

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

DETERMINACION DE LA LAMINA-MINIMA Y FRECUENCIA MAS AMPLIA DE RIEGO
PARA PRODUCCION DE FORRAJE DE SORGO-CRIOLLO (Sorghum bicolor Linn.)
EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA"



EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, mayo de 1990

D.L.
01
T(1235)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. RODÉRICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

- | | |
|----------------|------------------------------------|
| DECANO: | Ing. Agr. Anibal B. Martínez M. |
| VOCAL PRIMERO: | Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez G. |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. Efraín Medina G. |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. Wotzbelí Méndez Estrada |
| VOCAL CUARTO: | P.A. Hernán Perla González |
| VOCAL QUINTO: | P.A. Julio López Maldonado |
| SECRETARIO: | Ing. Agr. Rolando Lara Alecio |



Referencia
Asunto

FACULTAD DE AGRONOMIA
 Ciudad Universitaria, Zona 12.
 Apartado Postal No. 1345
 GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Guatemala,
 Mayo de 1990

Ingeniero
 Hugo A. Tobías V., Director
 Instituto de Investigaciones
 Agronómicas
 Facultad de Agronomía
 Presente


Señor Director:

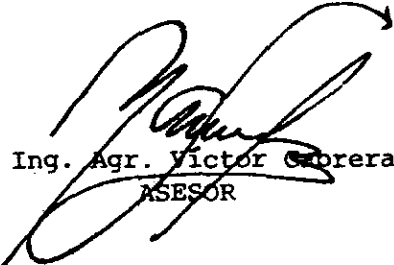
Por este medio nos es grato informarle que hemos concluido con el asesoramiento y la revisión del documento final del trabajo de tesis del estudiante CESAR GUILLERMO FABIAN ROSALES, titulado: "DETERMINACION DE LA LAMINA MINIMA Y FRECUENCIA MAS AMPLIA DE RIEGO PARA PRODUCCION DE FORRAJE DE SORGO CRIOLLO (Sorghum bicolor Linn.) EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA".

Consideramos que el trabajo constituye un valioso aporte para la generación de tecnología, que permita una mejor utilización del cultivo de sorgo bajo riego, por lo que recomendamos su aprobación e impresión, ya que cumple con los requisitos que establece la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


 Ing. Agr. Vicente Ibáñez
 ASESOR


 Ing. Agr. Víctor Gorrera
 ASESOR

Guatemala,
Mayo de 1990

Señores
Honorable Junta Directiva
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos
Presente

Señores:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

"DETERMINACION DE LA LAMINA MINIMA Y FRECUENCIA MAS AMPLIA DE RIEGO PARA PRODUCCION DE FORRAJE DE SORGO CRIOLLO (Sorghum bicolor Linn.) EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA"

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Respetuosamente,



Br. César Guillermo Fabián Rosales

DEDICO ESTE ACTO

A MIS PADRES: Alejandro Fabián B.
Berta R. de Fabián

A MIS HERMANOS: Ing. Alejandro Fabián R.
Dr. Alirio Arnoldo Fabián R.
Dr. Marco Antonio Fabián R.
Dr. Enio Rolando Fabián R.
P.C. Ruth Noemí Fabián de González
Profa. Berta Fabián de Barillas

EN MEMORIA DE MIS ABUELOS: Alejandro Fabián Cruz
María Antonia Barrientos
Manuel Pineda
Gudelia Rosales

A MI ESPOSA: Patricia Lisette Gómez de Fabián

A MI HIJO: César Guillermo

A MIS CUÑADOS: Victoria de Fabián
Bertalicia de Fabián
Rina de Fabián
Gladis de Fabián
Hernán González
Eduardo Barillas

A MIS SOBRINOS

A MIS TIOS

DEDICO ESTA TESIS

A DIOS TODO PODEROSO

A GUATEMALA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL LICENCIADO CARLOS ORTIZ, por sus aportes prestados en el desarrollo
del presente trabajo.

AL INGENIERO AGRONOMO VICTOR CABRERA, por su asesoría en la investigación
realizada.

AL INGENIERO AGRONOMO VICENTE IBAÑEZ, por su apoyo y asesoría en la reali-
zación del presente trabajo.

A MIS AMIGOS, EN ESPECIAL A: JUAN ANTONIO ABAD

A LA FAMILIA RAMIREZ GARCIA

AGRADECIMIENTO

En este documento, quiero dejar plasmado mi agradecimiento al Ingeniero Agrónomo VICENTE IBAÑEZ SALAZAR, por su empeño y colaboración desinteresada en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

	PAGINA
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 General	3
3.2 Específico	3
4. REVISION DE LITERATURA	4
5. METODOLOGIA	8
5.1 Ubicación y descripción del área experimental	8
5.2 Determinaciones físicas y químicas del suelo	9
5.3 Manejo del cultivo	10
5.3.1 Preparación de la cama de siembra	10
5.4 Trazo de parcelas y diseño experimental	10
5.5 Manejo del experimento	12
5.5.1 Surcado	12
5.5.2 Siembra	12
5.5.3 Identificación	12
5.5.4 Fertilización	12
5.5.5 Control de plagas	13
5.5.6 Determinación de la humedad disponible	13
5.5.7 Determinación del uso consuntivo diario	14
5.5.8 Frecuencia de riego	15
5.5.9 Tiempo de riego por lámina	16
5.5.10 Método del riego	17
5.5.11 Toma de muestras del material vegetativo	17
5.5.12 Cosecha	18
5.5.13 Variables de respuesta	18
6. RESULTADOS Y DISCUSION	19
6.1 Efecto de las láminas de agua y frecuencia aplicadas	19

	PAGINA
6.1.1 Materia verde	19
6.1.2 Materia seca	22
6.1.3 Proteína cruda	26
7. CONCLUSIONES	34
8. RECOMENDACIONES	35
9. BIBLIOGRAFIA	36
10. APENDICE	38

INDICE DE CUADROS

CUADRO No.		PAGINA
1	Propiedades físicas del suelo	9
2	Análisis químico del suelo	9
3	Rendimiento de materia verde en toneladas/ha por frecuencia, por lámina, totales y promedios	19
4	Análisis de varianza para rendimiento de materia verde	20
5	Prueba de medias de Tukey para el rendimiento de materia verde	21
6	Rendimiento de materia seca en toneladas/ha por frecuencia, por lámina, totales y promedios	23
7	Análisis de varianza para rendimiento de materia seca	24
8	Prueba de medias de Tukey para el rendimiento de materia seca	25
9	Porcentaje de proteína cruda para cada frecuencia, cada lámina en promedios	27
10	Análisis de varianza para proteína cruda	28
11	Prueba de medias de Tukey para contenido de proteína cruda	29
12	Rendimiento de proteína cruda en toneladas/ha por frecuencia, por lámina, totales y promedios	30

CUADRO No.

PAGINA

13	Análisis de varianza para toneladas/ha de proteína - cruda	31
14	Prueba de medias de Tukey para toneladas/ha de proteí na cruda	32
15	Calendario de riego	43

INDICE DE GRAFICAS

GRAFICA No.		PAGINA
1	Rendimiento de materia verde en toneladas/ha para cada lámina y cada frecuencia	39
2	Rendimiento de materia seca en toneladas/ha para cada lámina y cada frecuencia	40
3	Porcentaje de proteína cruda para cada lámina y cada frecuencia	41
4	Rendimiento de proteína cruda en toneladas/ha para cada lámina y cada frecuencia	42

DETERMINACION DE LA LAMINA MINIMA Y FRECUENCIA MAS AMPLIA DE RIEGO
PARA PRODUCCION DE FORRAJE DE SORGO CRIOLLO (Sorghum bicolor Linn.)
EN EL PARCELAMIENTO "LA MAQUINA"

DETERMINATION OF A MINIMUM IRRIGATION DEPTH AND A MORE OPEN FREQUENCY IN
THE PRODUCTION OF NATIVE SORGHUM (Sorghum bicolor Linn.) IN THE
AREA OF LA MAQUINA

R E S U M E N

Con el objetivo de determinar la lámina mínima neta de riego por aplicar y establecer la frecuencia más amplia con que debe irrigarse para obtener una óptima producción de forraje de Sorghum bicolor L. se realizó este experimento en la parcela C-566, línea 18 del parcelamiento La Máquina, ubicada en el municipio de San Andrés Villa Seca, del departamento de Retalhuleu, Guatemala.

Se probaron 4 láminas de riego 3.25, 4.00, 4.75 y 5.50 centímetros y 4 - frecuencias de riego 15, 19, 23 y 27 días.

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con una distribución en parcelas divididas, siendo la parcela grande láminas de riego y la parcela chica frecuencias. La parcela bruta tuvo un área de 36 m^2 (6 x 6) y la parcela neta 25 m^2 (5 x 5).

La densidad de siembra fue de 40 kg/ha, sembrados a chorro corrido y 50 centímetros de distancia entre surcos; se cosechó a los 60 días en prefloración.

Las variables evaluadas fueron toneladas de materia verde y materia seca por hectárea, porcentaje de proteína cruda y toneladas de proteína cruda por hectárea.

Los resultados obtenidos son: las láminas III (4.75 cm) y IV (5.50 cm) - con frecuencias 19 y 23 días, fueron las que presentaron las mayores produccion

nes de materia verde y materia seca, así como porcentaje de proteína cruda.

Las láminas III (4.75 cm) y IV (5.50 cm) con frecuencia 27 días disminu yeron su producción en materia verde y materia seca, pero se mantuvieron entre los mejores tratamientos en cuanto a porcentaje de proteína cruda y rendimiento de proteína en ton/ha. Sin embargo, se tiene un consumo de agua del 33%.

Para ton/ha de proteína cruda, los mejores tratamientos considerando los volúmenes de agua utilizada fueron lámina IV (5.50 cm), con frecuencia 27 días y lámina III (4.75 cm) con frecuencia 23 días.

La lámina II (4.00 cm) con frecuencia 27 días la lámina III (4.75 cm) - con frecuencia 27 días fueron los mejores tratamientos, con respecto al porcentaje de proteína cruda, considerando que entre los superiores y con estos tratamientos, se utilizaron menores volúmenes de agua, siendo considerable el ahorro del líquido.

1. INTRODUCCION

Los pequeños ganaderos del parcelamiento "La Máquina" en el sur-occidente del país, tienen como problema principal en la finca, la alimentación de su ganado en la época seca (noviembre-abril), en muchos de los casos existen fuentes de agua, tales como: ríos, quebradas, pozos, que podrían abastecer del líquido para pretender irrigación en pequeñas áreas y cultivar una planta como el sorgo criollo (Sorghum bicolor), de la que puede obtenerse abundante forraje de buena calidad en un período corto (60 días).

El sorgo criollo tiene capacidad genética para producir entre 40 y 60 toneladas por corte de materia verde, siendo una planta autógama con buena resistencia a sequías cortas y una alta capacidad de rebrote.

Al no existir en el área que nos ocupa un distrito de riego que permita disponibilidad de agua en las pequeñas fincas se hace urgente minimizar los volúmenes de agua utilizados en producción de forraje bajo riego, - pues esta práctica tiene un costo alto, que sería menor si se establece la lámina neta mínima de riego por aplicar y el intervalo de riego más amplio que permita al sorgo criollo desarrollarse bien.

Con caudales mínimos (2-3 lts/segundo), podría irrigarse una hectárea, - lo que generaría alimento de buena calidad para ofrecer en fresco o como guatera* a 12 ó 15 unidades animal; y poder así producir todo el año carne y leche en las pequeñas fincas de doble propósito.

* Guatera: Cultivo de segunda (sep-nov) de maíz o sorgo sembrado en altas densidades, cortado en pre-floración, deshidratado al sol y almacenado en el campo.

2. HIPOTESIS

El crecimiento y desarrollo de las plantas de Sorghum bicolor - Linn. no son afectados por las diferentes láminas y frecuencias de riego aplicadas.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL

Contribuir a la producción de forraje en época seca, mediante la utilización de láminas de agua limitadas, con amplias frecuencias de riego.

3.2 ESPECIFICO

Determinar la lámina mínima neta de riego por aplicar y establecer la frecuencia más amplia con que debe irrigarse para obtener una -
óptima producción de forraje de Sorghum bicolor Linn.

4. REVISION DE LITERATURA

Berlinn y Bernardon (1) y Shery (14), indican que el Sorghum bicolor Linn. es originario de Africa, utilizado en Egipto en los años 2,200 antes de J.C. Fué introducido en los Estados Unidos a mediados del siglo XIX, donde se le utiliza principalmente para la alimentación de ganado y aves de corral.

Villarreal (17), Wheeler (19) y Wilkinson (20), coinciden en afirmar que la producción pecuaria se ve ampliamente beneficiada con el cultivo de sorgo forrajero; por su adaptabilidad, rendimiento de forraje y eficiencia en el aprovechamiento de agua, además de que el follaje es muy palatable al ganado, y puede ayudar a resolver la falta de alimento y mejorar así las explotaciones de ganado bovino en época seca.

Marble (8) indica que el sorgo necesita menos agua que el maíz, por su gran resistencia contra la desecación, por su extenso sistema radicular, a su reducido régimen de respiración y a la característica de sus hojas que retardan la pérdida de agua.

El sorgo (Sorghum bicolor), es una planta de hábito anual de tallos altos jugosos y dulces que produce abundante forraje. Crece favorablemente hasta 1,850 metros sobre el nivel del mar y a una temperatura media de 26°C. Además, es apto para climas cálidos y muy resistentes a la sequía. Rolldán (11).

El desarrollo de las hojas puede alcanzar de 5 a 10 centímetros de ancho, por 80 a 100 centímetros de longitud, su superficie es cerosa que hace que transpiren menos en los períodos de sequía. La inflorescencia es una panícula con espiguillas que pueden variar de abiertas a compactas. (Segura y Chamlee (13)).

Carrera (3), Rojas (10), coinciden en señalar que el sorgo, debido a su recuperación rápida y resistencia a cambios drásticos de temperatura y humedad, lo hacen adaptable como planta de zonas cálidas, húmedas y secas.

A pesar de su capacidad para sobrevivir bajo condiciones extremas de sequía, las altas producciones solo se logran cuando la planta dispone de adecuada humedad en el suelo. Pitner, Lazo y Sánchez (9).

El sorgo se desarrolla bien en una amplia gama de suelos que abarcan desde los arcillosos hasta los arenosos, las mejores producciones se logran en suelos francos, Shery (14). Con respecto a acidez del suelo, se encuentra que el pH adecuado varía de 7 a 7.5 para una óptima producción. Wall y Ross (18).

Hernández (6), estableció que el sorgo criollo (Sorghum bicolor) cortado cada 60 días produjo en dos cortes 110 toneladas de materia verde/ha, con una densidad de siembra de 39 kg/ha, aplicando 80 kg/ha de nitrógeno.

Según Wall y Ross (18), la influencia de la frecuencia de corte sobre los rendimientos y composición química de las plantas forrajeras, actúan directamente sobre los rendimientos de materia verde, materia seca y fibra cruda, incrementándose éstos al ampliar el intervalo entre corte; y disminuye el contenido de proteína cruda, extracto libre de nitrógeno y la digestibilidad de la materia seca.

La frecuencia de corte óptima establecida por Rueda (12), en donde la planta ofrece el mayor contenido de proteína y la menor cantidad de fibra fue a las nueve semanas, habiéndose probado un rango de tres a doce semanas.

El suelo franco arcilloso oscila su espacio poroso total entre 47 y 51 % y un peso específico aparente de 1.30 a 1.40 gramos/cc. Israelsen y Hansen (7).

La capacidad de campo y el punto de marchitez permanente de suelos franco arcillosos se encuentra entre 23 y 31 y 11 y 15 %, respectivamente, reportándose una humedad disponible por metro de profundidad de suelo entre 17 y 22 cm. Israelsen y Hansen (7).

Al establecer los límites de humedad fácilmente disponible para diferentes tipos de suelo, Booher, L.J. (2), reporta para franco arcilloso una

capacidad de campo de 15 a 30 % y para punto de marchitez permanente de 7 a 16 %, con una humedad disponible de 10 a 18 cm por metro de profundidad de suelo, el contenido de materia orgánica del suelo es determinante dentro de este rango.

Israelsen y Hansen (7), reportan que la infiltración promedio para suelos franco arcillosos es de 0.8 cm/hora en un rango que oscila entre 0.25 y 1.5 cm/hora.

Según Booher, L.J. (2), las velocidades de infiltración de diferentes suelos abarcan límites de valores amplios; las velocidades de absorción básica por hora para suelos arcillosos va de 0.1 a 2.5 cm/hora. Los suelos arcillosos que se agrietan mucho al secarse pueden tener inicialmente grandes velocidades de penetración del agua a través de las grietas, pero a medida que éstas se van cerrando por la acción de la humedad, la velocidad de infiltración disminuye rápidamente hasta alcanzar valores insignificantes.

El porcentaje de agotamiento o abatimiento del agua que puede utilizarse en el cultivo del sorgo es alto y éste oscila entre el 65 y 80 %. Grassi (5).

La evapotranspiración es la suma de la transpiración y la evaporación.

El volumen del agua evapotranspirada por las plantas depende del agua que tiene a su disposición, de la temperatura y humedad del aire, del régimen de vientos, de la intensidad luminosa del sol, del estado de desarrollo de la planta, de su forraje y naturaleza de sus hojas. Israelsen y Hansen (7).

Según Grassi (5), la fórmula de Blaney y Criddle para la evapotranspiración basada en datos climáticos, entre ellos: temperatura media mensual (T_c°), porcentaje mensual de horas anuales de brillo solar (p); es la siguiente:

$$E_{to} = K_c \times \text{factor}; \text{ en donde } F = P(0.46 t + 8.13).$$

La K_c = coeficiente del cultivo según Grassi (5), para sorgo es la siguiente:

Inicial de 0.3 a 0.4 y para desarrollo del cultivo de 0.70 a 0.75.

La producción no es la única propiedad de la planta afectada por la humedad del suelo. El contenido de proteína está a menudo influenciado por el grado de agua aprovechable, los más altos porcentajes de proteína están generalmente asociados a los niveles más bajos de humedad del terreno. Tisdale y Werner (16).

Tisdale y Werner (16), afirman que la toma relativa de iones por las plantas forrajeras (gramíneas), con diferentes contenidos de humedad en el suelo es variable especialmente cuando se refiere a nitrógeno. En algunos casos el nitrógeno disminuyó al incrementar la humedad del suelo para luego aumentar a mayor contenido de humedad (6.70, 10.13, 14.60 cm respectivamente).

5. METODOLOGIA

5.1 UBICACION Y DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en la parcela C-566, línea 18 del parcelamiento "La Máquina", jurisdicción del municipio de San Andrés Villa Seca, del departamento de Retalhuleu, en el sur-occidente del país, con coordenadas geográficas de 14°23'15" Latitud Norte y 91°35'01" Longitud Oeste, con respecto al meridiano de Greenwich.

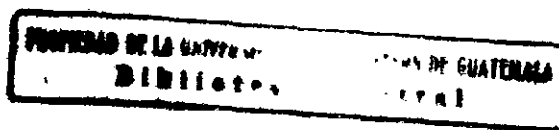
La altitud es de 40 msnm. La precipitación pluvial media es de 1.500 mm anuales, distribuidos entre los meses de mayo y octubre principalmente, la temperatura media anual es de 28°C. Los meses más cálidos son abril y mayo, y los más fríos diciembre y enero. Las temperaturas medias mensuales para los meses de noviembre y diciembre son 28°C y 27°C respectivamente.

Según De la Cruz (4), la zona de vida corresponde a Bosque Húmedo - Sub-Tropical cálido.

El suelo según Simmons (15), pertenece a la serie Ixtan (IX), son de origen volcánico, profundos, posee un pH de 6.8 con una topografía plana, con pendientes que oscilan entre un 2 a 5 %, buen drenaje y una adecuada retención de humedad.

El suelo superficial a una profundidad alrededor de 10 cm es arcilla café muy oscura, el contenido de materia orgánica es relativamente bajo, alrededor de 3%. El suelo es muy plástico y pegajoso cuando está húmedo y duro cuando está seco. Durante la estación seca se desarrollan grietas de 2 a 3 mm de ancho y 50 cm de profundidad.

En el sub-suelo, a una profundidad de 30 cm es arcilla café a café oscura, el contenido de materia orgánica es relativamente bajo, alrededor de 1.5%.



5.2 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO

Las propiedades físicas del suelo donde se realizó el experimento, se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 1. Propiedades físicas del suelo.

ESTRATO (cm)	PARTICULAS PRIMARIAS	TEXTURA	D.A. grs/cc	C.C. (%)	P.M.P. (%)	LAMINA ALMACE- NABLE (cm)
0-30	Arena = 42	F. Arcilloso	1.31	28	13	5.9
	Limo = 28					
	Arcilla = 30					
30-60	Arena = 40	F. Arcilloso	1.34	26	13	5.2
	Limo = 24					
	Arcilla = 36					

Velocidad de Infiltración:

La velocidad de infiltración del suelo se determinó por el método del cilindro y fué de 1.2 cm/hora.

Para el análisis químico del suelo se tomaron sub-muestras para luego formar una muestra compuesta del área experimental y se envió al laboratorio de Suelos del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), para poder contar posteriormente con recomendaciones en cuanto a la fertilización.

Cuadro 2. Análisis químico del suelo

Muestra	pH	meq/100 gramos suelo		
		<u>P P M</u> N P ₂ O ₅ K	Ca	Mg
0-60	6.8	16 8.50 + 200	14.9	4.8

El agua que se utilizó proviene del río "Sis", teniendo buena calidad para irrigación y el cultivo que se utilizó fué Sorgo Criollo o Sorgo Jutiapa (Sorghum bicolor), cortado a los 60 días para forraje.

5.3 MANEJO DEL CULTIVO

5.3.1 Preparación de la cama de siembra:

- Chapeo:

Se hizo 8 días antes del riego de macanización, para triturar el material vegetativo del área experimental y se incorporó al suelo con el paso del arado.

- Riego para mecanización del suelo:

Se dió un riego, poniendo la lámina bruta (LB), para humedecer el suelo, y 5 días después se procedió a mecanizar. Se dió una pasada con arado de disco y a los tres días siguientes se pasó la rastra dos veces, para garantizar una buena cama de siembra.

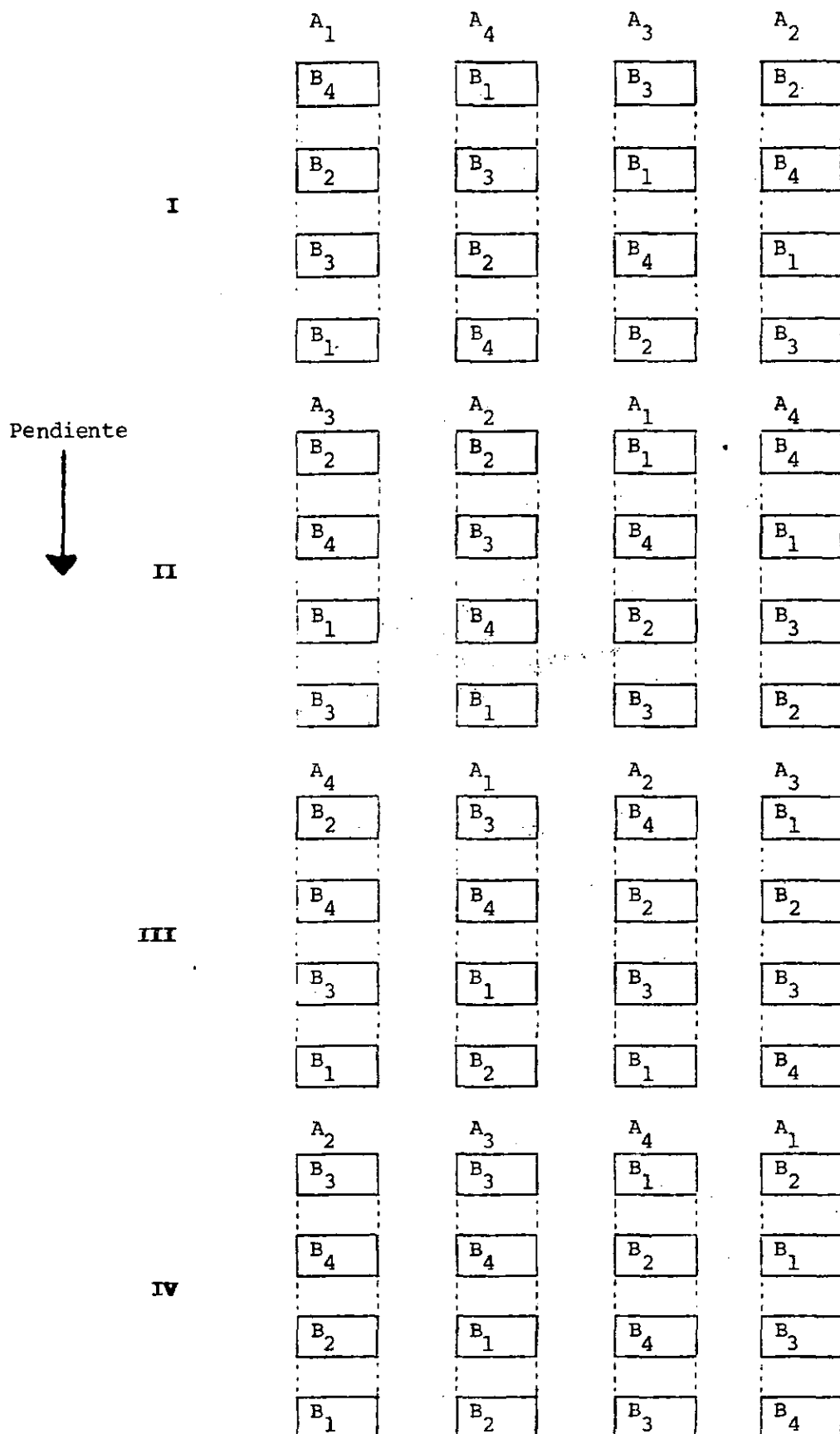
5.4 TRAZO DE PARCELAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

El área experimental tuvo un área total de 4,797 metros cuadrados - (123 m de largo x 39 m de ancho).

Se usó un diseño experimental en bloques al azar con una distribución en parcelas divididas, en donde la parcela grande fue láminas de riego y la parcela chica las frecuencias de riego. La unidad experimental la constituyó como parcela bruta 36 m^2 (6 x 6), y como parcela neta 25 m^2 (5 x 5). (Ver trazo del diseño experimental).



TRAZO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL



PARCELAS CHICAS =
Frecuencias de
Riego

- B₁ = cada 15 días
- B₂ = Cada 19 días
- B₃ = Cada 23 días
- B₄ = Cada 27 días

I, II, III, IV =
Bloques

PARCELA GRANDE =
Lámina de riego

- A₁ = 3.25 cm
- A₂ = 4.00 cm
- A₃ = 4.75 cm
- A₄ = 5.50 cm

Pendiente
↓

Las láminas de riego fueron asignadas a la parcela grande, siendo éstas:

Lámina I = 3.25 cm

Lámina II = 4.00 cm

Lámina III = 4.75 cm

Lámina IV = 5.50 cm

Y en la parcela pequeña las frecuencias de riego, siendo éstas: 15, 19, 23 y 27 días, respectivamente.

De aquí surgieron los 16 tratamientos y éstos tuvieron 4 repeticiones, lo que generó 64 unidades experimentales. (Ver trazo del diseño experimental).

El experimento tuvo un perímetro de calle de 3 m de ancho, así como en la división entre parcelas grandes.

MODELO ESTADISTICO UTILIZADO

$$G_{ijk} = M + B_i + \gamma_j + E_{ij} + \alpha_k + \beta_{JK} + E_{ijk}$$

Donde:

G_{ijk} = Variable de respuesta

M = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i...ésimo bloque

γ_j = Efecto de la j...ésima lámina de riego (parcela grande)

E_{ij} = Error (a) asociado a parcela grande

α_k = Efecto de la k...ésima frecuencia de riego (parcela chica)

β_{JK} = Efecto de la interacción entre lámina y frecuencia de riego

E_{ijk} = Error (b) asociado a parcela pequeña.

5.5 MANEJO DEL EXPERIMENTO

5.5.1 Surcado:

Se trazaron surcos a 0.50 m, ya que esa es la distancia entre hileras del cultivo, éstos se hicieron a mano buscando la pendiente secundaria del terreno.

5.5.2 Siembra:

La siembra se efectuó a mano, a chorro corrido, dejando la semilla bien distribuída dentro del surco y en las cantidades proporcionales exactas para cada uno. Con una distancia entre surcos de 0.50 m. Y se depositó la semilla a no más de 1 ó 2 centímetros de profundidad. Se utilizaron 40 kg/ha de semilla pura viable.

Previo a la siembra se hizo prueba de germinación a la semilla, teniendo ésta un 95%. Y la variedad utilizada fue Sorgo Criollo ó Sorgo Jutiapa.

5.5.3 Identificación:

Cada parcela fue identificada con estacas de diferentes colores y numeradas para evitar confusión dentro del perímetro experimental.

5.5.4 Fertilización:

Efectuada la siembra se procedió a la fertilización, para lo cual se utilizó una dosis de 75 - 50 - 0 ó sea que fueron 48.91 gramos/surco de nitrógeno y 32.41 gramos/surco de P_2O_5 y a los 18 días de establecido el cultivo se aplicó otra dosis de 75 - 0 - 0.

La fertilización fue general para todas las frecuencias y -

láminas, tanto en dosis, como en el tiempo y la forma de aplicación.

Los fertilizantes usados fueron Urea al 46% y Superfosfato triple (0 - 46 - 0). Coincidiendo la segunda aplicación con la primera limpia del cultivo.

5.5.5 Control de plagas:

Durante el experimento se efectuó el control de malezas y de plagas de acuerdo a la incidencia de éstas; a los 18 días de haber sembrado se practicó la primera limpia en forma manual con azadón, haciéndose coincidir con la segunda fertilización; durante el período de experimentación se notó que la incidencia de malezas fue mayor en algunos tratamientos que en otros, siendo los mayormente afectados aquellos en los que la lámina de agua era mayor y la frecuencia de riego menor.

En cuanto a la incidencia de plagas, ésta fué notoria en los primeros días del cultivo, afectándolo en forma generalizada, especialmente el gusano cogollero (Laphygma frugiperda), el cual se caracteriza por ser típico del follaje; se aplicó Foxín líquido al 2.5% con una dosis de 40 cc/bomba de 20 litros; se repitió la dosis a los 15 días de la primera aplicación.

5.5.6 Determinación de la humedad disponible:

La humedad disponible se estimó bajo la fórmula siguiente y por estratos:

$$\text{Humedad disponible} = \text{HD} = \frac{(\text{cc} - \text{pmp}) \times \text{Da} \times \text{Profund. radicular}}{100 \times \text{densidad del agua}}$$

$$HD = \frac{(28 - 13) \times 1.31 \times 30}{100 \times 1}$$

$$HD = 5.89$$

Donde:

cc = Capacidad de campo

pmp = Punto de marchitez permanente

Da = Densidad aparente

La lámina de reposición se estimó de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \text{Lámina Neta} &= HD \times P \\ &= 5.89 \times 0.70 \\ &= 4.12 \text{ cm} \end{aligned}$$

Donde:

HD = Humedad disponible

P = % de abatimiento ó agotamiento

0.70 = se tomó como umbral de riesgo el 70% en vista de que se estableció un uso consuntivo diario de 4 mm y que el sorgo según Grassi (5) pertenece al grupo 4 de su tabla Fracción de agotamiento del agua del suelo para grupos de cultivos y evapotranspiración máxima.

$$\text{Lámina bruta} = \frac{\text{Lámina neta}}{\text{Eficiencia del riego}}$$

$$Lb = \frac{4.12}{0.75}$$

$$Lb = 5.50 \text{ cm.}$$

5.5.7 Determinación del uso consuntivo diario:

El uso consuntivo diario se determinó por la fórmula de Blaney y Criddle, ya que teniendo datos de temperatura media -

mensual, así como el porcentaje mensual de horas luz. Era la forma más exacta para esta determinación al compararlo con el método gravimétrico y el método de evaporación libre por factor.

$$E_{to} = K_c \times \text{factor}$$

En donde:

$$\text{El factor} = F = (0.46 t + 8.13) p$$

$$F = (0.46 \times 28^\circ\text{C} + 8.13) 0.26$$

$$F = 5.46 \text{ mm}$$

$$E_{to} = 0.7 \times 5.46 = 3.82 = 4 \text{ mm/día}$$

$$P = \text{Para mes de noviembre } 0.26$$

$$= \text{Para mes de diciembre } 0.25$$

$$t = \text{Para mes de noviembre } 28^\circ\text{C}$$

$$= \text{Para mes de diciembre } 27^\circ\text{C}$$

$$K_c = \text{Para el sorgo en etapa de desarrollo } 0.7 \text{ (coeficiente del cultivo)}$$

$$\text{Factor} = \text{Factor de consumo mensual}$$

$$p = \text{Porcentaje diario medio de horas diurnas del mes correspondiente (tabla 2.6 Grassi (5)).}$$

5.5.8 Frecuencia de riego:

$$\text{Frecuencia de riego} = \frac{\text{Lámina Neta}}{E_{to}}$$

$$\text{Frecuencia de riego} = \frac{5.50 \text{ cm}}{4 \text{ mm/día}} \times 10 \text{ mm/cm}$$

$$\text{Frecuencia de riego} = 13.75 = 14 \text{ días}$$

$$\text{Frecuencia de riego} = 14 \text{ días}$$

Por lo que la lámina normal con frecuencia de 14 días es de 5.50 cm.

Las siguientes láminas se tomaron a criterio, tratando de reducir en un 40% el agua aplicada con respecto a la lámina - más pequeña; ya que las frecuencias serían ampliadas hasta un máximo de 27 días.

Por lo que quedaron de la siguiente manera:

Lámina I = 3.25 cm
Lámina II = 4.00 cm
Lámina III = 4.75 cm
Lámina IV = 5.50 cm

Tomando en cuenta que cada centímetro de lámina significan 100 metros cúbicos de agua por hectárea y el área experimental a regar es de 36 metros cuadrados, los volúmenes a aplicar fueron:

Lámina I = 1.17 m³/parcela
Lámina II = 1.44 m³/parcela
Lámina III = 1.71 m³/parcela
Lámina IV = 1.98 m³/parcela

5.5.9 Tiempo de riego por lámina:

Se calculó basado en el volumen de cada tratamiento, considerando que se dispone de un caudal de 4.8 lts/seg.* Por lo que los tiempos para cada lámina quedaron de la siguiente manera:

Lámina I = 4 minutos
Lámina II = 5 minutos
Lámina III = 6 minutos
Lámina IV = 7 minutos.

* Resulta del caudal de las 12 mangueras correspondientes a 12 surcos por parcela bruta.

5.5.10 Método de riego:

14 días después del riego para mecanización, cuando se había agotado el 70% de la humedad disponible (HD), se procedió a regar el cultivo (se había sembrado 2 días antes), ya con la lámina y frecuencia correspondiente a cada tratamiento.

Se utilizó el sistema de riego superficial por surcos, bombeando el agua del río "Sis" a una toma que conducía hacia la esquina nor-este del experimento.

En la toma primaria se colocó un tubo de PVC de 4 pulgadas para la entrada de agua a la toma secundaria, esta toma se revistió con plástico para evitar problemas de infiltración, asimismo se revistieron las calles del experimento donde pasó el canal mencionado.

Mediante mangueras de una pulgada de diámetro y un metro cincuenta de longitud, colocadas lo más horizontalmente posible a 10 centímetros abajo del espejo de agua, se regaron 12 - surcos simultáneamente, evitando excesos de agua por medio de una toma de cabecera.

Para desviar el agua deseada a la parcela en turno de riego, se utilizaron tapones de nylon enterrados y sostenidos con tierra y piedras, para formar una pared de resistencia.

5.5.11 Toma de muestras del material vegetativo:

Se estableció como mecanismo para toma de muestra de cada - tratamiento y sus repeticiones, cortar las diez plantas que estuvieran colocadas en el tercer surco de la parcela neta, contando de norte a sur, y ya sobre el surco a partir del - segundo metro lineal contando de oriente a poniente.

Seguidamente se procedió a pesar las muestras verdes en gramos; en una balanza de reloj, posteriormente se picaron y transportaron en bolsas de polietileno debidamente identificadas en hieleras, al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, para secarlas en el horno a 105°C y proceder así a la determinación de la materia seca.

Ya procesadas las muestras se procedió a molerlas, para sacarles el porcentaje de nitrógeno y seguidamente el porcentaje de "Proteína cruda"

Esta fase se trabajó en el laboratorio de Suelos y Fertilidad de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.5.12 Cosecha:

Esta se realizó en forma manual con machete, segando las plantas a raz del suelo en el período de prefloración (60 días), se cortó la totalidad del material de la parcela neta, y se procedió a pesar en el campo, en una romana de Pilón, posteriormente se le agregó al peso de cada parcela el peso de la muestra representativa extraída de la misma. Esto se hizo con el fin de determinar "Materia verde" en toneladas por hectárea, lo más exacto posible.

5.5.13 Variables de respuesta:

Para poder evaluar el efecto de los diferentes tratamientos se recopilaron, tabularon y analizaron datos tendientes a establecer las variables de respuesta siguientes:

- Toneladas de materia verde/hectárea
- Toneladas de materia seca/hectárea
- Porcentaje de proteína cruda
- Toneladas de proteína cruda/hectárea.

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, así como la discusión de los mismos, se enfocan tomando en cuenta las variables respuesta siguientes:

- a. Producción de materia verde en toneladas/ha
- b. Producción de materia seca en toneladas/ha
- c. Porcentaje de proteína cruda
- d. Producción de proteína cruda en toneladas/ha

6.1 EFECTO DE LAS LAMINAS DE AGUA Y FRECUENCIAS APLICADAS SOBRE LA PRODUCCION DE FORRAJE DE SORGO CRIOLLO

6.1.1 Materia verde:

La producción de materia verde se vió significativamente afectada por la lámina de riego ($P < 0.01$), así como la frecuencia de riego ($P < 0.01$). A la vez el análisis de varianza reporta interacción significativa entre ambos factores (Ver cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Rendimiento de materia verde en toneladas/ha para cada frecuencia, cada lámina, totales y promedios.

FRECUENCIAS	L A M I N A S				TOTALES Yi	PROMEDIOS Yi
	I	II	III	IV		
F - 15	32.27	44.82	46.86	47.64	171.59	42.89
F - 19	17.50	39.59	46.82	46.45	150.36	37.59
F - 23	11.27	33.86	43.82	45.86	134.81	33.70
F - 27	10.32	21.55	39.41	41.68	112.96	28.24
Totales Yj	71.36	139.82	176.91	181.63	569.72	
Promedios Yj	17.84	34.95	44.23	45.40		142.42

Cuadro 4. Análisis de varianza para rendimiento de materia verde.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRAD.	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	101.00	33.66	24.01	0.0001 **
Lámina	3	7783.23	2594.41	1919.65	0.0001 **
Error (A)	9	40.51	4.50		
Frecuencia	3	1840.01	613.33	453.82	0.0047 **
Lámina x Frecuencia	9	920.39	91.15	67.45	0.0001 **
Error (B)	36	48.65	1.35		
TOTAL	63	10633.82			

COEFICIENTE DE VARIACION = 3.264

** Altamente significativo.

Al realizar la prueba de medias de Tukey a la interacción - (cuadro 5), fueron las láminas III (4.75 cm) y IV (5.50 cm), las que presentaron las mayores producciones, con frecuencias 15, 19 y 23 días. Con un rango de producción de 43.82 a 47.64 toneladas/ha.

Sin embargo, la lámina II (4.00 cm), cuando se utilizó con 15 días de frecuencia igualó a los tratamientos anteriores (44.82 toneladas/ha) (cuadro 5).

Cuadro 5. Prueba de medias de Tukey para el rendimiento de materia verde

LAMINA	FRECUENCIA	RENDIMIENTO MEDIO EN TON/ha	INTER- * PRETACION
4	15	47.64	a
3	15	46.86	a
3	19	46.82	a
4	19	46.45	a
4	23	45.86	a
2	15	44.82	a
3	23	43.82	ab
4	27	41.68	bc
2	19	39.59	c
3	27	39.41	c
2	23	33.86	d
1	15	32.27	d
2	27	21.55	e
1	19	17.50	e
1	23	11.27	f
1	27	10.32	f

q (16, 36) 0.05 = 5.20

$\bar{S}\bar{X}$ = 0.5813

Wp = 3.20

* Letras iguales, tratamientos con rendimiento estadísticamente igual.

Lo anterior indica que se obtienen similares resultados con las láminas III y IV, usando indistintamente frecuencias de 19 y 23 días. Es importante señalar que con frecuencia 23 días únicamente se dieron 3 aplicaciones de agua (riegos), y con frecuencia 19 se dieron 4 aplicaciones de agua, pero la última de ellas fue el día 57 de los 60 que duró el experimento (Ver cuadro 15 en apéndice).

Los tratamientos con que se obtuvieron las menores producciones, fueron la lámina I (3.25 cm), con 23 y 27 días de frecuencia 11.27 y 10.32 toneladas/ha respectivamente. Lo que nos indica que las frecuencias amplias aunque con menor número de riegos no son convenientes al aplicar láminas pequeñas.

Cuando se utilizó la lámina IV con frecuencia 27 días, se obtuvieron 41.68 toneladas/ha, lo cual es inferior y diferente a los mejores tratamientos, sin embargo, este tratamiento solo recibió 2 aplicaciones de agua, ya que la tercera ocurrió 6 días antes del corte del material vegetativo (Ver cuadro 15 en apéndice), lo que significa un ahorro substancial del líquido (33%); que considerando un caudal de 3 litros/segundo, del pozo de un pequeño productor, significa 44 horas de trabajo.

6.1.2 Materia seca:

La producción de materia seca fue significativamente afectada por la lámina de riego ($P < 0.01$), la frecuencia también tuvo efecto significativo sobre esta variable ($P < 0.01$). El análisis de varianza reporta interacción significativa entre láminas y frecuencias de riego (Ver cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Rendimiento de materia seca en toneladas/ha para cada frecuencia, cada lámina, totales y promedios.

FRECUENCIAS	L A M I N A S				TOTALES	PROME DIOS
	I	II	III	IV		
F - 15	7.26	10.61	10.94	10.43	39.24	9.81
F - 19	4.91	9.30	11.01	10.46	35.68	8.92
F - 23	2.44	8.80	10.21	11.79	33.24	8.31
F - 27	2.38	5.47	8.74	9.21	25.80	6.45
Totales Yj	16.99	34.18	40.90	41.89	133.96	
Promedios Yj	4.25	8.55	10.23	10.47		33.49

Cuadro 7. Análisis de varianza para rendimiento de materia seca.

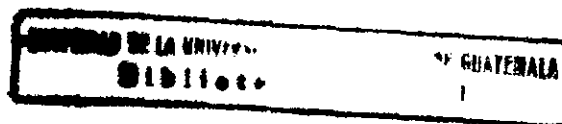
FUENTE DE VARIACION	GRADO DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	7.83	2.61	3.17	0.0359 *
Lámina	3	398.42	132.80	161.16	0.0001 **
Error (A)	9	8.79	0.97		
Frecuencia	3	97.06	32.35	39.26	0.0001 **
Lámina x Frecuencia	9	52.25	5.80	7.05	0.0001 **
Error (B)	36	29.66	0.82		
TOTAL	63	594.03			

COEFICIENTE DE VARIACION = 10.837

* = Significativo

** = Altamente significativo

Al aplicar a las medias de los tratamientos la prueba de Tukey se detecta que fueron las láminas III (4.75 cm) y IV -- (5.50 cm) las que produjeron la mayor cantidad de materia se ca, con frecuencias 15, 19 y 23 días, en un rango de 10.21 y 11.79 toneladas/ha. Es de hacer notar que la lámina II -- (4.00 cm), con frecuencia 15 días igualó estadísticamente a los mejores tratamientos (10.61 toneladas/ha) (Ver cuadro 8).



Cuadro 8. Prueba de medias de Tukey para el rendimiento de materia seca

TRATAMIENTOS		RENDIMIENTO	
LAMINA	FRECUENCIA	MEDIO EN TON/ha	INTERPRETACION*
4	23	11.798	a
3	19	11.018	a
3	15	10.940	a
2	15	10.612	ab
4	19	10.462	ab
4	15	10.432	ab
3	23	10.217	ab
2	19	9.308	b
4	27	9.216	b
2	23	8.800	bc
3	27	8.744	bc
1	15	7.263	cd
2	27	5.470	d
1	19	4.914	d
1	23	2.442	e
1	27	2.382	e

$$q(16, 36) 0.05 = 5.20$$

$$S\bar{X} = 0.454$$

$$Wp = 2.36$$

* Letras iguales, tratamientos con rendimientos estadísticamente igual.

La lámina II con frecuencia 23 días aunque fue inferior a los mejores tratamientos ocupó menor volumen de agua, 75 y 150 m³/ha, con respecto a la lámina III y IV respectivamente.

Lo anteriormente expuesto nos lleva a considerar que con láminas II y IV, usando frecuencias 19 y 23 días, se produjeron iguales cantidades de materia seca, pero tenemos que tomar en cuenta que los tratamientos con frecuencia 23 días, recibieron 3 riegos y los con frecuencia 19 recibieron 4 aplicaciones de agua (Ver cuadro 15 en apéndice), (el último riego fue día 57 de los 60 que duró el experimento).

Con la lámina I (3.25 cm) y frecuencia 23 y 27 días, se obtuvieron los resultados más bajos, 2.44 y 2.38 toneladas/ha, respectivamente, lo que es una producción bastante baja, considerando el potencial del sorgo criollo.

Quando se utilizó la lámina III con frecuencia 27 días se obtuvo 8.74 toneladas/ha (cuadro 8), cantidad que es inferior y diferente estadísticamente a los mejores tratamientos, pero hay que considerar que con esta frecuencia aunque teóricamente se hicieron 3 riegos, el último de ellos fue prácticamente nulo, pues se realizó 6 días antes de cosechar (Ver cuadro 15 en el apéndice).

Lo que significa un ahorro de agua bastante considerable (51 horas de trabajo de una bomba con Q=3 lts/seg).

6.1.3 Proteína cruda:

Tanto el porcentaje de proteína cruda como las toneladas/ha de proteína se vieron significativamente afectadas por la lámina ($P < 0.01$), así como por la frecuencia de riego ($P < 0.01$). La interacción entre los dos factores resultó signi

ficativa en cuanto a porcentaje de proteína (Ver cuadros 9 y 10). Y altamente significativa en cuanto a toneladas de proteína/ha (Ver cuadro 13).

Cuadro 9. Porcentaje de proteína cruda para cada frecuencia, cada lámina en promedios.

FRECUENCIAS	L A M I N A				PROMEDIOS Yi
	I	II	III	IV	
F - 15	5.18	6.50	7.04	6.79	6.37
F - 19	4.95	5.66	6.99	7.03	6.15
F - 23	5.17	5.69	5.76	6.56	5.79
F - 27	4.83	6.08	6.08	6.46	5.86
Promedios Yj	5.03	5.98	6.46	6.71	6.04

Cuadro 10. Análisis de varianza para proteína cruda.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	0.49	0.16	0.75	0.5309 N.S.
Lámina	3	26.39	0.80	40.36	0.0001 **
Error (A)	9	0.85	0.0948		
Frecuencia	3	3.53	1.1771	5.40	0.0036 **
Lámina x Frecuencia	9	4.49	0.499	2.29	0.0377 *
Error (B)	36	7.84	0.218		
TOTAL	63	43.61			

COEFICIENTE DE VARIACION = 7.71

N.S. = No significativo

* = Significativo

** = Altamente significativo.

Al aplicar a las medias de los tratamientos la prueba de Tukey se establece (cuadro 11) que fueron las láminas III con frecuencias 15, 19 y 27 días, lámina IV con frecuencia 15, - 19, 23 y 27 días y lámina II con frecuencia 15 y 27 días, - las que presentaron mayor porcentaje de proteína cruda, con un rango de 6.082 a 7.045% (Ver cuadro 11).

Cuadro 11. Prueba de medias de Tukey para contenido de proteína cruda.

TRATAMIENTOS LAMINAS	FRECUENCIA	% PROTEINA CRUDA	INTERPRETACION *
3	15	7.045	a
4	19	7.035	a
3	19	6.992	a
4	15	6.792	ab
4	23	6.565	ab
2	15	6.507	ab
4	27	6.467	ab
2	27	6.087	abc
3	27	6.082	abc
3	23	5.760	bcd
2	23	5.697	bcd
2	19	5.667	bcd
1	15	5.187	cd
1	23	5.170	cd
1	19	4.957	d
1	27	4.830	e

$q(16, 36) 0.05 = 5.20$

$S\bar{X} = 0.2334452$

$Wp = 1.21$

* = Letras iguales, tratamientos con contenido proteínico estadísticamente igual.

Lo anterior concuerda con lo establecido por Tisdale (16) - con respecto a que el contenido de proteína está influenciado además de otros factores por el grado de agua aprovechable y que los más altos porcentajes de proteína están generalmente asociados a los más bajos niveles de humedad del suelo.

Fue la lámina I con sus frecuencias la que presentó el menor porcentaje de proteína con un rango de 4.830 a 5.187%.

Con respecto a Ton/ha, de proteína cruda (Ver cuadros 12, 13 y 14), fue la lámina III con frecuencias 15, 19 y 23 días; - lámina IV con frecuencias 15, 19, 23 y 27 días y lámina II - con frecuencia 15 días, las que presentaron mayor producción con un rango de 0.587 a 0.781 Ton/ha. Seguramente esto se debe a las variaciones en Ton/ha de materia seca que hubo entre los diferentes tratamientos.

Cuadro 12. Rendimiento de proteína cruda en toneladas/ha para cada frecuencia, cada lámina, totales y promedios.

FRECUENCIAS	L A M I N A S				TOTALES Yi	PROMEDIOS Yi
	I	II	III	IV		
F - 15	0.37	0.69	0.77	0.70	2.53	0.63
F - 19	0.24	0.52	0.76	0.73	2.25	0.56
F - 23	0.12	0.50	0.58	0.78	1.98	0.49
F - 27	0.11	0.33	0.53	0.59	1.56	0.39
Totales Yj	0.84	2.04	2.64	2.8	8.32	
Promedios Yj	0.21	0.51	0.66	0.7		2.07

Cuadro 13. Análisis de varianza para toneladas/ha de proteína cruda.

FUENTE DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F CALCULADA	SIGNIFICANCIA
Bloque	3	0.02	0.00	1.45	0.24 NS
Lámina	3	2.38	0.79	131.84	0.0001 **
Error (A)	9	0.05	0.00		
Frecuencia	3	0.51	0.17	28.36	0.0001 **
Lámina x Frecuencia	9	0.17	0.01	3.30	0.0050 **
Error (B)	36	0.21	0.00		
TOTAL	63	3.36			

COEFICIENTE DE VARIACION = 14.80

NS = No significativo

** = Altamente significativo.

Cuadro 14. Prueba de medias de Tukey para toneladas de proteína cruda por hectárea.

LAMINA	TRATAMIENTOS FRECUENCIA	TONELADAS/ha PROTEINA CRUDA	INTERACCION*
4	23	0.781	a
3	15	0.770	a
3	19	0.767	a
4	19	0.736	a
4	15	0.706	ab
2	15	0.690	abc
4	27	0.596	abc
3	23	0.587	abc
3	27	0.531	bcd
2	19	0.527	bcde
2	23	0.501	cde
1	15	0.374	def
2	27	0.331	ef
1	19	0.241	fg
1	23	0.126	g
1	27	0.113	g

$q(16, 36) 0.05 = 5.20$

$S\bar{X} = 0.038$

$Wp = 0.201$

* = Letras iguales, tratamientos estadísticamente igual.

Fue la lámina I con sus frecuencias 23 y 27 días la que dió los más bajos resultados 0.126 y 0.113 Ton/ha, respectivamente.

Es de hacer notar que el porcentaje de proteína cruda cuando se usó la lámina II con frecuencia 27 días, lógicamente con bajos volúmenes de agua (prácticamente 2 riegos y 4 cm de lámina) fue aceptable y se colocó entre los mejores tratamientos (cuadro 11).

7. CONCLUSIONES

- A. Las láminas III y IV (4.75 y 5.50 cm) con frecuencias 19 y 23 días fueron con las que se obtuvieron las mayores producciones de materia verde y materia seca y porcentaje de proteína cruda.
- B. Las láminas III y IV (4.75 y 5.50 cm) con frecuencia 27 días, disminuyeron su producción en materia verde y materia seca, pero se mantuvieron entre los mejores tratamientos en cuanto a porcentaje de proteína cruda y rendimiento de proteína en Ton/ha, sin embargo, se tiene un ahorro en consumo de agua del 33%.
- C. La lámina II (4.00 cm) con frecuencia 27 días, la lámina III (4.75 cm) con frecuencia 27 días, fueron los mejores tratamientos, con respecto al porcentaje de proteína cruda, considerando que entre los superiores, y con estos tratamientos se utilizaron menores volúmenes de agua, siendo considerable el ahorro del líquido.
- D. Para Ton/ha de proteína cruda, los mejores tratamientos considerando los volúmenes de agua utilizada, fueron lámina IV (5.50 cm) con frecuencia 27 días y lámina III (4.75 cm) con frecuencia 23 días.

8. RECOMENDACIONES

Para las condiciones de suelo y clima en que se llevó a cabo este trabajo experimental, sobre producción de forraje de sorgo criollo bajo riego, se recomienda lo siguiente:

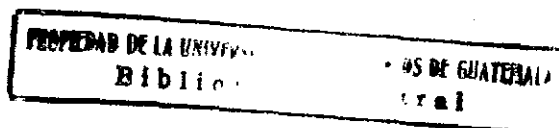
1. Cuando el agua es extremadamente limitada, el sorgo criollo debe irrigarse con lámina III (4.75 cm) con frecuencia 27 días.
2. Si el agua no es un factor limitante, puede usarse indistintamente láminas III y IV (4.75 y 5.50 cm respectivamente) con frecuencia 19 y 23 días.
3. Cuando se desee producir sorgo criollo con un buen contenido de proteína cruda, con menores volúmenes de agua, debe utilizarse la lámina II (4.00 cm) y frecuencia 27 días.

9. BIBLIOGRAFIA

1. BERLINN, J.; BERNARDON, A. 1982. Cultivos forrajeros. 2 ed. México, Trillas. 80 p.
2. BOOHER, L.J. 1974. El riego superficial. Roma, Italia, FAO. 162 p.
3. CARRERA, M. 1965. Estudio comparativo de rendimientos de sorgos - forrajeros (Sorghum vulgare) en la zona del pacífico norte. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 45 p.
4. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
5. GRASSI, C.J. 1975. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimiento de riego con fines de formulación y diseño de proyectos; criterios y procedimientos. Mérida, Venezuela, Centro Internacional de Investigación de Agricultura Tropical. 212 p.
6. HERNANDEZ DE LA CRUZ, J.A. 1980. Efecto de diferentes densidades de siembra y niveles de fertilización nitrogenada, sobre la producción de forraje y cantidad de proteína en sorgo (Sorghum vulgare). Tesis Lic. Zootecnista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 19 p.
7. ISRAELSEN, O.W.; HANSEN, V.E. 1979. Principios y aplicaciones de riego. Trad. por Alberto García Palacios. Barcelona, España, Reverté. 369 p.
8. MARBLE, V.L. 1973. Cosas que pueden intentarse con sorgos de grano, responden bien al cultivo intenso. Agricultura de las Américas (EE.UU.) 22(1):16-27.
9. PITNER, J.B.; LAZO, J.L.; SANCHEZ, N. 1955. El cultivo del sorgo. México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Folleto Técnico no. 15. 8 p.
10. ROJAS, J. 1967. Efecto comparativo del sorgo forrajero (Sorghum vulgare) y pasto elefante (Pennisetum purpureum) suplementados con vitamina A sobre la producción de leche. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 69 p.
11. ROLDAN, P.G. 1973. Estudio comparativo en la producción de forrajes y análisis químico proximal del maíz (Zea mays L.) sorgo - (Sorghum vulgare) mijo perla (Pennisetum glaucum L.) y girasol (Helianthus annuus L.) en seis épocas de corte. Tesis Ing. Agr. Zoot. México, Instituto Tecnológico de Monterrey. 63 p.

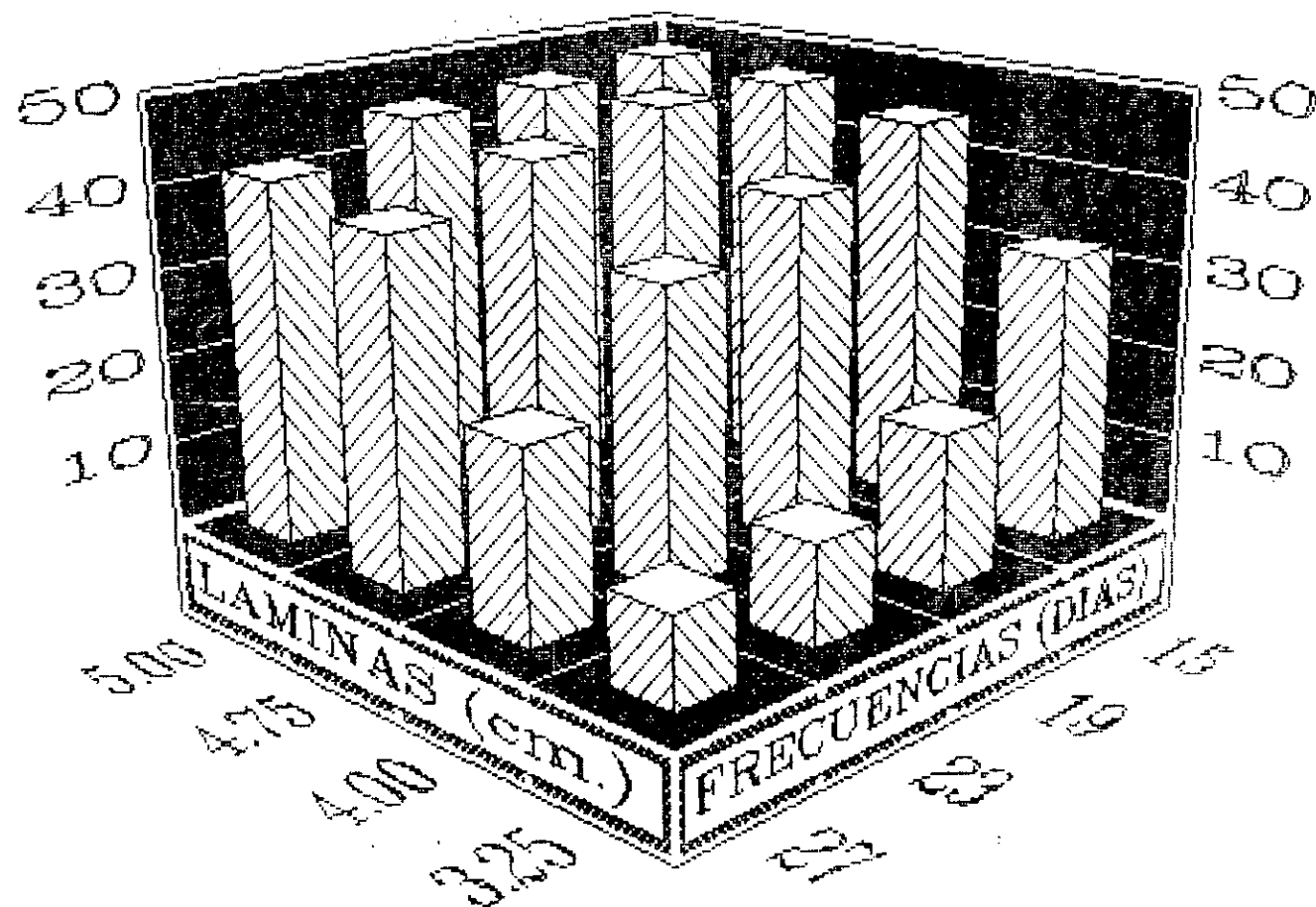
12. RUEDA GUTIERREZ, P.F. 1984. Efecto de la frecuencia de corte sobre la cantidad y calidad de forrajes en el sorgo criollo (Sorghum bicolor). Tesis Lic. Zootecnista. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 34 p.
13. SEGURA, M.; CHAMBLEE, D. 1970. Forrajes en el Perú. Perú, AID. Boletín no. 41. 43 p.
14. SHERY, W. 1966. Plantas útiles al hombre (botánica económica). - Madrid, España, Slavat. 528 p.
15. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de re conocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. - 1000 p.
16. TISDALE, S.L.; WERNER, L.N. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, D.F., Hispano Americana. 541 p.
17. VILLAREAL, E. 1970. Observación de 22 sorgos forrajeros para ensilajes en la región norte de Tamaulipas. Agricultura Técnica en México (Mex.) 12(2):7-14.
18. WALL, J.; ROSS, W. 1965. Producción y usos del sorgo. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 399 p.
19. WHEELER, J.I. 1980. Aumento de la producción animal con forraje de sorgo. Revista Mundial de Zootecnia (Roma) no. 35:10-14.
20. WILKINSON, J.M. 1983. Valor alimenticio de los forrajes ensilados en clima tropical y templado. Revista Mundial de Zootecnia (Roma) no. 45:21-25.

Vo. 30.
Patualle

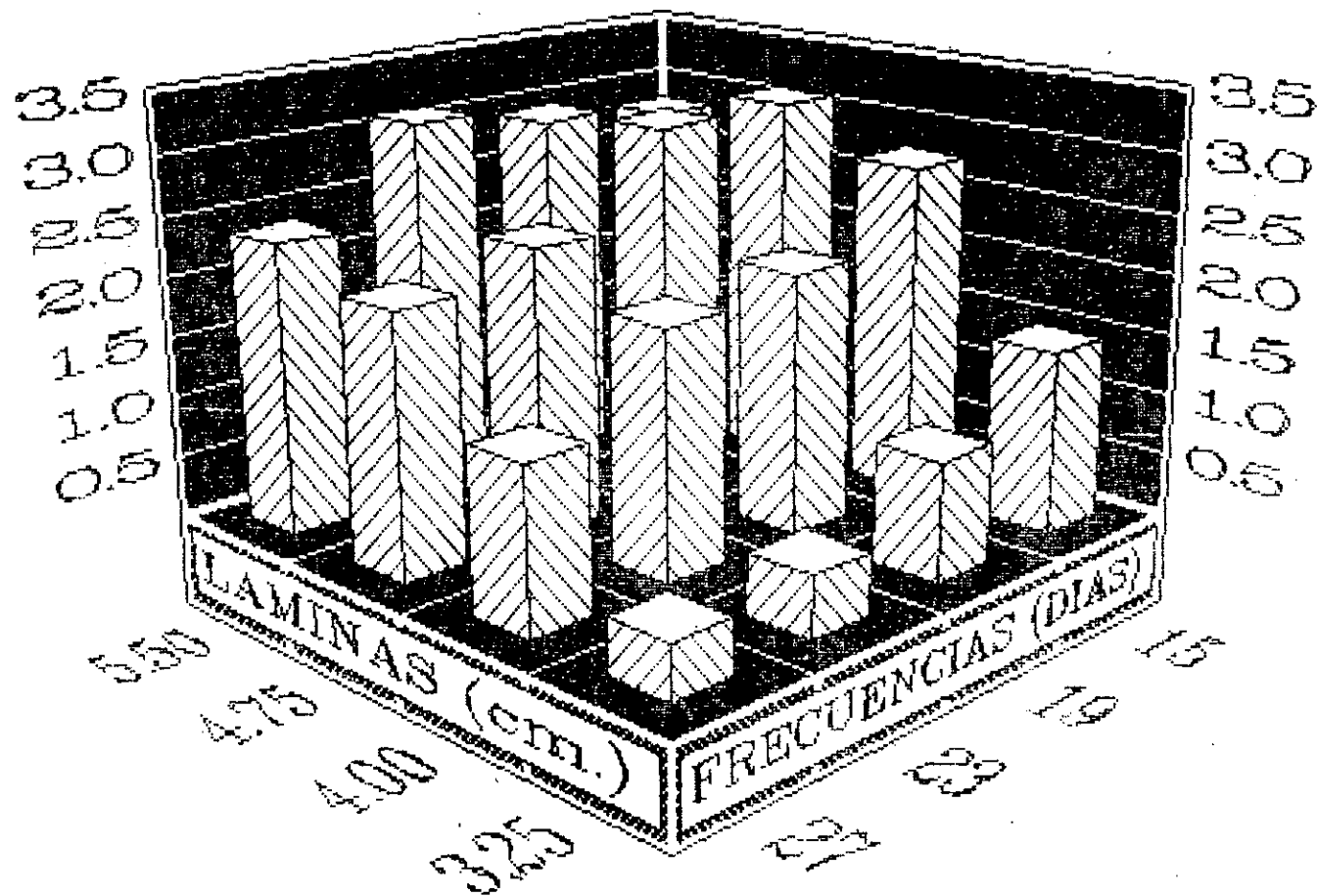


10. A P E N D I C E

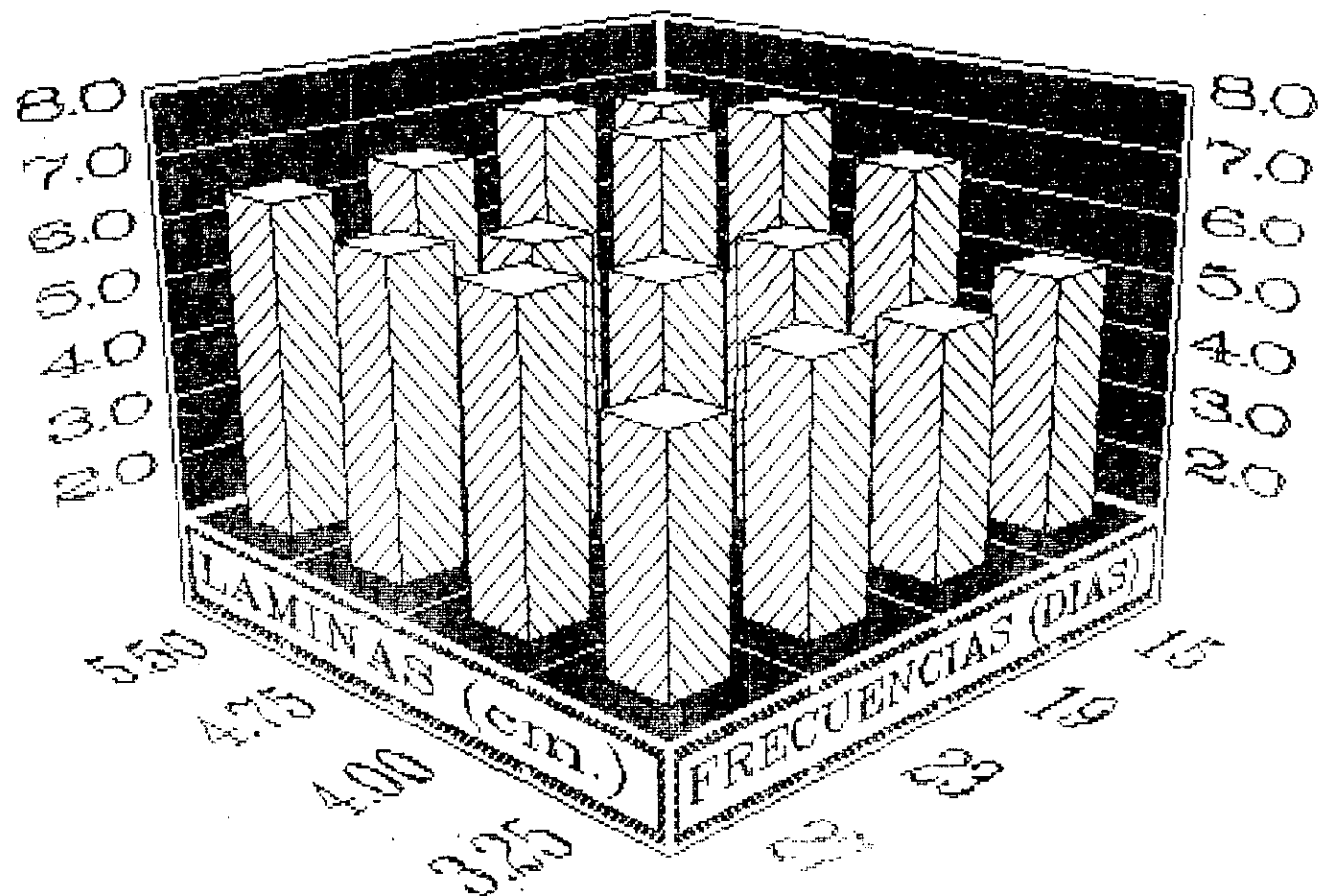
GRAFICA 1. RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE EN TONELADAS/HECTAREA
PARA CADA LAMINA Y CADA FRECUENCIA



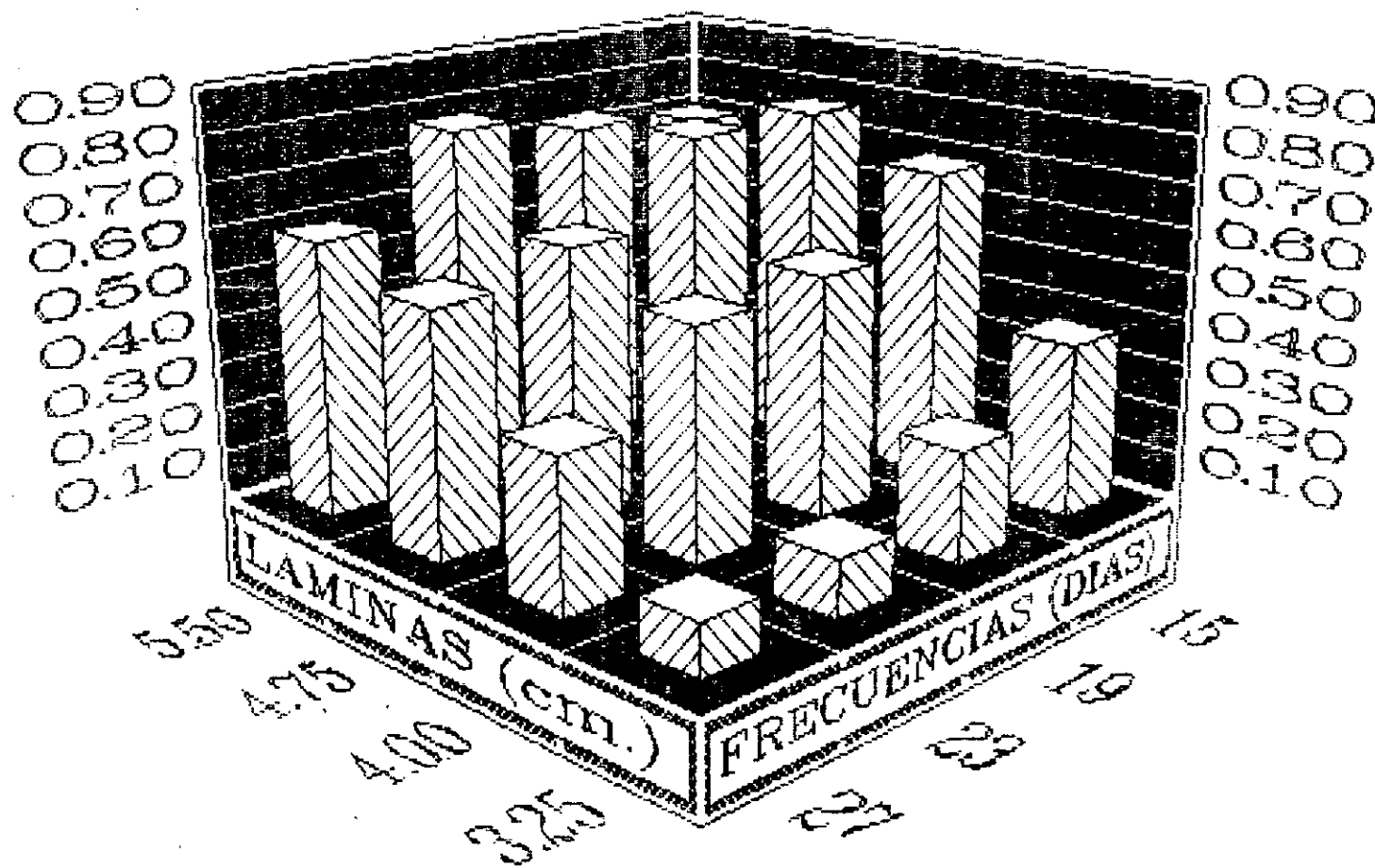
GRAFICA 2. RENDIMIENTO DE MATERIA SECA EN TONELADAS/HECTAREA PARA CADA LAMINA Y CADA FRECUENCIA



GRAFICA 3. PORCENTAJE DE PROTEINA CRUDA PARA CADA LAMINA Y CADA FRECUENCIA



GRAFICA 4. RENDIMIENTO DE PROTEINA CRUDA EN TONELADAS/HECTAREA PARA CADA LAMINA Y CADA FRECUENCIA



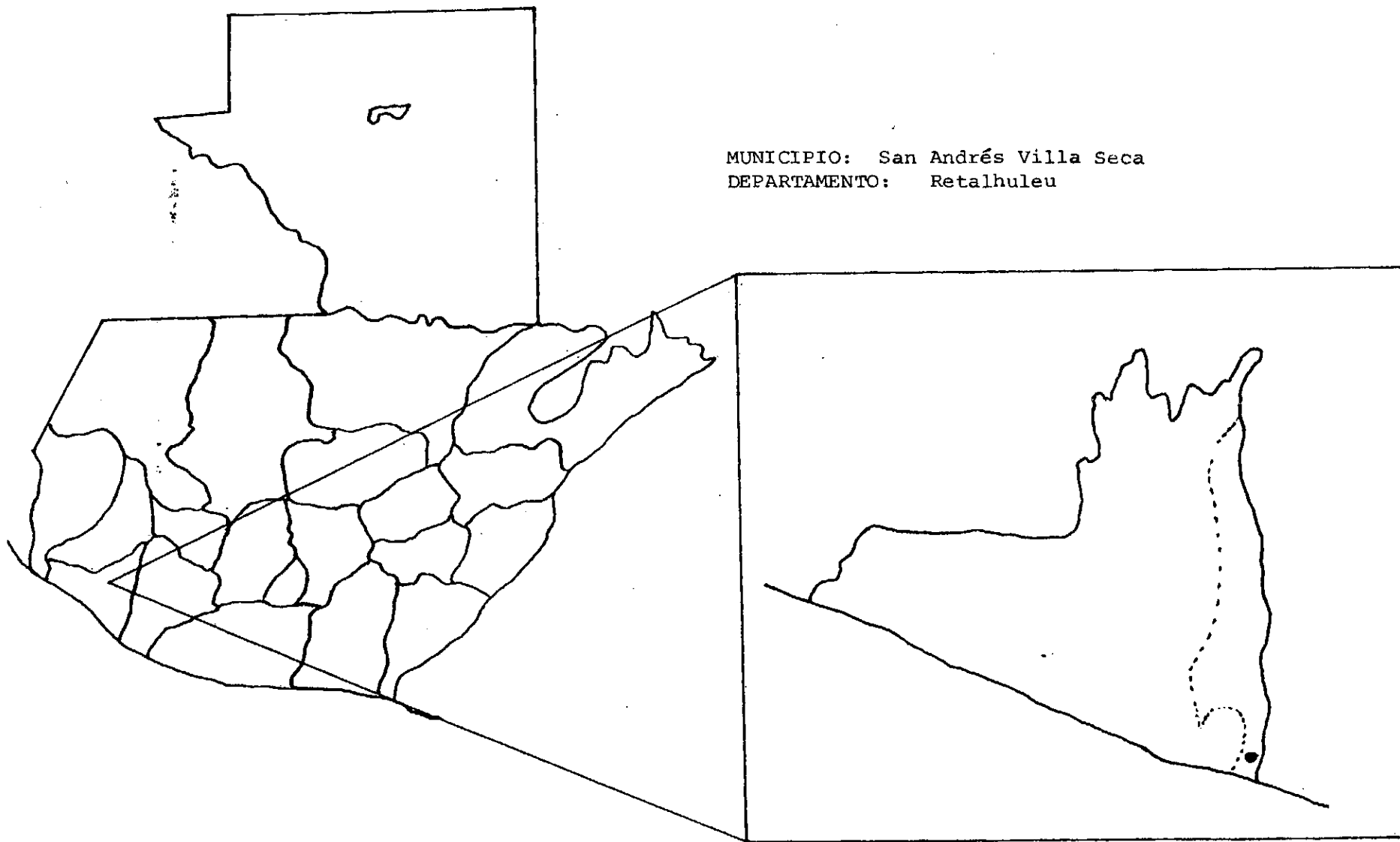
REVISTA DE LA UNIVERSIDAD
BIBLIOTECA
SANTO DOMINGO
1

Cuadro 15. Calendario de riego.

No. de RIEGO	FECHA	F R E C U E N C I A S			
		F-15	F-19	F-23	F-27
1	31-10-89	X	X	X	X
2	15-11-89	X			
3	19-11-89		X		
4	23-11-89			X	
5	27-11-89				X
6	30-11-89	X			
7	8-12-89		X		
8	15-12-89	X			
9	16-12-89			X	
10	24-12-89				X
11	27-12-89		X		

UBICACION GEOGRAFICA DEL AREA EXPERIMENTAL (●)

MUNICIPIO: San Andrés Villa Seca
DEPARTAMENTO: Retalhuleu



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1845

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia
Asunto

6 de mayo de 1,990

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 OFICINA DE ADMINISTRACION

"IMPRIMASE"



Anibal B. Martinez M.
 ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
 DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Biblioteca Central