.86	**	0.3265	18.49	**
	25	11634.86	94.72	**	0.3246	18.81	**
	30	26945.98	135.35	**	0.3766	20.25	**
Octubre	05	9598.22	97.61	**	0.7286	29.53	**
	10	19628.37	88.08	**	0.8310	24.08	**
	15	19695.39	98.10	**	1.0822	27.24	**
	20	57793.49	144.52	**	0.8593	25.66	**
	25	19362.88	103.16	**	0.9259	28.95	**
	30	20448.09	153.35	**	1.1766	35.30	**

Significancia

0.05 = 3.24

0.01 = 5.29

N. S. = No Significativo.

* = Significativo al 0.05

** = Altamente significativo al 0.01