

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

MONOGRAFIA TECNICO-CIENTIFICA

VOLUMEN 2

NUMERO 2

COMPARACION DE PRACTICAS DE RESIEMBRA DE PASTIZALES
EN EL NORTE DE ZACATECAS

EUSEBIO RODRIGUEZ
ROBERTO NAVA C.
JUAN GASTO C.

ESTRUCTURAS DE ESCURRIMIENTO Y CAPTACION EN PASTIZALES
RESEMBRADO EN EL NORTE DE ZACATECAS

RAYMUNDO AGUIRRE DE L.
JUAN GASTO C.
ROBERTO NAVA C.

ALTERNATIVAS DE TRANSFORMACION DE LAS ZONAS
ARIDAS

ROBERTO NAVA C.
JUAN GASTO C.
ROBERTO ARMIJO T.



MARZO, 1976
SALTILLO, COAHUILA, MEXICO

ESTRUCTURAS DE ESCURRIMIENTO Y CAPTACION EN PASTIZALES RESEMBRADOS EN EL NORTE DE ZACATECAS °

RAYMUNDO AGUIRRE DE L. *

JUAN GASTO C. **

ROBERTO NAVA C. ***

I N T R O D U C C I O N

En la zona árida y semi-árida del norte de México, donde se tiene alto porcentaje de superficie con baja precipitación pluvial, los cultivos anuales son a menudo una actividad poco conveniente. En estas condiciones, la ganadería practicada en forma eficiente puede llegar a ser solución adecuada a los problemas de productividad.

La pradera natural es uno de los recursos renovables más importantes, encontrándose en el País características muy distintas de acuerdo al clima en que éstas se desarrollan. Cabe mencionar que el mal uso, originado principalmente por el sobrepastoreo continuo, produce una alteración en la pradera natural, alteración que es difícil de corregir, debido a que se encuentran invadidas por especies poco deseables y de baja calidad, las cuales por su mayor adaptación a condiciones adversas y a la falta de competencia de salojan a las poblaciones de plantas deseables, produciendo pastizales con una capacidad sustentadora muy baja.

° Proyecto de investigación del Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zacatecas, de la UAA"AN".

* Ingeniero Agrónomo.

** Ingeniero Agrónomo, M.S., Ph.D. Profesor de Ecología y de Manejo de Pastizales. Depto. Recursos Naturales Renovables, Div. Ciencia Animal. UAA"AN".

*** Ingeniero Agrónomo. Profesor de Climatología e Investigador en Ecología y Pastizales. Depto. Recursos Naturales Renovables. Div. Ciencia Animal. UAA"AN".

El mejoramiento de agostaderos por medio de resiembras, en las zonas áridas y semi-áridas, con precipitaciones de 350 mm o menos en el año, puede ser una importante alternativa como práctica de rehabilitación de los pastizales deteriorados. Sin embargo, para resolver este problema se deben afrontar serios obstáculos, debido a las condiciones climáticas que prevalecen en estas zonas.

Uno de los factores limitantes más importantes, es la humedad disponible para el establecimiento y producción de especies forrajeras, ya sean nativas o introducidas. La precipitación es escasa, frecuentemente inferior a 350 mm, aumentando este problema la distribución incierta de las lluvias durante el año, ya que suele suceder que casi la totalidad de éstas ocurren en un período relativamente corto de tiempo y con intensidades muy altas, lo cual limita su efectividad debido tanto a las altas temperaturas que provocan pérdidas excesivas por evapotranspiración como a la pérdida de agua por escurrimiento superficial, que bajo tales circunstancias son, a menudo, elevadas (Echavarría, 1973).

En las zonas áridas se ha estimado que existe 37.5 millones de ha de pastizales cuya condición varía de regular a pobre, ya que en algunos lugares se necesitan 17 ha por unidad animal por año, considerándose que existen agostaderos en cuya condición deteriorada eleva esta cifra a 53 ha por unidad animal por año (Rojas, 1969).

El mejoramiento de los pastizales que se encuentran en etapa avanzada de retrogradación es un proceso gradual que, a menudo, si se emplean estrategias ecológicas de recuperación basadas en las sucesiones naturales, requiere de un período de tiempo demasiado largo. Bajo tales circunstancias, una de las alternativas que ofrece mayores expectativas de éxito, es la recuperación de estos pastizales mediante la resiembra con especies mejoradas. Las posibilidades de fracaso de la resiembra practicada en la forma

usual son demasiado elevadas, debido precisamente a la aridez y a la irregularidad de las precipitaciones.

Considerando los antecedentes presentados en los párrafos anteriores y a la información de la literatura, se ha formulado la hipótesis de que una concentración de los escurrimientos de las microcuencas en los sectores de resiembra, eleva la productividad del pastizal y simultáneamente aumenta las probabilidades de éxito.

Una de las limitantes principales para el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales que componen la comunidad pratense es el clima y dentro de éste, el agua disponible para el crecimiento de las plantas. Los otros factores integrantes del componente abiótico del ecosistema natural no se presentan tampoco en su grado máximo de desarrollo y disponibilidad. Sin embargo, la escasez del recurso hídrico a un nivel demasiado bajo impiden, a menudo, una mayor utilización de elementos nutritivos para las plantas. La permeabilidad hídrica y de gases del suelo, capacidad de intercambio iónico de éste, temperatura del aire y del suelo, viento, etc. pueden también limitar el desarrollo máximo de las plantas. Los factores abióticos, descartando el agua, se encuentran generalmente en cantidades reducidas para producir el crecimiento de los vegetales y, como consecuencia, éstos no alcanzan a presentar mayores requerimientos de los demás componentes del medio abiótico.

Puede decirse que el clima en especial la precipitación, puede constituir un factor de toda expresión de vida. La productividad máxima del sistema durante la estación de crecimiento está limitada por su arquitectura y funcionamiento. La productividad no puede sobrepasar ciertos límites más allá del potencial ecotópico. Por muy eficiente que sea el diseño arquitectónico y de funcionamiento, el límite máximo de productividad puede estar limitado por la capacidad de aporte de recursos y por su capacidad de absorción y de uti-

lización (Gastó, 1975).

Blaisdell (1958) opina que la precipitación está más altamente correlacionada con la productividad total de la pradera que con los grupos individuales de plantas. Es la comunidad en conjunto la que se equilibra con las disponibilidades hídricas y no la planta o población individual. Hutschinson y Stewart (1953), demostraron también que existe una estrecha correlación entre la precipitación y la productividad de forraje en la región pratense de Montana.

En las zonas áridas existe una correlación positiva entre la precipitación de un lugar y la productividad. Este principio no se aplica al comparar localidades diferentes. Lo eficiente de la precipitación en términos de productividad de la fitocenosis es variable a través del año, siendo en algunas épocas altamente eficiente y en otras desperdiándose casi en su totalidad.

Estudios realizados por Shiflet y Dietz (1974) encontraron que la producción de forraje está relacionada a las diferentes temporadas de precipitación, encontrando en su trabajo que la precipitación de Abril a Septiembre proporcionó la más estrecha predicción de la productividad de forraje.

El efecto de las condiciones climáticas características de las regiones áridas y semiáridas sobre la vegetación, conduce a formaciones vegetales que fisionómicamente corresponden al matorral arbustivo, estepas, praderas y sabanas. La diferencia entre la precipitación del lugar menos la intercepción por la cubierta vegetal, mantillo y el escurrimiento superficial, representa el agua disponible para la infiltración.

El aumento paulatino de la temperatura en el período vernal y estival estimula el crecimiento de la vegetación, y por ende las mayores necesidades hídricas.

Desde el punto de vista pratense, la reacción de la vegetación natural en períodos climáticos favorables no ofrece problema, y cuando las precipitaciones son abundantes existe tejido vegetal útil disponible para el ganado en cantidades mayores que la demanda. El problema debe orientarse a resolver la disponibilidad de forrajes en períodos desfavorables del año, como también en años secos (Gastó, 1975).

Kincaid, Gardner y Schreibe (1964) en Arizona y Nuevo México, evaluaron los parámetros del suelo y de la vegetación relacionados con la infiltración y el escurrimiento. Los estudios se dividieron en dos partes correspondientes a dos cuencas diferentes. El área de estudio la constituyó las subcuencas de Kendall y de Lucky Hill, de la cuenca de Walnut Gulch, Colorado. La subcuenca de Kendall tiene una vegetación de gramíneas, suelo de origen ígneo ligeramente ácido, con una textura arcillosa. En la subcuenca de Lucky Hill, la vegetación es de arbustos, suelo calcáreo y de ph alcalino, con capas subyacentes de caliche a 30 cm de profundidad. Encontrándose que con los datos disponibles de las dos subcuencas no hubo correlación en la pérdida de humedad con el suelo y la vegetación entre las dos áreas consideradas.

En la subcuenca de Kendall, a una profundidad de 15 cm la pérdida de humedad fué más rápida, indicando una mayor evaporación o una absorción más completa por las raíces de la parte superficial del suelo, o una combinación de estas dos condiciones. A una profundidad de 46 cm, las pérdidas de humedad fueron iguales en las dos áreas estudiadas.

La segunda parte del trabajo consistió en pruebas de infiltración, realizadas por medio de lluvia artificial. El objetivo de este trabajo fué determinar la tasa de infiltración y los efectos sobre la cubierta vegetal y el suelo. Llegaron a la conclusión que la cubierta de arbustos y sub-arbustos mostraba una regresión lineal con la proporción de la infiltración después de 60 minutos de aplicada la precipitación pluvial;

pero más abajo de cierto mínimo de cubierta vegetal parecía que ésta no tenía efecto sobre la proporción de infiltración. Además, la distribución del tamaño de las partículas de suelo en la superficie, particularmente en el piso erosionado, está relacionado con la cubierta vegetal.

Los experimentos reportados por Harold (1951) indican que en áreas donde una alta proporción del terreno está cubierta por plantas, tanto éstas como el mantillo orgánico constituyen los elementos principales que afectan a la infiltración y al escurrimiento. También se reportó que en pruebas de pastizales con cubierta rala, los efectos del suelo enmascararon a los de la cubierta vegetal. Woodward (1943) observó que al aumentar la cubierta vegetal se presenta un incremento general, tanto de la infiltración inicial, como de la infiltración final.

Varios estudios han demostrado que la infiltración del agua bajo cualquier tipo de vegetación, es mayor que en áreas desnudas. Influye también además de la vegetación el contenido de humedad del suelo, el mantillo orgánico y la condición del suelo y del pastizal.

Estudios realizados por Dee, Box y Robertson (1966) en Pantex, Texas, donde se efectuaron pruebas de infiltración para determinar la influencia de la cubierta de gramíneas en la infiltración de agua en un suelo de migajón arcillo-limoso, demuestran que bajo una cubierta de Bouteloua gracilis el agua se infiltra hasta una profundidad de 21.3 cm en dos horas, comparado con 14.2 cm absorbidos por el suelo cubierto por Chloris verticilata. En general la tasa de infiltración se eleva al aumentar la posición de una planta en la escala de la sucesión vegetal, el estado de la sucesión de la comunidad, la cantidad de vegetación viva y el mantillo orgánico de años anteriores. Las tasas de infiltración en el suelo bajo diferentes estados sucesionales fueron significativamente diferentes.

Investigaciones realizadas en el Rancho Experimental

La Campana por Martínez y González (1973) con el fin de determinar la relación entre la cubierta vegetal de dos tipos de pastizal bajo diferentes condiciones y su capacidad para absorber el agua de lluvia, demostraron que el pastizal mediano abierto, constituido principalmente por Bouteloua eripoda y Aristida spp., la infiltración fué aumentando a medida que mejoraba la condición del pastizal. En suelos desnudos se absorbieron 130 mm en 105 minutos, mientras que en la condición excelente se infiltraron 267 mm en 105 minutos, o sea poco más del doble.

En el pastizal halófito abierto constituido por Sporobolus airoides y Eragrostis obtusifolia comparándose con el pastizal mediano abierto, la infiltración fué más lenta en todas las condiciones, pero presentó la misma tendencia a una mayor infiltración a medida que mejoraba la condición del pastizal:

Tromble, Renard y Thatcher (1974) utilizaron un simulador de lluvia de disco rotativo para examinar las relaciones de escurrimiento-infiltración de sitios seleccionados en pastizales: donde el simulador ayudó a cuantificar las tasas de infiltración para diferentes sistemas de manejo, en diferentes tipos de suelo. Se encontró que la infiltración fué mayor en las parcelas pastoreadas, la humedad anterior del suelo disminuye las tasas de infiltración, la cubierta basal fué aproximadamente dos veces mayor en las parcelas con arbustivas que en las parcelas con gramíneas.

Keppel (1960) afirma que el agua escurrida en las zonas de pastos y matorrales de regiones áridas de Arizona, Colorado, Nuevo México y Utah, corresponde al 2 % del agua de lluvia. Estas pérdidas son el resultado del tipo de las tormentas productoras de escurrimiento y de la arquitectura del ecosistema. El objetivo principal de su investigación fué determinar que efecto tienen los cambios de la vegetación sobre el

rendimiento neto del agua de escurrimiento procedente de las diferentes cuencas. En general, se tiene la creencia que cualquier mejoramiento en la clase o cantidad de vegetación puede reducir la producción relativamente pequeña de dichas áreas. En este estudio se concluye que para tener una información más completa a este respecto es preciso recopilar todos los datos hidrológicos y hacer una investigación detallada de la vegetación. Según el autor es poco probable que por el sólo hecho de modificar la vegetación la tasa de escurrimiento se reduzca en tal grado que concluya en hacerse nula, especialmente en aquellas regiones donde las precipitaciones son breves e intensas.

Kincaid, Osborn y Gardner (1966) hicieron mediciones del escurrimiento durante la temporada de lluvias 1963-1964 en cuatro pequeñas cuencas de diferentes áreas, que sumaban en total 7.3 ha. Se hizo un grupo de parcelas experimentales de 1.80 m por 3.60 m, las cuales se encontraban físicamente asociadas con las cuencas. De este estudio se comprobó que el agua de escurrimiento procedente de las cuencas fué menor por unidad de área al alterar la vegetación. El escurrimiento, sin embargo, depende más de la naturaleza de la precipitación pluvial, que del tipo de vegetación. Se concluyó que las variaciones del escurrimiento son difíciles de determinar debido a algunos factores asociados, no cuantificados.

Kincaid y Williams (1966) encontraron algunas correlaciones entre las características de la superficie del suelo, los tratamientos de mejoramiento y la cubierta vegetal, en relación al escurrimiento y erosión. Determinaron que la cubierta vegetal tiene el máximo efecto en la reducción del escurrimiento. Al aumentar la cubierta vegetal decrece significativamente el escurrimiento superficial. La resiembra puede reducir el escurrimiento que se registra en la cubierta natural. Las parcelas con combinaciones de prácticas de siembra y otras prácticas de mejoramiento, mostraron una ten

dencia menor a sufrir cambios en el microrelieve que donde no se resembró. Esto posiblemente se debió a los efectos de los trabajos de presiembra, además de la protección del suelo provocada por las gramíneas sembradas. La superficie del suelo se estabiliza después del primer período de lluvias.

Al retirar de un suelo la cubierta vegetal natural se modifican las condiciones naturales y se inicia un proceso de erosión diferente al que hasta en esa fecha había ocurrido. La actividad erosiva está determinada en un alto grado por la pendiente del terreno, además de otros factores de importancia (Tamayo, 1962).

Martínez y Maldonado (1973) definen el concepto de resiembra como el proceso de establecer una comunidad de plantas por medio de la diseminación artificial de semillas para el establecimiento de plantas forrajeras adaptadas a un agostadero.

Por su parte Huss y Aguirre (1974) indican que la siembra artificial es la propagación de plantas nuevas por métodos mecánicos, y que estos métodos son generalmente más caros y tienen más riesgos que la siembra natural. Hay millones de hectáreas de terrenos en la zona árida y semiárida de México y del mundo entero que necesitan de siembras artificiales, ya que el mejoramiento mediante la sucesión natural no es factible en algunas circunstancias específicas. Se menciona además que los sitios que necesitan de siembra artificial son aquellos terrenos en donde el pastizal natural se encuentra en condiciones pobres y tienen semilleros naturales - inadecuados para la resiembra natural. Se considera como condición pobre de una pradera a aquellas en que la composición de las especies deseables y menos deseables sea inferior al 15 %. Además debe resembrarse los terrenos de cultivo abandonados en donde el pastizal original ha sido destruido. Otras circunstancias donde debe resembrarse es en matorrales naturales donde al controlar los arbustos nocivos se haya destruido a las sinusias productoras de forraje y en aquellos

sectores donde debido a la erosión u otras circunstancias particulares sea aconsejable el reemplazo de la cubierta original por otra mejorada.

Se considera que todo terreno que tenga raíces vivas de buenos pastos, cubriendo 15 % o más de su superficie, no necesitan resiembra artificial, sino descanso y manejo adecuado. Bajo estas condiciones se puede pensar en resembrar algunas especies de buena calidad forrajera. Se afirma además, que en agostaderos que reciben anualmente más de 600 mm de precipitación anual, la siembra artificial es recomendable y pudiéndose sembrar especies que no sean nativas (De Alba, 1952).

Norris (1970) presenta tres puntos básicos que deben considerarse al resembrar pastizales en zonas áridas:

Planeación adecuada. En el cual se deben definir los objetivos que se persiguen, diferenciar los sitios y ver la compatibilidad de especies que se piense resembrar.

Siembra y Establecimiento. Se debe seleccionar y sincronizar la preparación de la cama de siembra con las precipitaciones y con el proceso mismo de la siembra.

Manejo. Dejar descansar el sitio seleccionado utilizándolo temporalmente o en forma diferida para que se mejore el establecimiento. Instalar un buen sistema de rotación y descanso.

Por otra parte, se menciona que en áreas resembradas en la región de Texas con precipitaciones de 250 mm a 300 mm anuales, se aumentó la carga animal desde 30 ha por unidad animal a 12 ha por unidad animal.

Los tratamientos mecánicos a la tierra tales como surqueaduras, terráceo, subsoldura, poceadura y dispersión de agua son prácticas de conservación de agua adaptadas a ciertos tipos de agostaderos. Los beneficios esperados, in-

cluyen el aumento de la cantidad y calidad de las especies nativas, más eficiente uso del agua de lluvias, simultáneamente con un mejor control de la erosión. Cuando se combinan estos tratamientos con resiembras artificiales, el mejoramiento del pastizal puede ser aún mejor (Vallentine, 1971).

Estudios realizados por McGinnies (1972) en la región central de Utah demostraron que con la siembra en el fondo del surco se lograba un mayor porcentaje de emergencia y establecimiento que con siembras en línea sobre una superficie plana. Sin embargo, estudios realizados en Colorado, durante varios años no demostraron grandes diferencias entre los dos métodos de siembra. A menudo, los fuertes vientos destruyen las siembras en hileras sobre superficies planas, antes de lograr un establecimiento exitoso. En una revisión de los trabajos de resiembra realizados en el Estado de Colorado se encontró que los resultados más consistentes se han obtenido barbechando el área de siembra, preparando una cama de siembra firme y sembrando inmediatamente antes del período de máxima precipitación. Además de ello, los riesgos disminuyeron grandemente y se obtiene un establecimiento más elevado si se aplican tratamientos para controlar la erosión por el viento y el agua, simultáneamente con efectuarse siembras en hileras (McGinnies, 1972).

La idea de sembrar en bandas en curvas a nivel es lograr que el agua de escurrimiento en las áreas superiores sin arar sea capturada en la banda que ha sido preparada para la siembra, lo que ocasiona un aumento del agua para la germinación y establecimiento de la semilla como asimismo para el crecimiento de la planta. Las relaciones entre el área arada y el área sin arar y de la banda sembrada y la banda sin sembrar, dependen de varios factores, tales como: Textura del suelo, estructura, pendiente, intensidad de lluvia y cubierta vegetal. Algunos resultados experimentales indican que bandas de 10 m sin arar y 10 m arados son apli-

cables a pendientes menores de 5° (Huss y Aguirre, 1974).

En un experimento llevado a cabo por Slaybac y Cable (1970) durante cuatro años en Arizona, se comparó la eficiencia para captar agua y conservar la humedad de los pozos o zanjas convencionales hechos con discos excéntricos, con pozos intermedios, que además de ser más anchos y largos de 1.5 m x 2.5 m son de mayor profundidad. Los pozos intermedios se hacen con un tractor con cuchilla modificada en forma semicircular que se regula de acuerdo a la profundidad deseada. Este tipo de pozos, estudiados en un área de baja precipitación correspondiente solo a 155 mm a 180 mm anuales, aumentó la producción de materia seca de Buchloe dactyloides en dos y medio veces que la área adyacente tratada con una pocadora convencional y cinco veces más que otra área adyacente, únicamente resebrada pero sin pocear.

DESARROLLO DEL TRABAJO

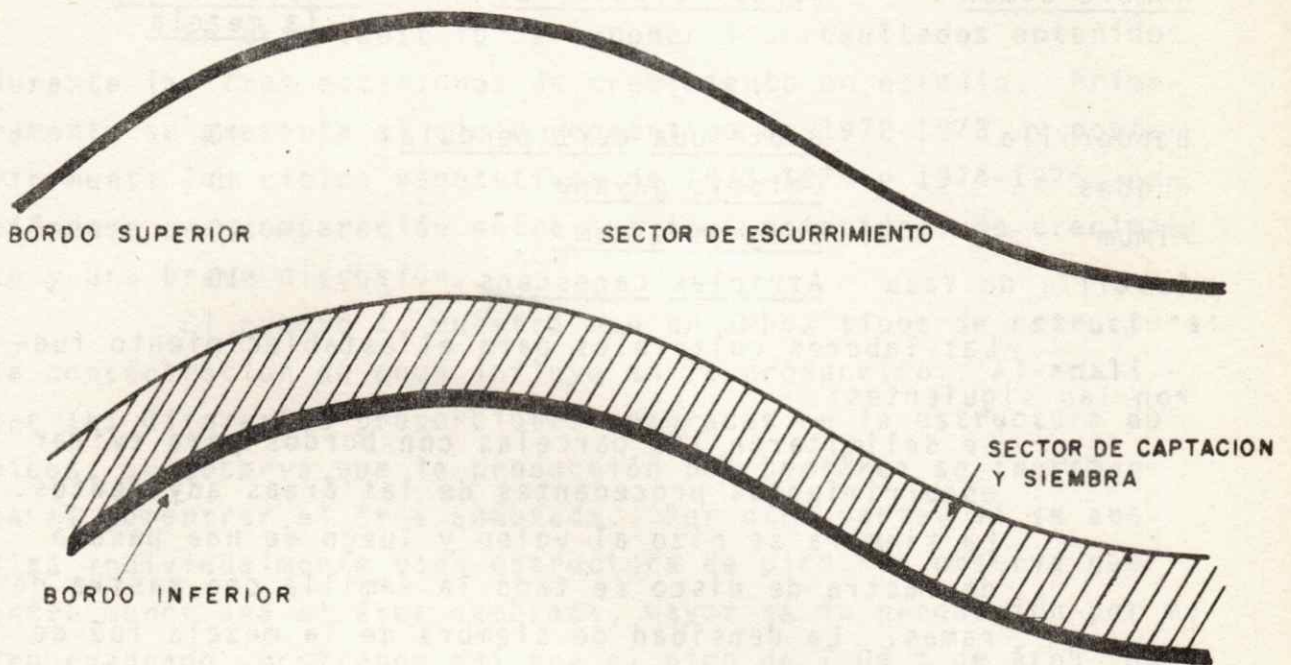
La descripción del área de estudio aparece indicada en el estudio de Rodríguez, Nava y Gastó (1976), en la primera parte de esta Monografía.

El primer tratamiento fué de estructuras de bordos a nivel; siendo la superficie de la parcela experimental de 1000 m². Comprende un área de siembra de 3 m de ancho por 50 m de largo, aguas arriba del bordo a nivel, dejando una superficie de 17 m por 50 m de área de cuenca.

El segundo tratamiento fué de estructura de 600 m² en forma de cuadrilátero, formándose un triángulo en su base o pico de una superficie de 20 m por 25 m, con un área de cuenca de 500 m² y un área de siembra de 100 m², sembrándose en la estructura una superficie de 16.70 %. De manera análoga, se efectuaron otros tres tratamientos donde se sembró 9.40 %, 4.20 % y 1.04 % respectivamente (Figura 1).

La siembra se efectuó en seco, el día 6 de Junio de 1972, utilizándose una mezcla de las siguientes especies forrajeras:

TRATAMIENTO DE BORDOS EN CURVAS A NIVEL



TRATAMIENTOS DE PICOS

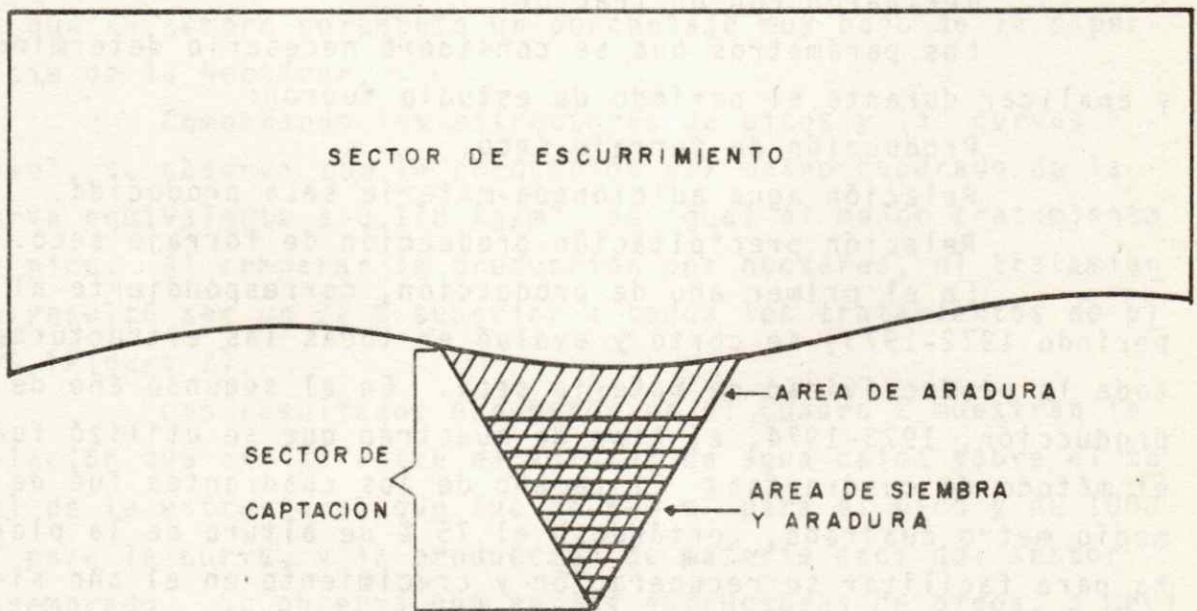


Figura 1. Esquema de los tratamientos estudiados.

<u>Nombre Común</u>	<u>Nombre Científico</u>	<u>Proporción de la mezcla</u>
		%
Banderilla	<u>Bouteloua curtipendula</u>	40
Rhodes	<u>Chloris gayana</u>	40
Almum	<u>Sorghum almum</u>	10
Costilla de Vaca	<u>Atriplex canescens</u>	10

Las labores culturales para el establecimiento fueron las siguientes:

Se delimitaron las parcelas con bordos para evitar escurrimientos procedentes de las áreas adyacentes. La siembra se hizo al voleo y luego de una pasada de rastra de disco se tapó la semilla con rastra de ramas. La densidad de siembra de la mezcla fué de 10 kg/ha.

Los trabajos de bordeo y rastreo, tanto en las estructuras de picos, como en las de bordos a nivel se efectuaron con un tractor.

Los parámetros que se consideró necesario determinar y analizar durante el período de estudio fueron:

Producción de forraje seco.

Relación agua adicionada-materia seca producida.

Relación precipitación-producción de forraje seco.

En el primer año de producción, correspondiente al período 1972-1973, se cortó y evaluó en todas las estructuras toda la productividad de materia seca. En el segundo año de producción, 1973-1974, el tipo de muestreo que se utilizó fué el método de cuadrantes. El tamaño de los cuadrantes fué de medio metro cuadrado, cortándose el 75 % de altura de la planta para facilitar su recuperación y crecimiento en el año siguiente.

RESULTADOS Y DISCUSION

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante las tres estaciones de crecimiento en estudio. Primeramente se presenta el ciclo vegetativo de 1972-1973, y posteriormente los ciclos vegetativos de 1973-1974 y 1974-1975, haciéndose una comparación entre las tres estaciones de crecimiento y una breve discusión.

El cuadro 1, muestra que en ambos tipos de estructuras la concentración de agua influye en la producción. Al analizar las diferentes proporciones sembradas en la estructura de picos, se observa que la producción por hectárea se incrementa al aumentar el área sembrada. Por otra parte, si se analiza individualmente cada estructura de pico, se observa que entre menor sea el área sembrada, mayor es la producción por metro cuadrado, mostrando así que el pico de 1.04 % de área sembrada, tiene la mayor producción por metro cuadrado debido a la mayor humedad disponible. Su producción por hectárea es en cambio de 19.44 kg., siendo ésta la más baja. La razón de ello es que se sembró solamente un porcentaje muy bajo de la superficie de la hectárea.

Comparando las estructuras de picos y las curvas a nivel, se observa que la producción por metro cuadrado de la curva equivalente a 0.178 kg/m^2 , es igual al mejor tratamiento de pico. Al comparar la producción por hectárea, el tratamiento resultó ser un 72 % superior a todos los tratamientos de picos (Figura 2).

Los resultados expuestos en el cuadro 2 muestran la relación que existe entre el volumen de agua caída sobre el total de la estructura, que fué de 600 m^2 para el pico y de 1000 m^2 para la curva, y la producción de materia seca del sector resembrado. Se observa que en las estructuras de picos, a medida que la proporción de superficie sembrada aumenta, los metros cúbicos necesarios para producir un kilogramo de materia seca disminuyen, observándose que en el de 1.04 % de área sembrada,

Cuadro 1. Productividad de materia seca de la mezcla de Especies mejoradas sembradas en el bajo del pico y en las curvas a nivel durante el ciclo 1972-1973, con una precipitación de 640 mm.

Estructura	Superficie sembrada			Productividad			
	de la estructura m ²	Proporción Area %	de la Hectárea m ² /ha	Por m ² de superficie sembrada Kg/m ²	Por superficie de la estructura Kg/superficie	Por Hectárea kg/ha	Transformada a si 100% de la hectárea sembrada Kg/ha
Pico	6.25	1.04	112.5	0.173	1.08	19.44	1728
	25.00	4.20	450.0	0.121	3.03	54.54	1728
	56.25	9.40	1012.5	0.078	4.41	79.38	1212
	100.00	16.70	1800.0	0.042	4.17	75.06	784
Curva	150.00	15.00	1500.0	0.178	16.64	266.40	1776

* La precipitación total del año fué de 664 mm., pero no se consideró las registradas después de la cosecha, en los meses de Noviembre y Diciembre.

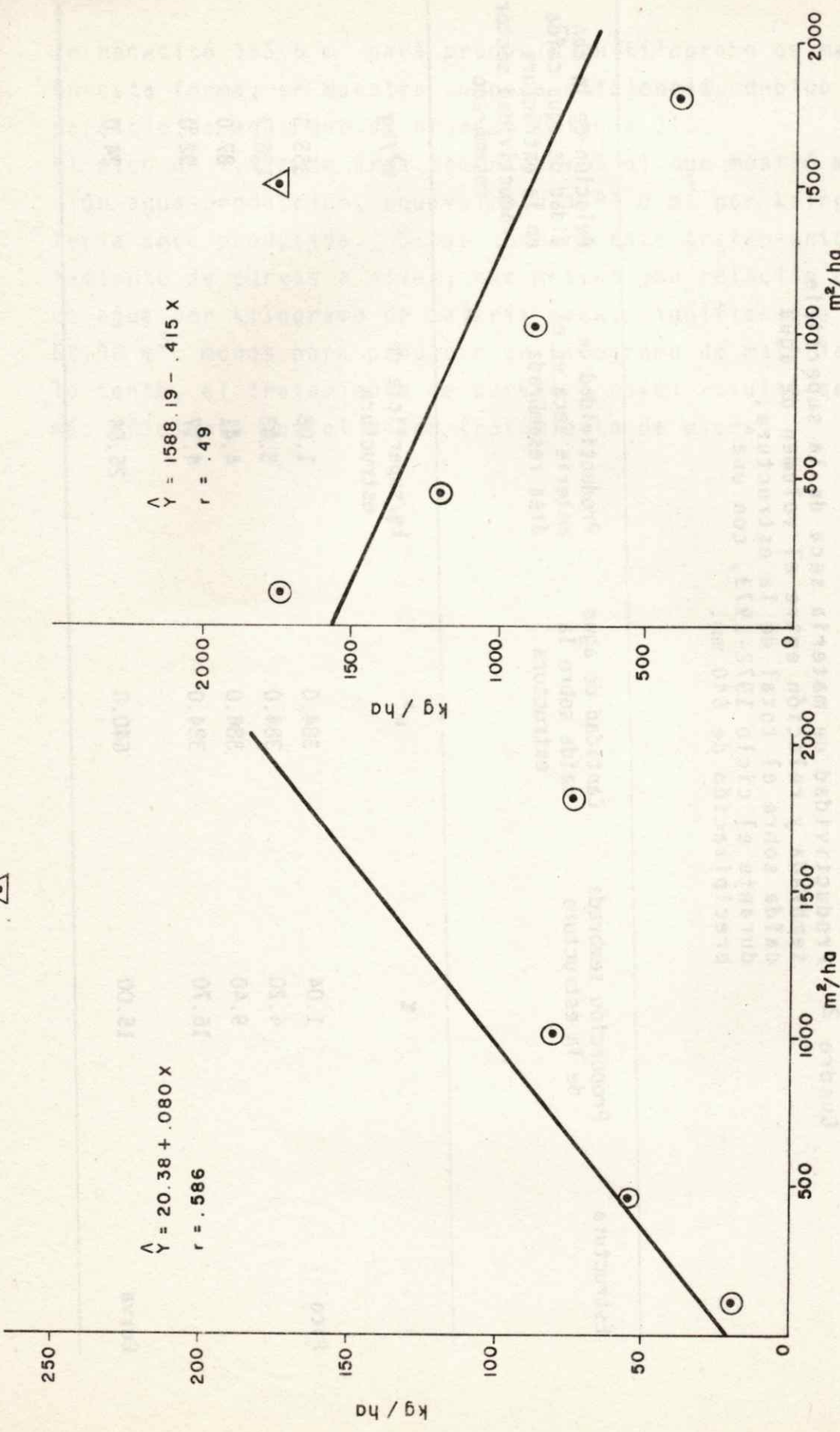


Figura 2. Relación entre la superficie sembrada y la productividad del área sembrada expresada en kg/ha (izquierda), y relación entre la superficie sembrada y la productividad hipotética del pastizal al transformarse a 100 % de siembra, si la totalidad de la ha se hubiera sembrado (derecha), durante la temporada 1972-1973, con una precipitación de 640 mm.
 Δ Bordos a nivel. ○ Picos.

Cuadro 2. Productividad de materia seca de la superficie sembrada y relación entre el volumen de agua caída sobre el total de la estructura, durante el ciclo 1972-1973, con una precipitación de 640 mm.

Estructura	Proporción sembrada de la estructura	Cantidad de agua caída sobre la estructura	Productividad de materia seca en el área resembrada	Relación de la cantidad de agua caída en la estructura productividad sector resembrado
	%	m ³	kg/superficie de estructura	m ³ /kg
Pico	1.04	384.0	1.08	355.5
	4.20	384.0	3.03	126.7
	9.40	384.0	4.41	87.0
	16.70	384.0	4.17	92.0
Curva	15.00	640.0	26.64	24.0

se necesitó 355.5 m^3 para producir un kilogramo de materia seca. En esta forma, se muestra su poca eficiencia, debido al gran des^{de}perdicio de agua que se produce (Figura 3).

El pico de 9.4 % de área sembrada fué el que mostró mayor relación agua-producción, equivalente a 87.0 m^3 por kilogramo de materia seca producida. Si se compara este tratamiento con el tratamiento de curvas a nivel, que mostró una relación de 24.02 m^3 de agua por kilogramo de materia seca, significa que se necesitó 62.98 m^3 menos para producir un kilogramo de materia seca. Por lo tanto, el tratamiento de curvas a nivel resultó ser un 72 % más eficiente que el mejor tratamiento de picos.

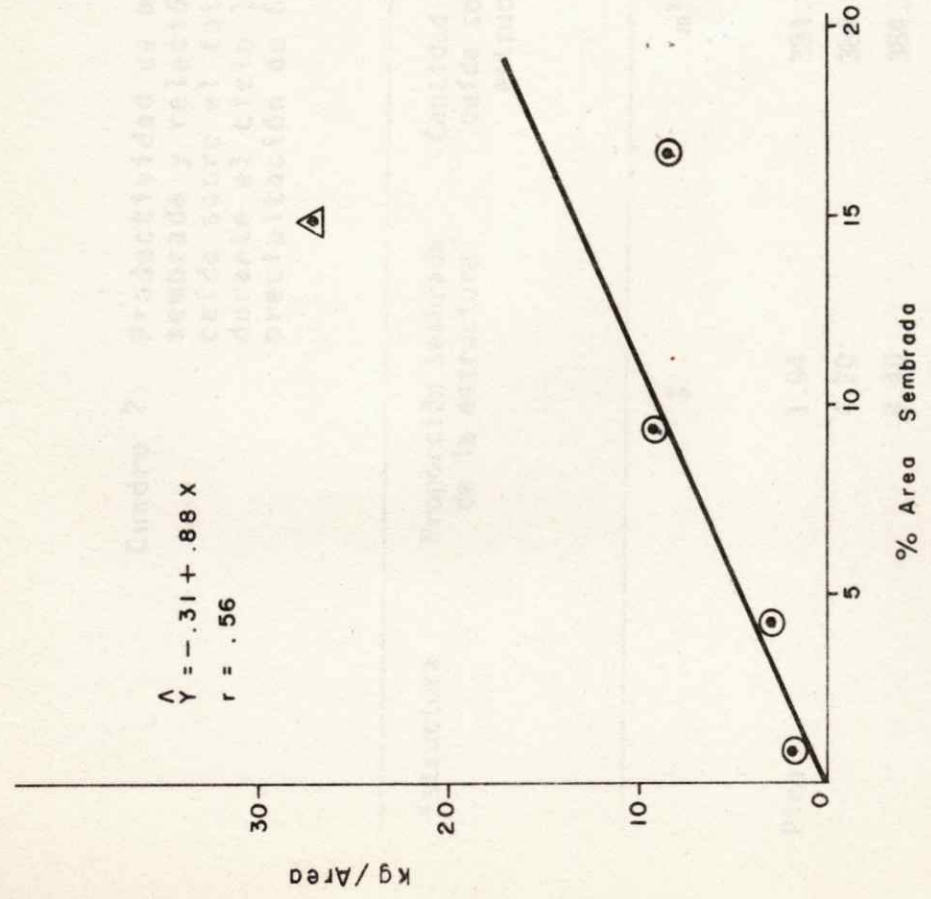
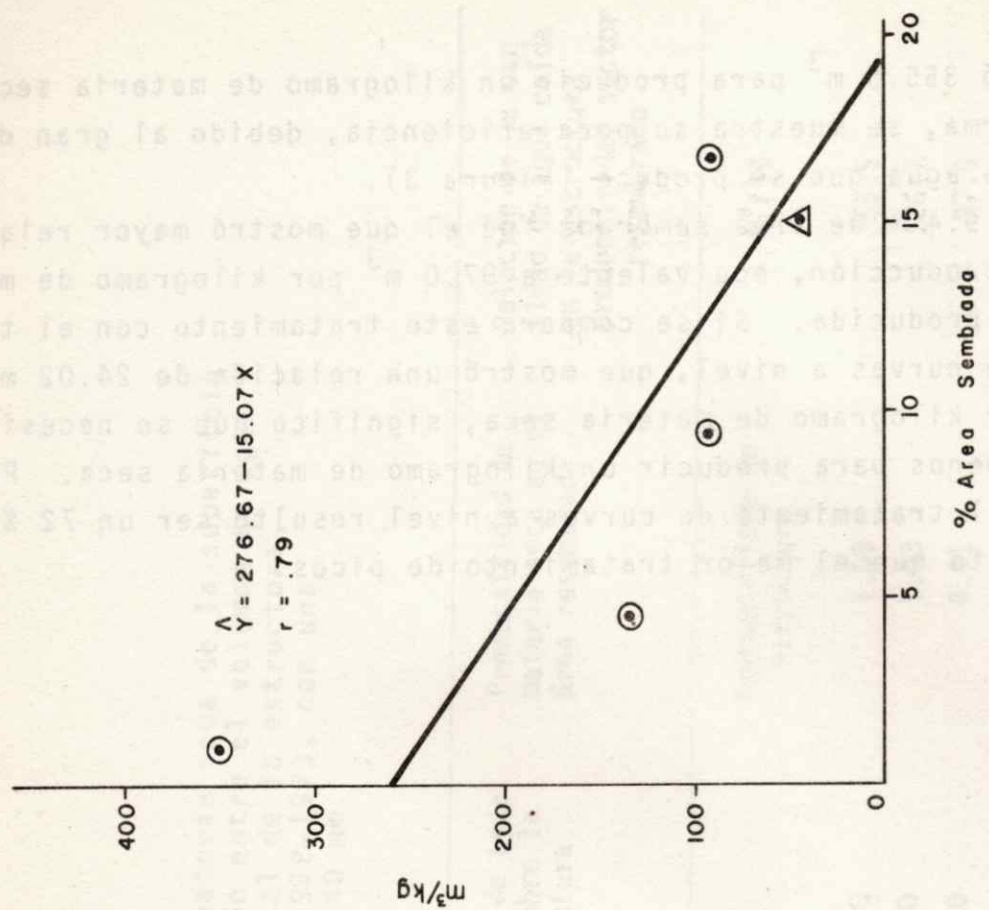


Figura 3. Relación entre el porcentaje de área sembrada y la productividad de materia seca por unidad de área de siembra (izquierda) y relación entre el porcentaje de área sembrada y el agua pluvial requerida para producir un kg de materia seca (derecha) durante la temporada 1972-1973; Δ Bordos a nivel; \odot Picos.

En el cuadro 3 se indica la producción de materia seca relacionada con la precipitación registrada durante el ciclo 1972-1973. Se observa que a medida que el área sembrada aumenta, los milímetros necesarios para producir un kilogramo de materia seca disminuyen, teniéndose por ejemplo, que la proporción de áreas sembradas de 1.04 % se necesitaron 34.15 mm para producir un kilogramo de materia seca, mientras que con la proporción de 16.7 % la relación fué de 8.8 mm de precipitación por kilogramo de materia seca producida en la superficie sembrada de la hectárea. Comparando este tratamiento con el de curvas a nivel de similar proporción de área sembrada, se encuentra que la curva a nivel fué más eficiente, ya que requirió de 6.4 mm de precipitación menos que la mejor estructura de pico.

En el ciclo de producción 1973-1974 (cuadro 4) en el cual se obtuvo una precipitación menor que en el ciclo anterior pues fué de sólo 115 mm, la producción de materia seca fué escasa pero se observa la misma tendencia anterior, es decir, que a mayor proporción de área sembrada, la producción aumenta. La mayor producción por metro cuadrado correspondió a la estructura de pico de 1.04 % de área sembrada, la cual fué de 0.102 kg/m². La producción por hectárea de esta estructura, sin embargo, fué la más baja, debido a la escasa proporción de siembra en la hectárea. Comparando las estructuras de picos con la de curvas a nivel, se observa que la producción por metro cuadrado por menor que la obtenida por el pico de 1.04 % de área sembrada comparándose la producción por hectárea, la curva muestra un aumento del 13 % con respecto al mejor tratamiento de pico (figura 4).

La producción de los tratamientos de picos con 16.7 %, 9.4 %, 4.2 % y 1.04 % de área sembrada y el tratamiento de curvas a nivel con un 15 % de área sembrada disminuyeron su producción en un 27 %, 16 %, 41 % y 72 % respectivamente, en relación al primer año de producción. Ello se debió principalmente a las condiciones climáticas adversas que prevalecieron en el segundo ciclo de producción.

Cuadro 3. Relación entre la productividad de materia seca y la altura de la capa de agua registrada durante el ciclo 1972-1973, con una precipitación de 640 mm.

Estructura	Proporción sembrada de la estructura	Superficie sembrada de la estructura	Producción de la hectárea	Relación	
				Materia seca producida por precipitación	Precipitación - materia seca producida por ha sembrada
	%	m ²	kg/ha	kg/ha/mm	mm/kg/ha
Pico	1.04	6.25	19.44	0.0303	32.92
	4.20	25.00	54.54	0.0852	11.17
	9.40	56.25	79.38	0.1240	8.06
	16.70	100.00	75.06	0.1172	8.52
Curva	15.00	150.00	266.40	0.4162	2.40

Cuadro 4. Productividad de materia seca de la mezcla de especies mejoradas sembradas en el bajo del pico y en las curvas a nivel durante el ciclo 1973-1974, con una precipitación de 115 mm.

Estructura	Superficie sembrada		Por m ² de superficie sembrada	Por superficie de la estructura	Por Hectárea sembrada	Transformada a 100 % de siembra si 100% de la hectárea sembrada
	de la Estructura	Proporción Area				
Pico	m ²	%	m ² /ha	kg/m ²	kg/ha	Kg/ha
	6.25	1.04	112.5	0.102	11.52	1024.0
	25.00	4.20	450.0	0.071	1.780	712.0
	56.25	9.40	1012.5	0.018	1.022	181.6
	100.00	16.70	1800.0	0.030	3.038	303.8
Curva	150.00	15.00	1500.0	0.042	6.320	421.3

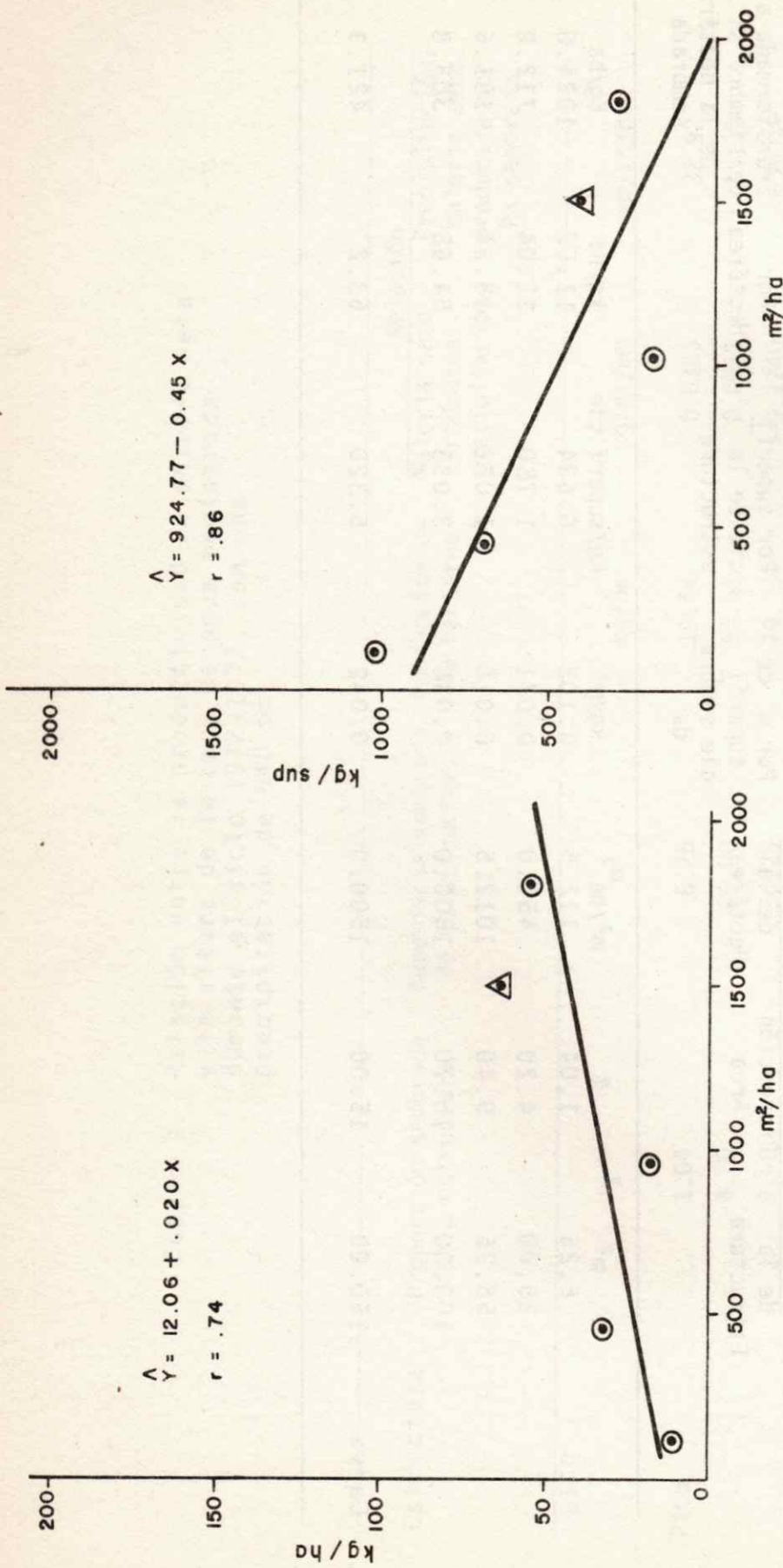


Figura 4. Relación entre la superficie sembrada y la productividad del área sembrada expresada en kg/ha (izquierda), y relación entre la superficie sembrada y la productividad hipotética del pastizal al transformarse a 100 % de siembra si la totalidad de la ha se hubiera sembrado (derecha), durante la temporada 1973-1974, con una precipitación de 115 mm. Δ Bordos a nivel; \odot Picos.

La relación entre volumen de agua caída sobre el total de la estructura y la productividad de materia seca para el ciclo 1973-1974 aparece presentada en el cuadro 5. En él se observa que el tratamiento que mayor cantidad de agua necesitó fué el de pico de 1.04 % de área sembrada, necesitando de 107.98 m^3 para producir un kilogramo de materia seca. El tratamiento de pico con 16.7 % de área sembrada requirió de 22.71 m^3 para producir un kilogramo de materia seca, siendo éste el que mayor eficiencia mostró entre los tratamientos de pico. El tratamiento de curvas a nivel requirió de 18.19 m^3 para producir un kilogramo de materia seca, disminuyendo el agua requerida en un 17 % con respecto al mejor tratamiento de picos. De ello se desprende que las curvas a nivel, debido a su estructura, aprovechan el agua en una forma más eficiente que los picos (figura 5).

En el ciclo de producción 1973-1974 (cuadro 6), la relación entre la producción de materia seca y la precipitación mostró en general, la misma tendencia que en el ciclo anterior. Se observa que la proporción de área sembrada de 1.04 % necesitó 9.98 mm para producir un kilogramo de materia seca, mientras que la proporción 16.7 % sólo necesitó 2.10 mm para producir un kilogramo de materia seca, lo cual representa una disminución de 78.9 %. Comparando el mejor tratamiento de pico, el de 16.7 % de área sembrada con el de curvas a nivel, que tiene una proporción de siembra similar, la relación de milímetros requeridos para producir un kilogramo de materia seca, disminuyó en las curvas a nivel, en un 13.8 %.

Comparando el primer ciclo de producción con el segundo, es decir, un año lluvioso de 640 mm con uno seco de 115 mm, se observa en el segundo, una mayor eficiencia en cuanto al aprovechamiento del agua. En el primer ciclo de producción la precipitación fué alta y este tipo de estructuras y de vegetación, no fué capaz de aprovechar toda el agua recibida en ellas, desperdiciándose gran cantidad de agua. Ello

Cuadro 5. Productividad de materia seca de la superficie sembrada y relación entre el volumen de agua caída sobre el total de la estructura, durante el ciclo 1973-1974, con una precipitación de 115 mm.

Estructura	Proporción sembrada de la estructura	Cantidad de agua caída sobre la estructura	Productividad de materia seca en el área resembrada	Relación de la cantidad de agua caída en la estructura productivdad sector resembrado
	%	m ³	kg/superficie de estructura	m ³ /kg
Pico	1.04	69	0.639	107.98
	4.20	69	1.780	38.76
	9.40	69	1.022	67.50
	16.70	69	3.038	22.71
Curva	15.00	115	6.320	18.19

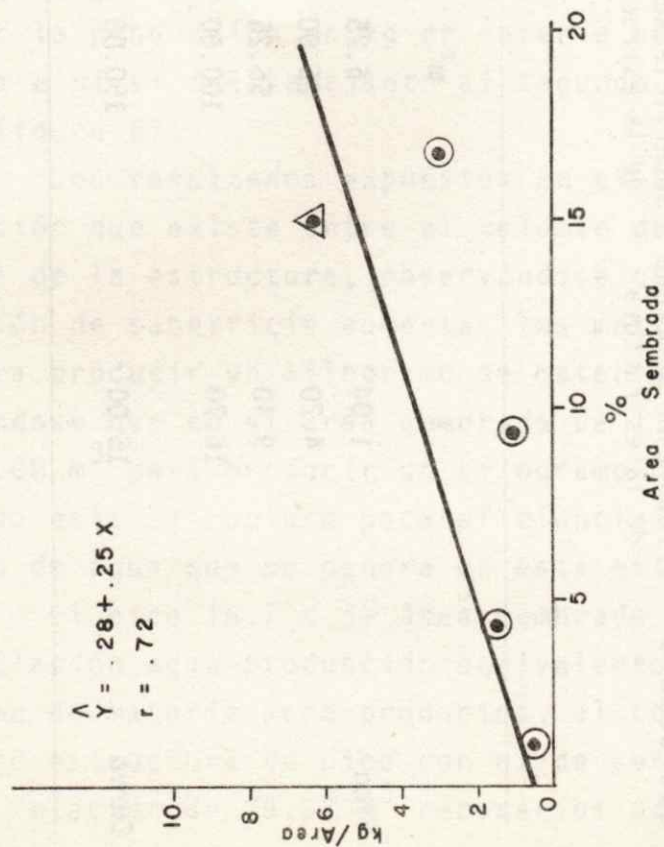
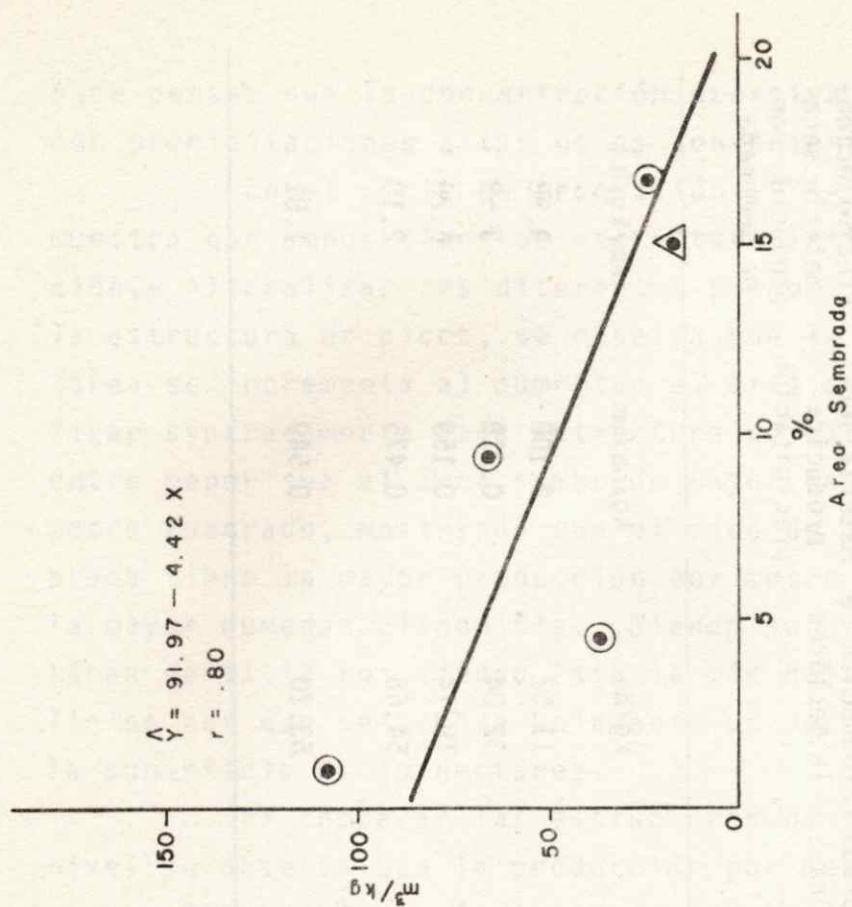


Figura 5. Relación entre el porcentaje de área sembrada y la productividad de materia seca por unidad de área sembrada (izquierda) y relación entre el porcentaje de área sembrada y el agua pluvial requerida para producir un kg de materia seca (derecha) durante la temporada 1973-1974.
 ▲ Bordos a nivel; ● Picos.

Cuadro 6. Relación entre la productividad de materia seca y la altura de la capa de agua registrada durante el ciclo 1973-1974, con una precipitación de 115 mm.

Estructura	Proporción sembrada de la estructura	Superficie sembrada de la estructura	Producción de la hectárea	Relación	
				Materia seca producida-precipitación	Precipitación-materia seca producida por ha sembrada
	%	m ²	kg/ha	kg/ha/mm	mm/kg/ha
Pico	1.04	6.25	11.52	0.100	9.98
	4.20	25.00	32.04	0.278	3.58
	9.40	56.25	18.74	0.159	6.28
	16.70	100.00	54.68	0.475	2.10
Curva	15.00	150.00	63.20	0.549	1.81

hace pensar que la concentración excesiva de agua en años con precipitaciones altas no es conveniente.

En el ciclo de producción 1974-1975 (cuadro 7), muestra que ambos tipos de estructura influyen en la producción, y al analizar los diferentes proporciones sembradas en la estructura de picos, se observa que la producción por hectárea se incrementa al aumentar el área sembrada. Y al analizar separadamente cada estructura de pico se observa que entre menor sea el área sembrada mayor es la producción por metro cuadrado, mostrando que el pico de 1.04 % de área sembrada tiene la mayor producción por metro cuadrado debido a la mayor humedad disponible. Siendo su producción por hectárea de 11.13 kg; siendo ésta la más baja. La razón de ello es por que se sembró solamente un porcentaje muy bajo de la superficie de la hectárea.

Al comparar las estructuras de picos y curvas a nivel se observa que la producción por metro cuadrado de la curva $.065 \text{ kg/m}^2$ igual al segundo tratamiento de pico, y al comparar la producción en kg de materia seca por hectárea la curva a nivel fué semejante al segundo tratamiento del picos (figura 6).

Los resultados expuestos en el cuadro 8, muestran la relación que existe entre el volumen de agua caída sobre el total de la estructura, observándose que a medida que la proporción de superficie aumenta, los metros cúbicos necesarios para producir un kilogramo de materia seca disminuyen, observándose que en el área sembrada de 1.04 % se necesitaron 275.08 m^3 para producir un kilogramo de materia seca. Mostrando esta estructura poca eficiencia debido al gran desperdicio de agua que se genera en ésta estructura (figura 7).

El pico 16.7 % de área sembrada fué el que mostró mayor relación agua-producción equivalente a 33.74 m^3 por kilogramo de materia seca producida, al comparar este tratamiento de estructura de pico con el de curva a nivel que mostró una relación de 29.03 m^3 necesarios para producir un

Cuadro 7. Productividad de materia seca de la mezcla de especies mejoradas sembradas en el bajo del pico y en las curvas a nivel durante el ciclo 1974-1975, con una precipitación de 283 mm.

Estructura	Superficie sembrada		P r o d u c t i v i d a d				
	de la Estructura	Proporción Area	de la Hectárea	Por m ² de superficie sembrada	Por superficie de la estructura.	Por Hectárea	Transformado a 100% de siembra si 100% de la hectárea sembrada.
	m ²	%	m ² /ha	kg/m ²	Kg/superficie	Kg/ha	Kg/ha
Pico	6.25	1.04	112.5	0.099	0.618	11.13	990.0
	25.00	4.20	450.0	0.0660	1.650	29.70	660.0
	56.25	9.40	1012.5	0.045	2.531	45.56	450.0
	100.00	16.70	1800.0	0.059	5.038	106.20	590.0
Curva	150.00	15.00	1500.0	0.065	9.750	97.50	650.0

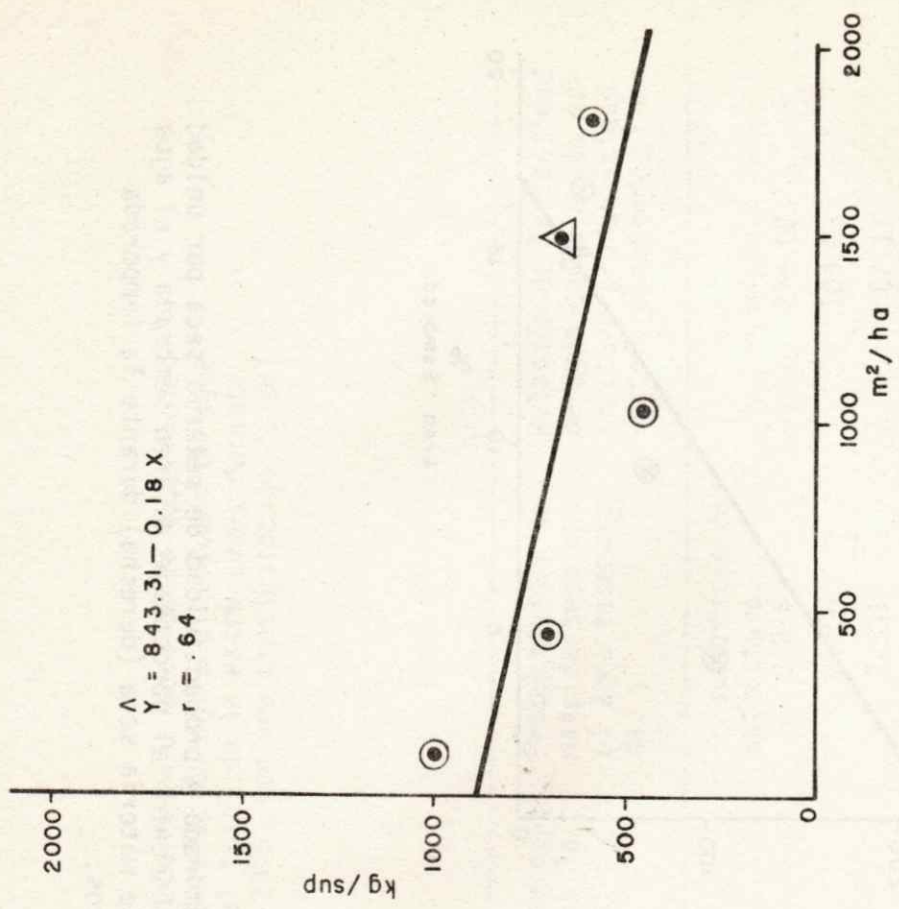
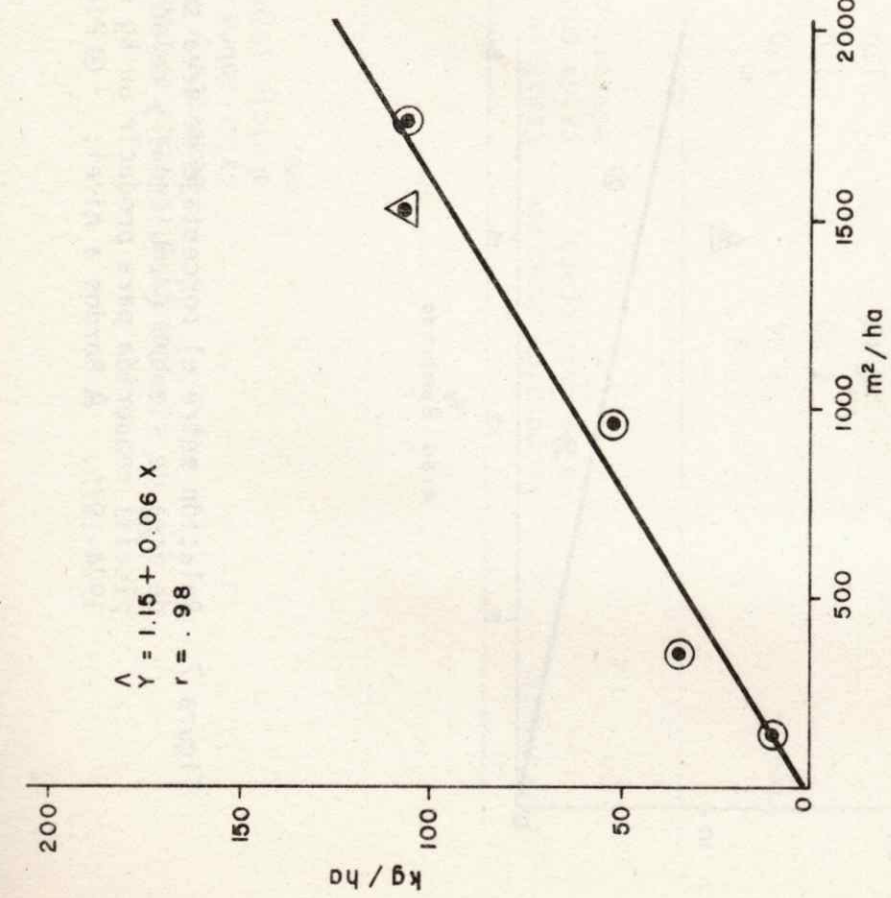


Figura 6. Relación entre la superficie sembrada y la productividad del área sembrada expresada en kg/ha (izquierda); y relación entre la superficie sembrada y la productividad hipotética del pastizal al transformarse al 100 % de siembra, si la totalidad de la ha se hubiera sembrado (derecha), durante la temporada 1974-1975, con una precipitación de 283 mm.
 ▲ Bordos a nivel; ○ Picos.

Cuadro 8. Productividad de materia seca de la superficie sembrada y la relación entre el volumen de agua caída sobre el total de la estructura, durante el ciclo 1974-1975, con una precipitación de 283 mm.

Estructura	Proporción sembrada de la estructura	Cantidad de agua caída sobre la estructura	Productividad de materia seca en el área resembrada.	Relación de la cantidad de agua caída en la estructura productiva sector resembrado.
	%	m ³	Kg/superficie de Estructura.	m ³ /kg.
Pico	1.04	170	0.816	275.08
	4.20	170	0.650	103.03
	9.40	170	2.531	67.17
	16.70	170	5.038	33.74
Curva	15.00	283	9.750	29.03

kilogramo de materia seca, observándose que la estructura de curva a nivel necesitó 4.71 m^3 menos para producir un kilogramo de materia seca. Concluyéndose así que la eficiencia de aprovechamiento del agua concentrada en las estructuras estudiadas fué superior la curva a nivel.

En el cuadro 9, se muestra la producción de materia seca relacionada con la precipitación registrada durante la temporada 1974-1975. Se observa que conforme aumenta el área sembrada los milímetros para producir un kilogramo de materia seca disminuyen. Teniendo por ejemplo que la proporción de áreas sembradas de 1.04 % necesita de 25.43 mm para producir un kilogramo de materia seca, y con la proporción de 16.7 % la relación fué de 2.66 mm de precipitación por kilogramo de materia seca producida en la superficie sembrada de la hectárea, y al comparar el tratamiento curva a nivel fué de 2.90 mm la relación de precipitación para producir un kilogramo de materia seca en superficie de una hectárea.

Al efectuarse una comparación entre los tres ciclos de producción, se observa que en general, los tratamientos de picos aumentaron en el segundo ciclo su eficiencia en un 59 % y la curva en un 32 %, lo cual hace pensar que en años con escasa precipitación, tanto los picos como las curvas a nivel, aumentan su eficiencia. Además, en los años secos el aumento de la eficiencia de los picos fué mayor que el de las curvas a nivel, aunque en términos absolutos su eficiencia fué menor.

Cuadro 9. Relación entre la productividad de materia seca y la altura de la capa de agua registrada durante el ciclo 1974-1975, con una precipitación de 283 mm.

Estructuras	proporción sembrada de la estructura	superficie sembrado de la estructura	producción de la hectárea	Relación	
				materia seca producida - precipitación	precipitación - materia seca producida por ha sembrada
	%	m ²	kg/ha	kg/ha/mm	mm/kg/ha
pico	1.04	6.25	11.13	0.039	25.43
	4.20	25.00	29.70	0.105	9.53
	9.40	56.25	45.56	0.161	6.21
	16.70	100.00	106.20	0.375	2.66
curva	15.00	150.00	97.50	0.345	2.90

CONCLUSIONES

Los resultados de éste estudio permiten concluir lo siguiente:

1. La producción de forraje en el primer año de estudio, comparada con el segundo fué más alta, debido a las condiciones favorables de humedad (640 mm) que prevalecieron durante la estación de crecimiento. La media de todos los tratamientos fué de 99.16 kg/ha de materia seca.
2. La relación de metros cúbicos de agua requeridos para producir un kilogramo de materia seca, presentó un rango que va desde 24.0 m³ a 355.5 m³ de agua por kilogramo de materia seca producida.
3. La relación de milímetros de lluvia requeridos para producir un kilogramo de materia seca por hectárea presentó un rango que va desde 2.4 mm a 32.9 mm de lluvia por kilogramo de materia seca producida por hectárea.
4. La producción de forraje durante la segunda estación de crecimiento bajó considerablemente por la escasa precipitación (115 mm) que se registró durante ese año. La media de los tratamientos fué de 35.9 kg por hectárea de materia seca.
5. La relación de metros cúbicos de agua requeridos para producir un kilogramo de materia seca fué menor en la segunda estación del crecimiento, presentando un rango que va desde 18.19 m³ a 107.98 m³ por kilogramo de materia seca producida.
6. La relación de milímetros de lluvia requeridos para producir un kilogramo de materia seca por hectárea presentó un rango que va desde 1.81 mm a 9.98 mm de lluvia por kilogramo de materia seca producida por hectárea.

7. La producción de forraje durante la tercera estación de crecimiento fué intermedia debido a su precipitación (283 mm) que se considera como normal. La media de los tratamientos fué de 58.01 kg por ha de materia seca.
8. La relación de metros cúbicos de agua requeridos para producir un kilogramo de materia seca fué intermedio en la tercera estación de crecimiento presentando un rango que va desde 29.03 m³ a 275.08 m³ por kilogramo de materia seca producida.
9. La relación de milímetros de lluvia requeridos para producir un kilogramo de materia seca por hectárea presentó un rango que va desde 2.90 mm a 25.43 mm de lluvia por kilogramo de materia seca producida por hectárea.
10. Las estructuras de picos aumentaron su eficiencia en un mayor grado que la de curvas a nivel, en años de escasa precipitación.
11. Las curvas a nivel son superiores a los picos en cuanto a producción de forraje y eficiencia de conversión de agua a materia seca, tanto en años con alta precipitación como en años secos.
12. A medida que la proporción de la superficie sembrada aumenta, los metros cúbicos necesarios para producir un kilogramo de materia seca disminuyen. A medida que aumenta la concentración del agua de lluvia en áreas restringidas la productividad de materia seca por hectárea disminuye.

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo desde la primavera de 1972 hasta el otoño de 1975 en el Campo Experimental Noria de Guadalupe, Zac., del Centro Nacional de Investigación para el Desarrollo de las Zonas Áridas (CNIZA) de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Se estudió la concentración de escurrimientos pluviales y su efecto en la producción del pastizal resembrado. Se utilizaron dos tratamientos:

Estructuras de curvas a nivel con un área de escurrimiento y otra de captación resembrada.

Estructuras en forma de cuadrilátero con un triángulo isósceles en su base o de picos, con un área de escurrimiento y otra de captación resembrada con diferentes proporciones de superficie.

La siembra del pastizal se efectuó el día 6 de junio de 1972, utilizando una mezcla de cuatro especies forrajeras: Bouteloua curtipendula 40 %, Chloris gayana 40 %, Sorghum al-
mum 10 %, Atriplex canescens 10 %, con una densidad de 10 kg/ha.

Las conclusiones principales del estudio son las siguientes:

1. La producción de forraje en el primer año de estudio, comparada con el segundo fué alta. La media de todos los tratamientos fué de 99.16 kg/ha de materia seca.
2. La relación de metros cúbicos de agua requeridos para producir un kg de materia seca, presentó un rango que va desde 24.92 m³ a 368.8 m³ de agua por kg de materia seca producida.
3. Los milímetros de lluvia requeridos para producir un kg de materia seca por ha presentó un rango que va desde 2.4 mm a 32.9 mm de lluvia por kg de materia seca producida por ha.

4. La producción de forraje durante la segunda estación de crecimiento presentó una media de 35.9 kg por ha de materia seca.
5. La relación de metros cúbicos de agua para producir un kg de materia seca fué menor en la segunda estación del crecimiento, presentando un rango que va desde 18.19 m³ a 187.98 m³ por kg de materia seca producida.
6. La relación de milímetros requeridos para producir un kg de materia seca por ha presentó un rango que va desde 1.81 mm a 9.98 mm de lluvia por kg de materia seca producida por ha.
7. La producción de forraje durante la tercera estación de crecimiento presentó una media de 58.01 kg/ha de materia seca.
8. La relación metros cúbicos de agua para producir un kg de materia seca fué intermedia en la tercera estación de crecimiento presentando un rango que va desde 29.03 m³ a 275.08 m³ por kilogramo de materia seca producida.
9. La relación de milímetros requeridos para producir un kg de materia seca por hectárea presentó un rango que va desde 2.90 mm a 25.43 mm de lluvia por kilogramo de materia seca producida por hectárea.
10. Las estructuras de picos aumentaron su eficiencia en una mayor grado que la de curvas a nivel, en años de escasa precipitación.
11. Las curvas a nivel son superiores a los picos en cuanto a producción de forraje y eficiencia de conversión de agua a materia seca, tanto en años con alta precipitación como en años secos.
12. A medida que aumenta la concentración de agua de lluvia en áreas restringidas la productividad de materia seca por ha disminuye.

SUMMARY

The present study was conducted from the spring, 1972 to fall, 1975, at Noria de Guadalupe Experiment Station in Zacatecas, Mexico, by the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. The effect of water run-off due to different border structures, on the productivity of reseeded range was studied comparing the following treatments:

Levelled borders, consisting on a run-off area immediately above capture area

Structures with a run-off area in the upper part, the same as above, but the capture area shaped as a triangle. Variable fractions were reseeded on June, 1973, using a mixture of 10 kg/ha of:

<u>Bouteloua curtipendula</u>	40 %
<u>Chloris gayana</u>	40 %
<u>Sorghum almum</u>	10 %
<u>Atriplex canescens</u>	10 %

The main conclusions are:

1. The mean productivity of all treatments during the first year was 99.16 kg/ha of dry matter, with a precipitation of 640 mm.
2. The range of water necessary to produce 1 kg of dry matter goes from 24.9 m³ to 368.8 m³. Between 2.4 mm to 32.9 mm of precipitation were required to produce 1 kg of dry matter per hectare.
3. During the second growing season (115 mm of precipitation), the mean production of all treatments was 35.9 kg/ha of dry matter. The range of water necessary to produce 1 kg of dry matter was between 18.2 m³ to 188.0 m³. Between 0.59 mm to 23.7 mm of precipitation were required to produce 1 kg/ha of dry matter.

4. The mean productivity of all treatments during the third year (283 mm of precipitation) was 58.0 kg/ha of dry matter.
5. On the dry years, leveled borders were less efficient than the triangle shaped borders.
6. Leveled borders were more efficient in terms of yield and water-dry matter production relationship, both in the dry as well as the wet years.
7. As the concentration of run-off increased, dry matter productivity decreased.

LITERATURA CITADA

- Abernathy, H.R. y C.H. Herbel. 1973. Maquinaria para erradicación de arbustivas, poceo y resiembra de pastizales áridos y semi-áridos. Selecciones J. Range Manage. 2: 74-78.
- CETENAL, 1973. Carta de clima. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Secretaría de la Presidencia. Carta Monterrey 14 r - VII.
- CETENAL, 1973. Carta topográfica. Comisión de Estudios del Territorio Nacional, Secretaría de la Presidencia. Carta Tanquecillos G-14 - C - 72.
- De Alba J. 1952. Curso Internacional sobre métodos modernos de manejo de ganado y pastizales. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro".
- Dee, R.F., T.W. Box y E. Robertson. 1966. Influence of grass vegetation on water intake of Pullman city clay loam. J. Range Manage. 19: 77-79.
- Echavarría M., S. 1973. Evaluación del comportamiento de 10 especies de zacates nativos e introducidos, sembrados en temporal, en la región central de Chihuahua. Rancho Experimental La Campana. Chihuahua. INIF - SAC. Bol. Pastizales 4 (2): 2-8.
- Gastó C., J. 1975. Ecología Silvoagropecuaria. (mecanografiado).
- Harold, L.L. 1951. Report of the Committee on infiltration 1950-1951. Trans. Am. Geoph. 32: 919-922.
- Huss, L.D. y E.L. Aguirre. 1974. Fundamentos de manejo de pastizales. Departamento de Zootecnia. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. México. 227 p.
- Hutchings, S.S. y G. Stewardt. 1953. Increasing forage yields and sheep production on intermountain winter range. U.S. Dep. Agric. Circ. 925.
- Keppel, R.V. 1960. Water yield from southwestern grassland. En: Water; yield in relation to environment in the Southwestern. U.S. Symposium. Southwestern and Rocky Mountains. Div. of the Amer. Ass. Advancement Science.

- Kincaid, D.R., R.L. Gardner y H.A. Schreibe. 1964. Soil and vegetation parameter affecting infiltration under semiarid conditions. International Ass. of Sc. Hydrology. Pub. 65: 440-453.
- Kincaid, D.R., J.L. Gardner y H.B. Osborn. 1966. Use of unit source watersheds for hydrologic investigations in the semi-arid Southwest. Southwest Watershed Research Center, Tucson, Arizona. 2: 225-228.
- Lang, R.L. 1958. Range-pitting trial in the big horn mountains of Wyoming. Univ. Wyoming. Agric. Exper. Sta. Bull. 357.
- Martínez E., J. y M.H. González. 1971. Influencia de la condición de pastizal en la infiltración de agua en el suelo. Rancho Experimental La Campana. Chihuahua. INIP - SAG. Bol. Pastizales 2(2): 2-5.
- Martínez M., L. y L.J. Maldonado. 1973. Importancia de las zonas áridas en el desarrollo general del país. Bol. Tecn. PRONASE. SAG. 30 p.
- McColley, P.D. y H.S. Hodgkinson. 1970. Effect of soil depth on plant production. J. Range Manage. 23: 189-192.
- McGinnies, W. I. 1972. An alternate furrow system for seeding northern Colorado rangeland. J. Range Manage. 25: 450-452.
- Navarro V., G. 1975. Producción de forraje en microcuencas utilizando diferentes amplitudes de banda de siembra en zonas áridas. Tesis Ing. Agr. Buenavista Saltillo, Coah. México, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 64 p.
- Norris, J.B. 1970. Getting the most of dry climate grass plantings. Abstracts 23. Annual meeting. Amer. Soc. Range Manage.
- Rauzi, F. y R.L. Lang. 1956. Improving shortgrass range by pitting. Wyo. Agric. Exper. Sta. Bull. 344 p.
- Rodríguez G., F. 1975. Evaluación de características edáficas, hidrológicas y climáticas con fines de producción de algunos cultivos en zonas áridas. Tesis M.C. Buenavista Saltillo, Coah., México, Universidad Autónoma de Coahuila. Colegio de Graduados, ESAAN. 113 p.

- Rojas M., P. 1969. La experiencia de una Universidad en los estudios de zonas áridas. En: T.W. Box, y P.R. Mendoza (ed). Simposio Internacional Aumento Producción Alimentos Zonas Áridas. Lubbock, Texas. Tech. College. pp. 7-18.
- Rzendowski, J. 1968. Las principales zonas áridas de México y su vegetación. Bios. 1: 4-24.
- Shiflet, T.N. y H.E. Dietz. 1974. Relationship between precipitation and annual rangeland herbage production in southeastern Kansas. J. Range Manage. 27: 333-335.
- Slaybac, R.D. y D.R. Cable. 1970. Larger pits aid re-seeding on semidesert range lands. J. Range Manage. 23: 333-335.
- Slaybac, R.D. y C.W. Renney. 1972. Reducción de riesgos en la siembra de pastizales empleando pozos intermedios. Selecciones J. Range Manage. 1: 20-23.
- Soiseth, R.J., J.R. Wight y J.K. Aase. 1974. Improvement of panspot (solonetzic) range site by contour fourrowing. J. Range Manage. 27:107-110.
- Tamayo J., L. 1972. Geografía general de México. Inst. Mexicano de Investigaciones Económicas. México, D.F. Vol. 3: 633 p.
- Tromble, J.M., R.G. Renard y A.P. Thatcher. 1974. Infiltración de agua en tres complejos suelo-vegetación de pastizales. Selecciones J. Range Manage. 3: 210-218.
- Vallentine, J.F. 1971. Range Development and Improvements. Brigham Young University Press. Provo, Utah. 516 p.