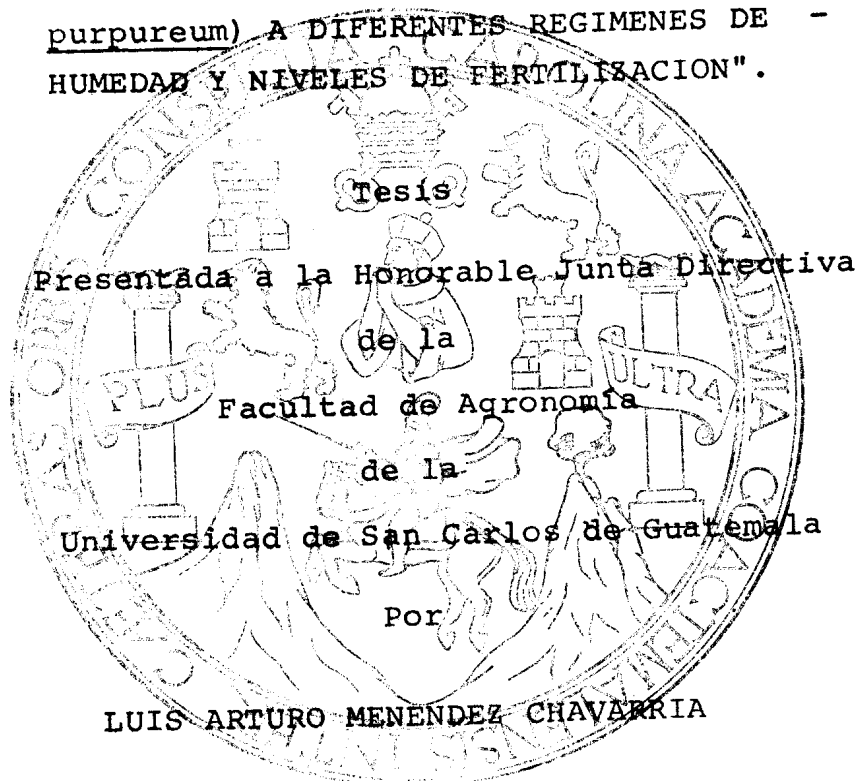


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"RESPUESTA DEL PASTO NAPIER (Pennisetum
purpureum) A DIFERENTES REGIMENES DE -
HUMEDAD Y NIVELES DE FERTILIZACION".



Tesis
Presentada a la Honorable Junta Directiva
de la
Facultad de Agronomía
de la
Universidad de San Carlos de Guatemala
Por

LUIS ARTURO MENENDEZ CHAVARRIA

En el acto de investidura como

INGENIERO AGRONOMO

En el grado Académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Octubre de 1980

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector en Funciones

LIC. ROMEO ALVARADO POLANCO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal Primero	Ing. Agr. Carlos O. Arjona
Vocal Segundo	Ing. Agr. Salvador Castillo
Vocal Tercero	Ing. Agr. Rudy Villatoro
Vocal Cuarto	Ing. inf. Efraín Medina G.
Vocal Quinto	Ing. inf. Edgar Franco R.
Secretario	Ing. Agr. Carlos N. Salcedo

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Dr. Antonio Sandoval S.
Examinador	Ing. Agr. Benjamín Gallegos
Examinador	Ing. Agr. Rolando Aguilera
Examinador	Ing. Agr. Carlos Echeverría
Secretario	Ing. Agr. Carlos N. Salcedo

Guatemala,
22 de septiembre de 1980

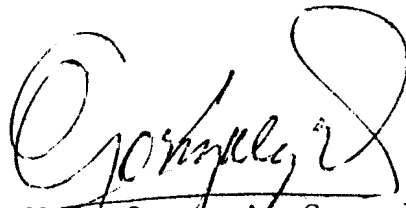
Doctor
Antonio A. Sandoval S.
Decano, Facultad de Agronomía
SU DESPACHO

Señor Decano:

Por este medio me dirijo a usted para manifestarle que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado "Respuesta del Pasto Napier (Pennisetum purpureum Schum) en Diferentes Régimenes de Humedad y Niveles de Fertilización", efectuado por el estudiante Luis Arturo Menéndez - Chavarría.

Dicho trabajo de investigación cumple con los requisitos establecidos por los reglamentos respectivos para su aprobación, y al mismo tiempo constituye una contribución al estudio y al mejoramiento de las prácticas de riego y fertilización en el país.

Deferentemente,



(f) Ing. Agr. M.C. Oscar A. Gonzalez H.
Colegiado No. 96
Asesor

Guatemala, 22 de septiembre de 1980

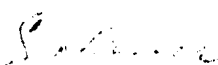
Señor Decano de la
Facultad de Agronomía
Dr. Antonio Sandoval S.
Ciudad Universitaria

Señor Decano:

Por este medio me dirijo a usted, para manifestarle que he asesorado y revisado el trabajo de Tesis titulado "Respuesta del Pasto Napier (Pennisetum purpureum), a Diferentes Régimenes de Humedad y Niveles de Fertilización", efectuado por el estudiante Luis Arturo Menéndez Chavarria.

Dicho trabajo de investigación, cumple los requisitos establecidos por los reglamentos respectivos para su aprobación, y al mismo tiempo constituye una contribución al estudio de las relaciones agua-suelo-planta, y al mejoramiento de las prácticas de riego y fertilización en pasto en el país.

Sin otro particular, me es grato suscribirme del señor Decano, como su atento servidor.


(f) Ing. Agr. M.C. Romeo Solano A.
Colegiado No.144
Asesor.

Guatemala 3 de Octubre de 1980

Horable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía
Ciudad Universitaria.

Honorable Tribunal Examinador

De conformidad con lo establecido por los estatutos que rigen la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el alto honor de presentar a vuestra consideración el trabajo de Tesis intitulado:

"RESPUESTA DEL PASTO NAPIER (Pennisetum purpureum) A DIFERENTES REGIMENES DE HUMEDAD Y NIVELES DE FERTILIZACION"

Cumpliendo así con el requisito previo a optar el Título de INGENIERO AGRONOMO en el Grado Académico de LICENCIADO EN - CIENCIAS AGRICOLAS, el cual espero merezca vuestra aprobación.

Deferentemente:

(f) Luis Arturo Menéndez Chavarria

ACTO QUE DEDICO

A mis padres:

Arturo Menéndez López

Edelmira Ch. de Menéndez

A mis hermanos:

Carlos Antonio

Alba Argentina

Nora Edelmira

Julio Oswaldo

A mi novia:

Edna Edith

A mi familia:

A mis Asesores:

Ing. Agr. M.C. Romeo Solano

Ing. Agr. M.C. Oscar González

A la Facultad de Agronomía

A los integrantes de la Unidad
de Riego de Asunción Mita

En especial A:

P. A. Jorge Peñate

Aníbal Gómez

A;

PROLECHE

I N D I C E

RESUMEN

1. INTRODUCCION
2. OBJETIVOS
3. HIPOTESIS
4. REVISION BIBLIOGRAFIA
 - 4.1 Algunas Características del Pasto Napier
 - 4.2 El Pasto Napier y su Fertilización
 - 4.3 Riego en Pastos
 - 4.4 Resultados en algunos países sobre corte, fertilización y riego en Pastos Napier.
5. MATERIALES Y METODOS
 - 5.1 Características del sitio experimental
 - 5.1.1 Clima
 - 5.1.2 Localización
 - 5.1.3 Características Físicas
 - 5.1.4 Características Químicas
 - 5.1.5 Relaciones Agua-Suelo-Planta
 - 5.1.5.1 Constantes de Humedad
 - 5.1.5.2 Velocidad de Infiltración
 - 5.1.5.3 Estimación del Uso Consuntivo
 - 5.2 Diseño Experimental
 - 5.2.1 Variables Consideradas
 - 5.2.1.1 Niveles de Humedad
 - 5.2.1.2 Niveles de Fertilización
 - 5.3 Control de Humedad

5.4 Calendario de Riego

5.4.1 Láminas de Riego

5.4.2 Frecuencias de Riego

5.4.3 Calendario de Riego

5.5 Desarrollo del Trabajo de Campo

5.5.1 Levantamiento Topográfico

5.5.2 Trazo y Nivelación

5.5.3 El Pasto

5.5.4 Fertilización

5.5.5 Labores de Cultivo

5.5.6 Riegos

5.5.6.1 Medición del Agua

5.5.6.2 Volumen a aplicar por tratamiento
(Parcela)

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Número de Riegos Aplicados

6.2 Láminas de Riego y Lámina Consumida

6.3 Producción Obtenida

6.4 Resultados Estadísticos

6.5 Rendimiento Vrs. Consumo de Agua

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8. BIBLIOGRAFIA

LISTA DE CUADROS

- No. 1 Características Físicas del Suelo en el Sitio Experimental.
- No. 2 Características Químicas del Suelo
- No. 3 Porcentaje de Humedad del Suelo
- No. 4 Infiltración en el Sitio Experimental
- No. 5 Datos Climatológicos registrados en la Estación de Asunción Mita.
- No. 6 Uso Consuntivo, Cultivo Pasto Napier, Unidad de Riego - Asunción Mita.
- No. 7 Lámina de Riego Neta, Frecuencia y Número de Riego Programales.
- No. 8 Calendario de Riego
- No. 9 Caudales que pasan através de Vertederos Triangulares con ángulos de 90°.
- No. 10 Volumen requerido por tratamiento en litros/segundo.
- No. 11 Láminas a aplicar en cada riego.
- No. 12 Variaciones Promedio de lámina de agua en el suelo en milímetros para el Tratamiento "A", en el primer y segundo corte.
- No. 13 Variaciones Promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros para el Tratamiento "B", primero y segundo corte.
- No. 14 Variaciones promedio de lámina de agua en el suelo en milímetros para el Tratamiento "C", primero y segundo corte.
- No. 15 Variaciones promedio de la lámina de agua en el suelo en milímetros para el Tratamiento "D", primero y segundo corte.
- No. 16 Cuadro Resumen del Número de Riegos, Lámina Neta Aplicada, Lámina Consumida por corte y total.
- No. 17 Producción de materia seca en Toneladas por Hectárea
- No. 18 Producción de proteína en Kilogramos por Hectárea

- No. 19 Producción de materia verde en toneladas por Hectárea
- No. 20 Producción de materia verde en el primer y segundo corte en Pasto Napier (Análisis de Varianza).
- No. 21 Producción de materia seca en el primer y segundo corte en Pasto Napier (Análisis de Varianza).
- No. 22 Producción de proteína en el primer y segundo corte en Pasto Napier (Análisis de Varianza).
- No. 23 Producción de materia verde en dos cortes/tonelada por hectárea y agua consumida en M^3 /Tonelada.
- No. 24 Producción de materia seca en dos cortes/tonelada por hectárea y agua consumida en M^3 /Tonelada.
- No. 25 Producción de proteína en dos cortes/Hilogramos por hectárea y agua consumida en M^3 /Kilogramo.

LISTA DE GRAFICAS

- No. 1 Curvas de retención de humedad
- No. 2 Curvas de infiltración
- No. 3 Plano del lote experimental
- No. 4 Plano de la parcela subdividida
- No. 5 Vertedero triangular de Thompson

RESUMEN

El presente estudio sobre la "Respuesta del Pasto Napier (Pennisetum purpureum schum) a Diferentes Régimenes de Humedad y Niveles de Fertilización", se realizó en la localidad de A - sunción Mita; la cual se caracteriza dentro de la zona subtropical seca con temperaturas medias de 26.1°C y con precipitación media anual de 1082.5 mm.

Se probaron las flexiones de riego del 20, 40, 60 y 80 % ubicadas como parcela grande, en un diseño de parcelas divididas. La parcela chica correspondió a los niveles de 0, 250 y 500 Kgs. de N/Ha/año.

Fue preciso determinar las características físico-químicas del suelo y el uso consuntivo del Pasto Napier con lo cual se determinó el calendario de riego utilizado.

Se realizó análisis de varianza para evaluar el efecto del riego y de la fertilización nitrogenada sobre la producción de materia verde, materia seca y proteína cruda del Pasto Napier. Estos análisis revelan que hubo diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) y mediante la prueba de Diferencia Mínima de Significancia, las combinaciones de 500 Kgs. de N/Ha/año con las flexiones del 60 y 80% de humedad, se comportaron diferentes y superiores a las otras combinaciones para la producción de materia verde, materia seca y proteína. La eficiencia del uso de agua en la producción unitaria del Pasto Napier fue superior en las combinaciones anteriormente mencionadas.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda.

.../.

- a) Utilizar 500 Kgs. de N/Ha/año con las flexiones del 60 y 80% de humedad, para obtener las mayores producciones de materia verde, materia seca y proteína cruda, distribuyendo el agua en 690 a 920 metros cúbicos de agua por hectárea, entre frecuencias de 8-11 días.

- b) Realizar estudios que evalúen la eficiencia del uso de agua en la producción de Pasto en los distritos de riego.

1. INTRODUCCION

La necesidad de un manejo eficiente de los pastizales con el propósito de obtener la mayor cantidad de forraje de buena calidad, ha presentado la alternativa de realizar trabajos investigativos que proporcionen datos necesarios para la programación del riego y uso óptimo del agua, así como también de fertilización para incrementar la producción pecuaria.

El desarrollo del riego en Guatemala en forma planificada tomó auge a partir de la década de 1960, con la construcción de obras de infraestructura que permitieron incorporar área de tierra improductiva a la producción nacional (1).

Durante muchos años se ha venido regando en forma empírica en la mayoría de nuestras zonas de riego; el agricultor proporciona las láminas de agua según su costumbre y criterio, con la tendencia a dar un máximo de riegos, basada en la creencia de que en esta forma obtendrá mayores rendimientos unitarios. - (8)

También existe la necesidad de realizar un manejo eficiente de los pastos involucrando la fertilización, con el propósito de obtener la mayor cantidad de forraje de buena calidad.

El presente trabajo constituye una aportación a esta línea de investigaciones para aquellas áreas que se encuentran desarrollando pasturas bajo riego en el municipio de Asunción Mita del Departamento de Jutiapa, para este propósito se seleccionó el pasto napier (Pennisetum purpureum) por ser éste el de mayor importancia en cuanto a pasto de corte dentro del área estudiada.

En regiones como en las del presente estudio donde la precipitación pluvial no es abundante y puede contarse con áreas de riego para los pastos de corte, resulta de gran importancia encontrar la combinación adecuada de los tratamientos evaluados

y así lograr incrementar la producción de forraje verde de más alto valor nutritivo.

El presente trabajo pretende evaluar la influencia de - tres niveles de fertilización, 0, 250, y 500 Kilogramos de Nitrógeno por Hectárea al año y distintas flexiones de humedad - 20-40-60 y 80% en el rendimiento de materia verde, seca y proteína.

2. OBJETIVO

Evaluar el comportamiento y respuesta del pasto napier en cuanto a rendimiento de materia verde, materia seca y proteína, bajo diferentes frecuencias de riego y niveles de fertilización.

3. HIPOTESIS

No existe ninguna diferencia en cuanto a rendimiento de materia verde, seca y proteína cruda utilizando diferentes ré gimenes de humedad y niveles de fertilización.

4. REVISION BIBLIOGRAFICA.

4.1 Algunas Características del Pasto Napier

El Pasto Napier o Elefante (Pennisetum purpureum. Schum) es originario del Africa Ecuatorial, donde se encuentra en zonas cuya precipitación es mayor de 1,000 mm. anuales. Es bastante tolerante a la sequía y rápidamente produce alimento al iniciarse las lluvias, no produce en lugares anegados por períodos lluviosos prolongados (13).

Se adapta a temperaturas de 18°C-30°C, con altitudes desde el nivel del mar hasta 2,200 metros, pero su mejor desarrollo se obtiene hasta los 1,500 metros (12).

Es una planta perenne, robusta, muy semejante a la caña de azúcar, alcanza alturas de 3-5 metros; cuando madura forma grandes macollas y puede producir más de 50 nuevas plantas. - Las inflorescencias son panojas compactas, amarillo dorado o amarillo pardo, de 12-25 cms. de largo. El Napier florece durante la época seca. En las épocas lluviosas sí se maneja bien, no florece por estar en su período de crecimiento activo. En cuanto a sus usos puede ser utilizado como forraje verde y para ensilaje. Cuando se usa como pastoreo tiende a desaparecer con el tiempo, puede ensilarse sólo o mezclado con leguminosas (12).

De Alba (4) cita que el pasto elefante es la especie de corte más popular y común en los trópicos ya que es de fácil establecimiento, poco exigente en suelos y con buen potencial para responder a la fertilización, a lo anterior se agrega que la especie es de alto valor nutritivo y de gran aceptación por el ganado; en forma general se puede decir que el Pasto Napier tiene un contenido proteico mayor que los demás pastos, que se adapta a la zona del trópico pero éste varía de acuerdo a la edad del pasto y frecuencia de corte como puede verse en el siguiente cuadro,

Corte	Materia Seca %	Proteína %
Elefante 4 semanas	20.8	2.7
Elefante 8 semanas	19.3	0.9
Elefante 12 semanas	18.8	0.8
Elefante 15 semanas	25.5	1.2
Elefante 0.50 metros antes flor	20.0	2.0
Elefante 2.5 metros principio - flor	25.0	1.8

4.2 El Pasto Napier y su Fertilización.

En Turrialba, Costa Rica, los valores encontrados sin fertilización fueron: proteína cruda 8.7%, fósforo 0.38% y el porcentaje de fibra cruda fue de 32.9 (7).

En cuanto a la fertilización, la aplicación de nitrógeno es utilizada para incrementar la producción de forraje de buena calidad. Se ha dicho que el contenido de nitrógeno es el mejor índice individual de la digestibilidad de un forraje.

El nitrógeno es un elemento extremadamente vital tanto para la calidad como para el rendimiento.

Es un constituyente primordial de las proteínas y la clorofila de las plantas verdes. Por lo tanto, es esencial para la fotosíntesis, el crecimiento y la reproducción de plantas forrajeras.

Según resultados obtenidos en otros trabajos, en esta planta parece justificarse la aplicación de cantidades de nitrógeno superiores a 100 Kgs/Ha, después de cada corte. Una fertilización adecuada podría ser aplicando 50 Kgs/Ha de nitró

geno después de cada corte y 50 a 100 Kgs/Ha de fósforo cada año (10).

La aplicación de 600 Kgs/Ha de nitrógeno por año triplicó con relación al testigo la producción de la materia seca. En cuanto a la respuesta de Napier a la fertilización nitrogenada, parece no ser uniforme a lo largo del año, si no que está influenciada por las condiciones climáticas (7).

La producción del Napier varía de acuerdo con el lugar, estación, número de cortes y fertilizantes que se le apliquen. Sin embargo, aún cuando los factores referidos agregan cierta influencia negativa se puede llegar a producir 180 Ton/Ha de forraje verde en 5 cortes al año. Por otra parte, en lugares donde la época seca es muy crítica es posible obtener producciones bastantes aceptables, aplicando riegos cada 10 días.

4.3 Riego en Pastos.

El riego de los pastos se ha practicado en las regiones áridas del mundo desde la antigüedad. En América, los primeros colonizadores del lejano Oeste, derivaron aguas de las corrientes y ríos a los terrenos adyacentes, lo que hizo posible la producción de alimentos verdes para el ganado.

El establecimiento de pastos con riego se ha visto estimulado por su gran capacidad de sostenimiento de animales por Ha., incrementos diarios de peso vivo y la producción más uniforme a lo largo de la época seca (11).

En el establecimiento de un buen programa de pastos con riego intervienen diversos factores: los cortes son más altos que los pastos que dependen únicamente de la humedad natural.

El objetivo del riego es mantener una disponibilidad constante de agua dentro de la zona ocupada por el sistema radicular comprendida entre una sequedad a una humedad excesiva.

Los pastizales exigen diferentes cantidades de agua. Así el pasto Bermuda (Trifolium repens) necesita 6 mm. de agua por día y tiene sus raíces aproximadamente a 0.6 metros bajo tierra debiéndose regar con 40 mms. de agua cada 5 ó 6 días (15).

El patrón de distribución de raíces del cultivo en zonas bajo riego, generalmente es en forma normal y la extracción del agua del suelo por las raíces varía de acuerdo con la profundidad. Así el 40, 30, 20 y 10% de la humedad extraída proviene - de cada 25% de la profundidad de la zona de desarrollo radical, (5).

4.4 Resultados Obtenidos en Algunos Países sobre Corte, Fertilización y Riego en Pasto Napier.

En experimentos realizados en Puerto Rico sobre Pennisetum purpureum, tendientes a evaluar el rendimiento, intervalo de corte, riego y fertilización con nitrógeno, se hicieron análisis de regresión lineal simple y múltiple para conocer el efecto de la radiación solar, la evapotranspiración potencial, y otros índices meteorológicos sobre la composición nutritiva (NyK) en el rendimiento de este forraje con el fin de lograr una mayor comprensión sobre los efectos de frecuencia de corte y el riego suplementario de fertilización con N, en el rendimiento de esta especie forrajera.

Se observó una relación inversa y significativa entre la composición de nutrimentos y los índices de demanda evaporativa para las especies de pasto de corte frecuente. Dado que las relaciones rendimiento - nutrimento y nutrimentos - clima, son inversos, se deberán esperar relaciones positivas entre rendimiento y clima. El uso de más de un índice meteorológico en los análisis de regresión múltiple pareció mejorar significativamente la predicción de los rendimientos de cada corte. - Un factor de frecuencia de corte contribuyó aún más a obtener

exactitud en la predicción de los rendimientos de las especies forrajeras bajo riego (2).

En Cuba, para estudiar la variación del contenido estacional de Ca y P en Pennisetum purpureum, se realizaron 2 experimentos con y sin riego y diferentes frecuencias de corte. Los resultados señalan una reducción de ambos elementos con frecuencia de corte más amplia. Fue evidente la diferencia estacional de estos elementos, ya que el fósforo aumentó en la época de primavera y el Ca en la sequía. El riego no mostró un efecto marcado, la reducción de fósforo en la época de sequía puede ser un factor limitante para la producción animal (2).

En Brasil, se realizó un experimento de campo durante 1972 para estudiar la producción de forraje y los contenidos de materia seca y proteína cruda de Pennisetum purpureum; Sao Domingo (de origen desconocido, pero creado como planta forrajera en Botucatu) en comparación con el Napier. Los promedios en los rendimientos de materia seca y proteína cruda fueron mayores para Napier que para Sao Domingo (10.54 y 12.49 Ton/Ha., respectivamente) a 2 niveles de fertilidad tanto en la época seca como en la época lluviosa.

En Costa Rica, se realizó un experimento de campo en suelo aluvial del Valle de Turrialba, Costa Rica (600 mms, 2581 mms de precipitación promedio anual y 22.5°C de temperatura promedio). Se aplicaron cuatro combinaciones de NP en los siguientes niveles 200 y 400 Kgs/Ha/año de N en forma de Urea, y 100 y 200 Kgs/Ha/año de P₂O₅ en forma de superfosfato. Se efectuaron 7 cortes cada 7-9 semanas.

El efecto principal del N consistió en aumentar el contenido de proteína y Ca y disminuir el contenido de P, los niveles de P aplicables aumentaron su contenido. La fecha de cortes causó diferencias significativas en todas las variables de

respuesta estudiadas. La época influyó en la magnitud de la respuesta de la materia seca a la fertilización de N (2).

En Tobago, durante 3 años consecutivos se examinó el efecto de fertilizantes con N P K (Na 170, 225, 280 y 340 Kgs/Ha/año) sobre el rendimiento de materia seca y el contenido mineral de Pennisetum purpureum) cultivado en un suelo coluvial. Se obtuvo un rendimiento promedio de materia seca de 35.5 Ton/Ha/año. Las altas tasas de N solamente aumentaron el rendimiento en forma significativa durante el tercer año, mientras que el P y el K, provocaron aumentos en el segundo y tercer año. Durante todo el período de 3 años, las tasas de N superiores a la mínima aplicación o adición de P y K no afectaron significativamente en rendimientos. El contenido medio de proteína fue de 7.9% en base seca (2).

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 Características del Sitio Experimental.

5.1.1 Clima.

Según Holdridge, la Unidad de Riego de Asunción Mita se encuentra dentro de la Zona Ecológica Subtropical Seca, predominando un clima seco.

De acuerdo a la estación meteorológica tipo "B", Número 10.3.1 de Asunción Mita, las principales características son:

La temperatura promedio máxima de 32.3°C, mínima de 21.6° centígrados y media de 26.1°C. La precipitación promedio es de 1082.5 mms., con un promedio de 108 días de lluvia anual (9).

Los meses de mayor precipitación durante el año se presentan de Mayo a Octubre.

5.1.2 Localización.

El área ocupada por el experimento se situó dentro de la clase agrológica I con características de terrenos de alta productividad para irrigación, según la Clasificación Agrológica - Semidetallada, efectuada por el Departamento de Estudios de Suelos de la Dirección de Recursos Naturales Renovables.

5.1.3 Características Físicas.

Para determinar estas características se hizo una calicata de 1m x 1m x 1m, para la toma de muestras de suelo para el análisis mecánico.

La textura del suelo no varió, siendo franco arenoso, de estructura en bloques sub-angulares, el relieve es plano, suelo medianamente profundo, el contenido de materia orgánica se presenta en los primeros 25 cms. de un 2.83-3.10% hasta los 75 cms.

0.07-1.11%, como puede observarse en el cuadro No. 1.

CUADRO No. 1

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO EN EL SITIO EXPERIMENTAL.

Profundidad. Cms.	Arcilla	Limo	Arena	Clase Textural	Da	% de M.O.
0-25	17.70	17.24	65.7	Franco arenoso	1.21	2.83-3.10
25-100	12.25	15.62	72.14	Franco arenoso	1.21	0.07-1.11

5.1.4 Características Químicas.

Las características químicas del suelo, en el sitio experimental se determinaron en el laboratorio y se describen de la forma siguiente:

CUADRO No. 2

CARACTERISTICAS QUIMICAS DEL SUELO.

Profundidad. Cms.	Capacidad total de Interc.	Ca	Mg	Na	K	H	SB	Ph	Asimilables		
									N	P	K
0-25	18.14	12.75	3.91	0.38	1.77	0.92	98.22	7.5	-	40	250
25-100	12.19	8.60	2.98	0.40	1.35	-	100.00	7.3	-	-	-

Se tomaron los primeros 25 cms. por considerar que el 60% de la cantidad total de raíces del pasto napier se encontraban a esa profundidad y el 40% restante a un metro.

5.1.5 Relaciones Agua-Suelo-Planta.

5.1.5.1 Constantes de Humedad.

Las constantes de humedad se determinaron en el Laboratorio, haciendo uso de la olla y placa de presión.

Las muestras se sometieron a tensiones de 1/3, 2, 10, y 15 atmósferas para elaborar las curvas de humedad correspondientes a cada estrato del perfil, como lo muestran el Cuadro No. 3 y la Gráfica No. 1.

CUADRO No. 3

PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL SUELO.

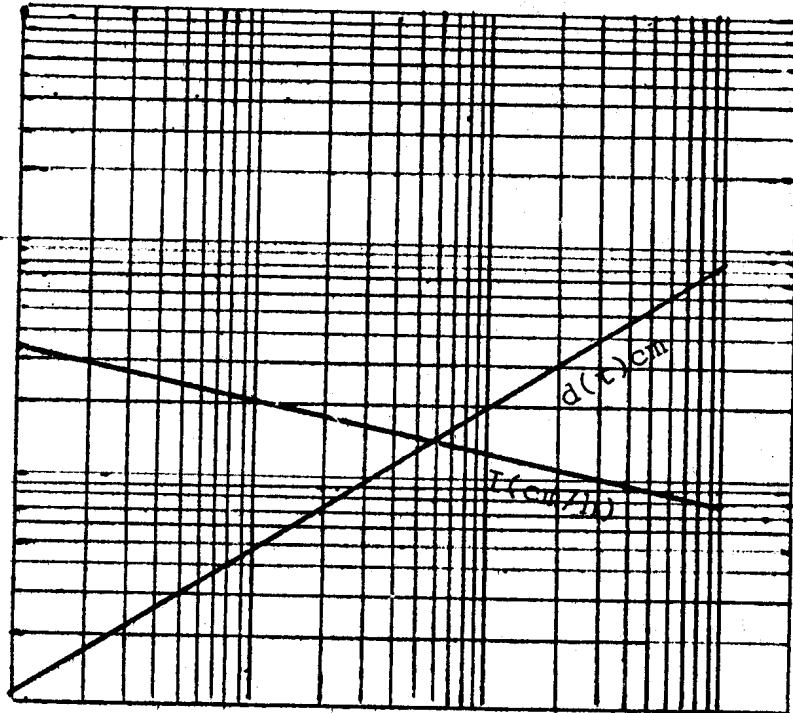
Profundidad. Cms.	Tensión en Atmósferas				% Humedad Aprovechable.
	1/3 ⁽¹⁾	2	10	15 ⁽²⁾	
0-25	20.35	16.07	12.81	12.66	7.68
25-100	19.89	15.41	12.64	12.30	7.59

(1) % de humedad en capacidad de campo (c.c.)

(2) % de humedad en punto de marchitez permanente (PMP)

GRAFICA No. 2

VELOCIDAD DE INFILTRACION INSTANTANEA -
Y LAMINA INFILTRADA EN FUNCION DE TIEMPO



d = Lámina Infiltrada

I = Infiltración Instantánea

5.1.5.2 Velocidad de Infiltración.

Se efectuaron pruebas de infiltración en el campo utilizando el método del cilindro. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro No. 4 y en la Gráfica No. 2.

CUADRO No. 4

INFILTRACION DEL AGUA EN EL SUELO.

Tiempo en Minutos.	Lámina Infiltrada, Acumulada Cms.	Lámina Infiltrada, Acumulada en Cms. - corregida	Velocidad de Infiltración en Cms./Hora en el campo.	Velocidad de Infiltración en Cms./Hora corregida. -
0	000	000	0.00	0.00
5	2.00	2.79	24.00	23.26
10	3.10	3.51	18.60	19.01
15	4.20	4.23	16.80	16.89
20	5.10	4.96	15.30	15.54
30	6.90	6.40	13.80	13.81
45	9.20	8.57	12.20	12.27
60	11.30	10.74	11.30	11.28
90	15.10	15.07	10.00	10.03
120	18.80	19.41	9.40	9.22

De acuerdo a estos resultados, la velocidad de infiltración:

$$I = K t^{\bar{n}}$$

$$I = 37.16 t^{-0.291}$$

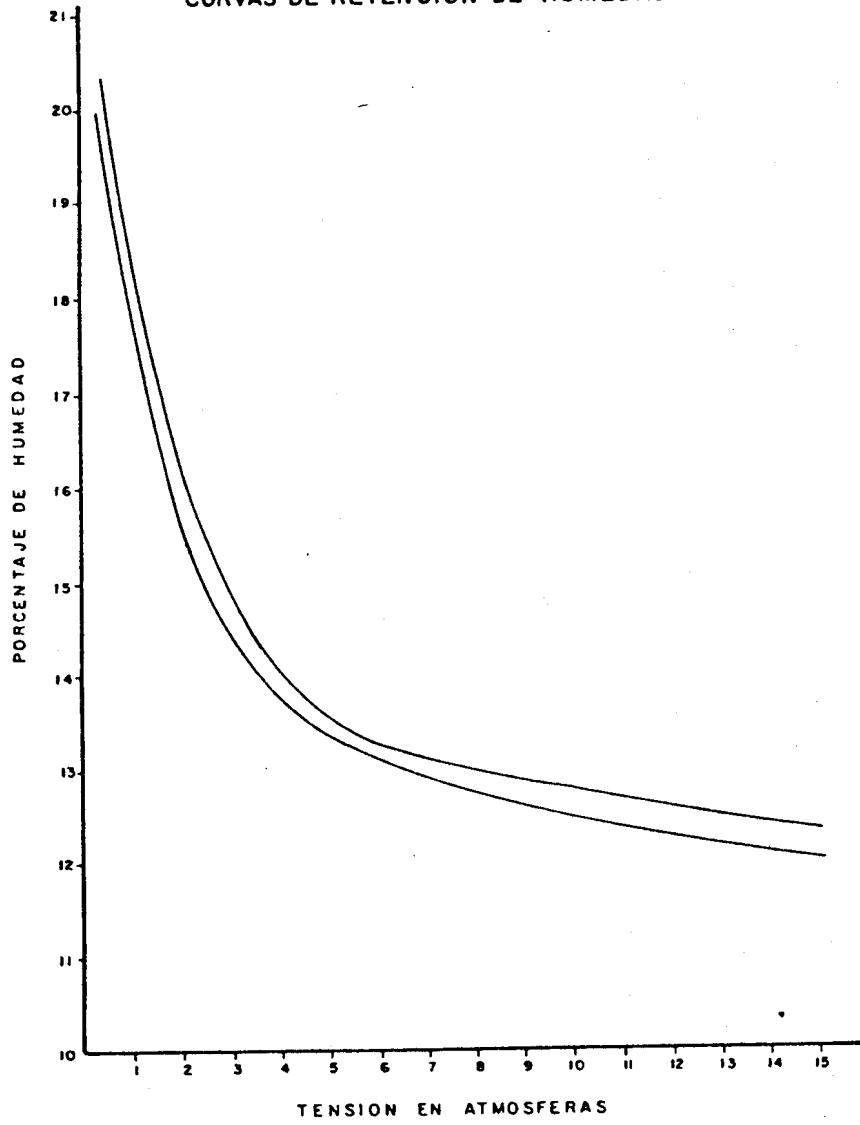
$$K = 37.16$$

$$n = -0.291$$

$$\text{Coeficiente} = 0.997$$

GRAFICA No. 1

CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD



5.1.5.3 Estimación del Uso Consuntivo.

Para estimar el uso consuntivo del Pasto Napier se utilizó la fórmula empírica propuesta por Blaney y Criddle, tomando como base los datos climatológicos del área que aparecen en el Cuadro No. 5.

A) Uso Consuntivo Global

$$UCg = Fkg$$

$$F = f$$

$$f = (0.457t + 8.13)P$$

Donde:

UCg = Uso Consuntivo global

Kg = Coeficiente global del desarrollo del cultivo (1) para pastos.

t = Temperatura media mensual en °C

P = % de horas luz solar teórico en relación al total anual registrado en heliógrafo.

B) Uso Consuntivo Mensual

Para el cálculo del uso consuntivo mensual se determinó el uso consuntivo mensual no corregido, utilizando los coeficientes de desarrollo mensual del cultivo, que fueron los siguientes:

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Kc	0.48	0.60	0.75	0.85	0.87	0.90	0.90	0.87	0.85	0.80	0.65	0.60

$$UCm = f \times Kc$$

$$UC' = UC' = UCm \quad (14)$$

CUADRO No. 5

DATOS CLIMATOLOGICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION DE ASUNCION MI-TA.

Promedio de 10 años.

Mes	Precipitación		Temperatura			Horas Luz So-lar
	mms	Días de lluvia.	Max.	Min.	Med.	%
Enero	0.0	0	30.8	19.6	24.9	8.8
Febr.	1.0	1	32.4	19.5	25.8	9.7
Marzo	2.9	1	33.0	20.9	26.6	9.4
Abril	40.0	4	34.4	22.1	27.9	7.9
Mayo	144.6	13	33.4	22.5	27.5	7.3
Junio	284.8	21	31.5	21.9	26.0	5.8
Julio	189.9	17	31.8	21.8	27.1	7.9
Agosto	195.2	16	31.5	21.6	26.9	7.9
Sept.	243.4	19	30.7	21.2	25.2	6.3
Octu.	113.6	14	30.7	21.0	25.2	7.2
Nov.	25.1	3	30.0	20.5	25.0	7.4
Dic.	6.1	1	30.7	19.7	24.9	8.1
	1082.5	108	32.3	21.6	26.1	7.8

Donde:

UCm' = Uso Consuntivo Mensual No corregido

f = Factor de Blaney y Criddle

Kc = Coeficiente del desarrollo del cultivo

UC' = Uso Consuntivo Total no Corregido

El uso consuntivo mensual corregido, se calculó mediante el uso del factor de corrección K' , resultante de la siguiente relación:

$$K' = UCg/UC'$$

Luego multiplicando el valor obtenido de K' por el uso consuntivo mensual no corregido (UCm') se obtuvo el uso consuntivo mensual corregido, o sea:

$$UC = Ucm = (f \times KcK')$$

Donde:

UC = Uso Consuntivo Total Corregido

UCm = Uso Consuntivo Mensual Corregido

Kc = Coeficiente de Desarrollo Mensual del Cultivo

K' = Coeficiente de Corrección

El uso consuntivo diario promedio fue estimado dividiéndose el uso consuntivo mensual corregido, entre el número de días de cada mes, durante el período en que se realizó la experiencia.

$$Ucd = \frac{Ucm}{\text{Días del mes}}$$

Los resultados de la estimación del uso consuntivo del Pasto Napier, cultivo ya establecido de Enero a Mayo, se muestran en el Cuadro No. 6.

CUADRO No. 6

USO CONSUNTIVO - CULTIVO PASTO NAPIER.
UNIDAD DE RIEGO "ASUNCION MITA"

Fórmulas o Evaciones.	Enero	Febre- ro	Marzo	Abril	Mayo	Total mms.
$f=(0.457t+8.13)P$	172.61	191.86	193.35	165.06	151.46	874.34
$F = f$						
$UCg = F \times Kg$						
$UCm' = f \times Kc$	82.85	115.12	145.01	140.30	131.77	615.05
$(14) UC' = UCm$						
$K' = UCg / UC$						
$UCmo = UCm' \times K'$	110.44	153.45	193.30	197.02	175.65	819.86
$UCo = UCmo$						
$Ucd = \frac{ucm}{\text{días mes}}$	3.56	5.29	6.24	6.23	5.67	

5.2 Diseño Experimental.

El diseño utilizado en el presente trabajo fue el de bloques al azar en parcelas divididas con 4 repeticiones con el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ijk} = U + B_i + F_j + I_{ij} + N_k + (FN)_{jk} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} = Valor observado en la Unidad Experimental

U = Efecto de la media general

B_i = Efecto del i -ésimo bloque

F_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor flexión

S_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima parcela grande

NK = Efecto del K -ésimo nivel del factor flexión con el K -ésimo nivel del factor nitrogenado

E_{ijk} = Error experimental asociado a la ijk -ésima parcela chica.

La distribución de los tratamientos se muestra en la Gráfica No. 3.

5.2.1 Variables Consideradas.

Las variables a evaluar fueron las siguientes:

5.2.1.1 Niveles de humedad en porcentajes de flexión aprovechable.

a.1) 20% de flexión de L HA - A

a.2) 40% de flexión de L HA - B

a.3) 60% de flexión de L HA - C

a.4) 80% de flexión de L HA - D

5.2.1.2 Niveles de Fertilización con Nitrógeno.

b.1) 00 Kgs/Ha

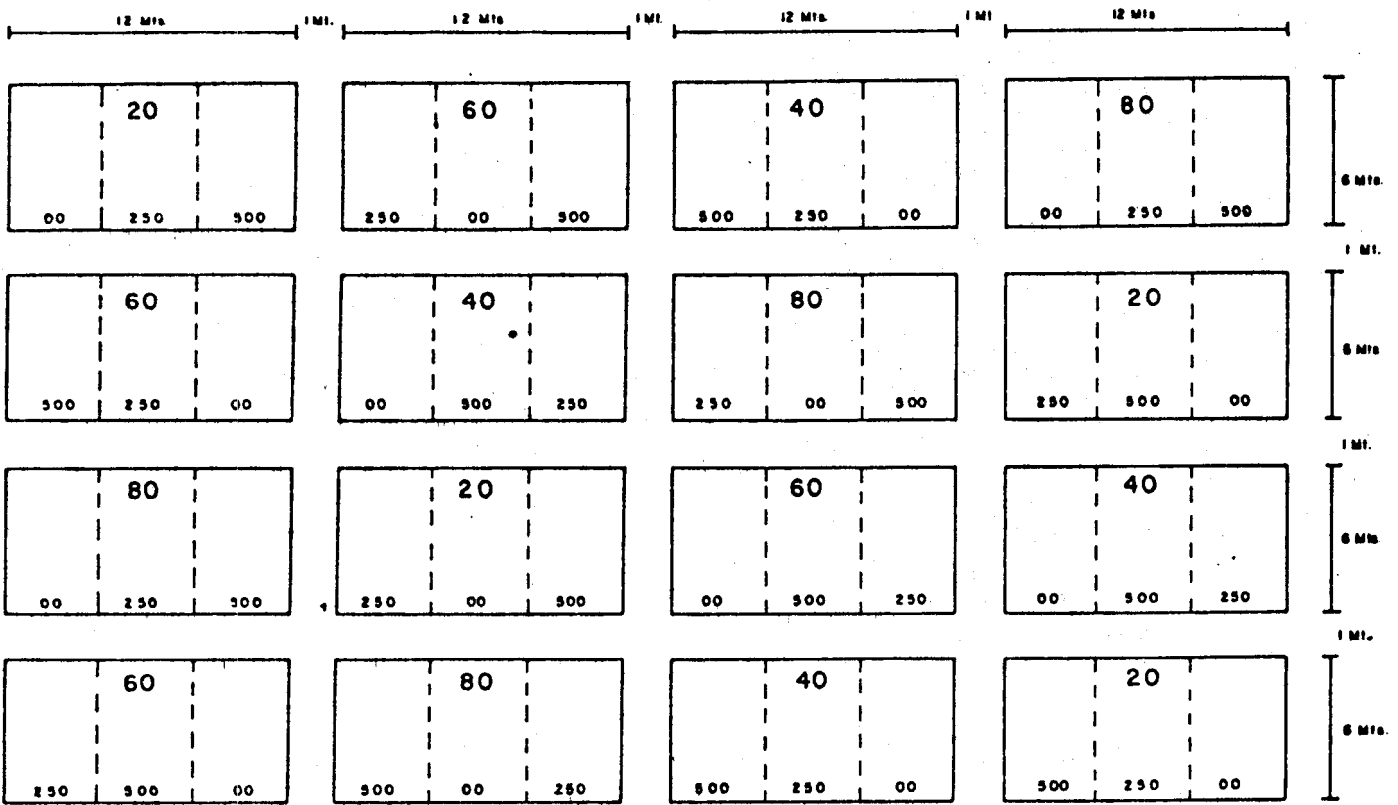
b.2) 250 Kgs/Ha

b.3) 500 Kgs/Ha

Se tuvieron aplicaciones fijas de fósforo de 150 Kgs/Ha para todos los tratamientos y se realizaron cuatro repeticiones.

DISEÑO EN BLOQUES AL AZAR EN PARCELAS DIVIDIDAS
 (4 TRATAMIENTOS CON 4 REPETICIONES)

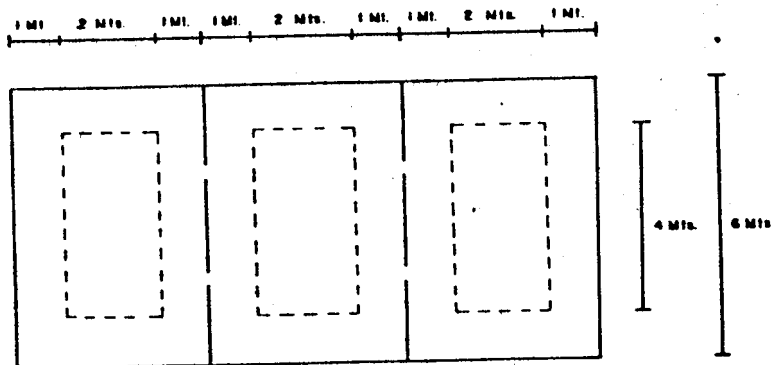
GRAFICA No 3



NUMEROS GRANDES: NIVELES DE HUMEDAD
 NUMEROS PEQUEÑOS: NIVELES DE FERTILIDAD

GRAFICA No. 4

DETALLE DE LA PARCELA DIVIDIDA



5.3 Control de Humedad.

Para el control de las variaciones del contenido de la humedad del suelo se efectuó el muestreo 24 horas antes de cada riego y 24 horas después de efectuado, tomando la muestra de suelo de acuerdo a la profundidad de mayor densidad de raíces (25 cms.).

El método utilizado para determinación de humedad fue el gravimétrico.

5.4 Calendario de Riego.

5.4.1 Láminas de Riego.

De acuerdo a las características físicas y constantes de humedad del suelo, se estimó la lámina de riego neta, mediante la siguiente expresión:

$$Lr = 0 (CC - PMP) \times Da \times Z$$

Donde:

Lr = Lámina de riego neta en cms.

0 = % de humedad aprovechable consumida o flexión de humedad

CC = Capacidad de Campo expresado en % de humedad

PMP = Punto de Marchitez Permanente expresado en % de humedad

Da = Densidad Aparente (gr/Cm³)

Z = Profundidad de mojado en metros

5.4.2 Frecuencia de Riego.

Se estableció la frecuencia de riego para cada uno de los tratamientos, tomando en cuenta el uso consuntivo promedio diario en cada mes que abarcó el experimento, según la siguiente expresión:

$$Fr = \frac{Lr}{UCd}$$

Donde:

Fr = Frecuencia de riego en días

Lr = Lámina de riego en cms.

UCd = Uso Consuntivo Promedio Diario en Cms.

Para poder determinar el intervalo de riego, se tomo el método de ploteo, tomando en cuenta la curva de Uso Consuntivo Acumulado como referencia vrs lámina de riego neto.

Los intervalos de riego pueden observarse en el Cuadro No. 7.

5.4.3 Calendario de Riego

Una vez calculada la lámina de riego (Lr) y la frecuencia de riego (Fr) se calendarizó la aplicación de riego para cada tratamiento, lo cual se tomó como guía en el riego de cada parcela experimental, según lo muestra el cuadro No. 8.

CUADRO No. 7

LAMINA DE RIEGO NETA, FRECUENCIA Y NUMERO DE RIEGOS PROGRAMADOS.

Trata- miento	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			To- tal
	Lr mms	Fr Días	No. Rie- gos	Lr mms	Fr Días	No. Rie- gos	Lr mms	Fr Días	No. Rie- gos	Lr mms	Fr Días	No. Rie- gos	Lr mms	Fr Días	No. Rie- gos	
A	18.4	4	4	18.4	3	8	18.4	2	9	18.4	2	11	18.4	2-3	5	37
B	36.8	9	2	36.8	6	4	36.8	4-5	7	36.8	5	5	36.8	5	2	20
C	55.2	15	2	55.2	9-10	2	55.2	7-8	5*	55.2	8	3	55.2	9	2	14
D	73.6	18	1	73.6	13-16	2	73.6	10	4*	73.6	7-16	3	73.6	13	1	11

*Se hizo un riego más entre el intervalo de 7 días, por comenzar la segunda etapa del experimento para ajustar 5 riegos.

*Incluye el riego general de la segunda etapa del experimento.

5.5 Desarrollo del Trabajo de Campo

5.5.1 Levantamiento Topográfico.

Se efectuó un levantamiento topográfico y se elaboró el plano del lote experimental, para el diseño de las regaderas - que se utilizaron en la aplicación del agua de riego y para efectuar el trazo de las parcelas del lote experimental.

5.5.2 Trazo y Nivelación.

De acuerdo al plano se efectuó el trazo de las parcelas del lote experimental y la nivelación de la regadera que conducirá el agua del canal principal a las parcelas.

5.5.3 El Pasto.

El pasto estaba establecido, por lo que solamente hubo necesidad de equilibrar las densidades de matas por cada parcela.

5.5.4 Fertilización.

Se realizaron cuatro fertilizaciones con diferencia de un mes cada una, aplicando la primera al inicio.

El método de aplicación para el Nitrógeno fue al voleo.

5.5.5 Labores de Cultivo.

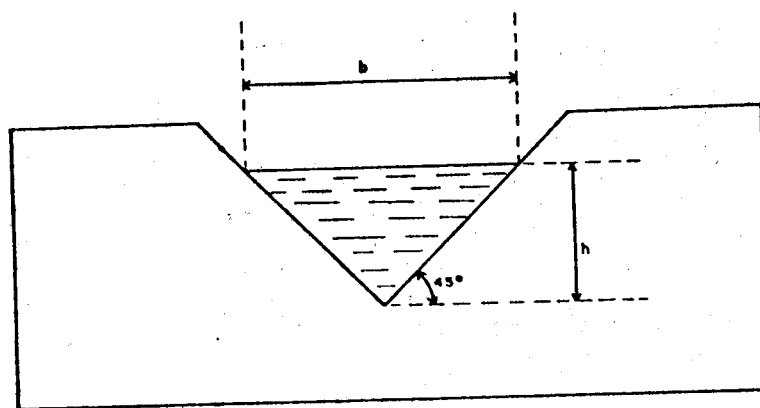
Antes de iniciar el estudio, se realizó un corte de nivelación del pasto Napier, aplicado a ras del suelo. Controlando en forma mecánica las malezas existentes.

5.5.6 Riegos.

Para la ejecución del riego se construyó una acequia en la cabecera del lote experimental. Se derivó y midió el agua de riego por medio del vertedor triangular de Thompson, que aparece en la Gráfica No. 5 (6).

GRAFICA No. 5

VERTEDERO TRIANGULAR DE THOMPSON



$$Q = 1.39 h^{2.5}$$

5.5.6.1 Medición del Agua.

Para medir el agua, se niveló el canal que conducirá el agua del canal principal al lote experimental. El canal tenía dimensiones apropiadas con el fin de que vertedor se interpusiera al paso total del agua y así poder graduar en la abertura de 90° la cantidad de agua que pasaba a una determinada altura del vértice en función de tiempo. Gráfica No. 5.

Para poder calcular dichos caudales en el aforador se hizo uso de la información que se presenta en el Cuadro No. 9.

El caudal para un vertedor está dado por la siguiente fórmula:

$$Q = 1.38 H^{5/2}$$

Donde:

Q = Caudal en mts³/segundo

H = Altura sobre el vértice en metros

Quedando el caudal (Q) en función de altura.

De acuerdo a los volúmenes de agua a aplicar por tratamiento se calcularon los tiempos por cada cantidad de agua, tomando en cuenta las fórmulas siguientes:

$$T = \frac{V}{Q}$$

Donde:

T = Tiempo de aplicación.

V = Volúmenes agua aplicar por tratamiento.

Q. = Caudal de agua en litros/segundo.

CUADRO No. 9

CAUDALES QUE PASAN A TRAVES DE VERTEDEROS TRIANGULARES CON ANGULOS DE 90° EN LTS/SEGUNDO.

Carga en Cms.	Gasto - litros/ Segundo	Carga en Cms.	Gasto - litros/ Segundo	Carga en Cms.	Gasto - litros/ Segundo
3.00	0.22	12.0	6.9	13.9	35.1
3.33	0.28	12.5	7.7	24.0	38.9
3.65	0.34	13.0	8.4	25.0	43.1
4.0	0.45	13.5	9.2	26.0	47.6
4.5	0.60	14.0	10.2	27.0	52.3
5.0	0.80	14.5	11.0	28.0	57.3
5.5	1.0	15.0	12.0	29.0	62.5
6.0	1.2	15.5	13.1	30.0	68.0
6.5	1.5	16.0	14.1	31.0	73.8
7.0	1.8	16.5	15.3	32.0	79.9
7.5	2.2	17.0	16.4	33.0	86.4
8.0	2.5	17.5	17.7	34.0	93.0
8.5	2.9	18.0	18.9	35.0	99.4
9.0	3.4	18.5	20.3	36.0	106.0
9.5	3.8	19.0	21.7	37.0	114.0
10.0	4.4	19.5	23.2	38.0	123.0
10.5	4.9	20.0	24.7	40.0	140.0
11.0	5.5	21.0	38.0	42.0	158.0
11.5	6.2	22.0	31.0	44.0	177.0

5.5.6.2 Volumen a aplicar por tratamiento.

Para el cálculo de agua a aplicar por tratamiento, se tomó en cuenta la lámina de agua aprovechable, en relación a cuatro flexiones de humedad (20% - 40% - 60% - 80%), eficiencia de aplicación y área de las parcelas, utilizándose las siguientes expresiones:

$$\text{Lrn} = \text{UR} \times \text{LHA}$$

Donde:

Lrn = Lámina de riego neta.

UR = % de humedad aprovechable consumida o flexión de humedad aprovechable

LHA = Lámina de humedad aprovechable

Se considerará una eficiencia del 80% para calcular la lámina de riego bruta con la siguiente expresión:

$$\text{Lrb} = \frac{\text{Lrn}}{\text{Ef.}}$$

Donde:

Lrb = Lámina de riego bruta

Ef = Eficiencia de aplicación

El volumen a aplicar se calculó tomando en cuenta el área de cada parcela:

$$\text{V} = \text{A} \times \text{Lrb}$$

V = Volumen de agua a aplicar, por tratamientos en litros.

A = Area de cada parcela en mt.

Lrb = Lámina de riego bruta en mms.

Los resultados son los siguientes:

6. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Número de Riegos Aplicados.

Para la aplicación de los riegos, se tomó como guía el calendario elaborado en base en las estimaciones del consumo de agua del pasto napier y a las características de retención de humedad de los suelos.

Dichos riegos se aplicaron a partir del 15 de enero de 1980, durante un período de 117 días que duró el experimento, y los resultados obtenidos se muestran en el cuadro siguiente:

Tratamiento	No.de Corte	Nivel Mínimo de H.A. %	Flexión de Humedad. %	Número de Riegos aplicados.
A	1			16
	2	80	20	20
				Total 36
B	1			9
	2	60	40	11
				Total 20
C	1			6
	2	40	60	8
				Total 14
D	1			5
	2	20	80	6
				Total 11

Como puede observarse en el cuadro anterior, el número total de riegos está en relación directa con respecto al nivel mínimo de humedad aprovechable que se encuentre en el suelo.

lo al momento de regar, lo cual indica que entre mayor sea el nivel mínimo de humedad aprovechable, mayor será la frecuencia de riego y menor el intervalo entre cada riego. Tomando como base el número de riegos aplicados y el período en el cual se efectuó el ensayo, el intervalo promedio por tratamiento fue el siguiente:

<u>Tratamiento</u>	<u>Intervalo en días</u>
A	3-4
B	5-6
C	8-9
D	10-11

6.2 Láminas de Riego y Lámina Consumida.

De acuerdo a la lámina de agua aprovechable determinada para el suelo donde se realizó el ensayo que fue de 92.1 mm. - se determinó la lámina de riego neta a aplicar en cada trata- - miento y la lámina de riego bruta tomando en cuenta una efi- - ciencia del 80% de aplicación, dichas láminas se presentan en el Cuadro No. 11.

Con las láminas de riego bruta se calculó el volumen de agua a aplicar para cada parcela en cada riego, según el trata- miento, tomando en cuenta que el área por parcela es de 72.2 - mt.². Los resultados se muestran en el Cuadro No. 10.

En los cuadros Nos. 12, 13, 14 y 15 se presentan los re- sultados obtenidos para cada uno de los tratamientos de la lá- mina aplicada y la consumida por el cultivo durante el período del ensayo correspondiente a los meses de Enero, Febrero, Mar- zo Abril, y Mayo, en los cuales se efectuaron dos cortes del pasto.

Un resumen de dichos cuadros se presenta para su discu- sión en el cuadro No. 16.

Tratamientos

Litros/Parcela

A	1656
B	3312
C	4968
D	6624

El caudal de aplicación en función de altura y tiempo para los diferentes tratamientos se encuentran en el Cuadro No. - 10.

CUADRO No. 10

VOLUMEN REQUERIDO POR TRATAMIENTO EN LTS/SEG.

h/cms	Q(lts/seg)	A 1656 minutos	B 3312 minutos	C 4968 minutos	D 6624 minutos
10	4.4	6.27	12.54	18.82	25.09
15	12.0	2.30	4.60	6.90	9.20
20	24.7	1.12	2.23	3.35	4.47
25	43.1	0.64	1.28	1.92	2.56
30	68.0	0.46	0.81	1.22	1.62

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

CUADRO No. 11

LAMINAS A APLICAR EN CADA RIEGO.

Trata- miento	Lámina de Riego Neta mms.	Lámina de Riego Bruta mms.
A	18.4	23.0
B	36.8	46.0
C	55.2	69.0
D	73.6	92.0

CUADRO No. 12

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE AGUA EN EL SUELO EN MILIMETROS.

Tratamiento "A"

PRIMER CORTE

Riego.	Fecha	Período del cultivo en Días -	Lámina Neta Aplicada en mm.	Lámina antes de Riego en mm.	Lámina después de Riego en mm.	Lámina Consumida en mm.	Lámina Consumida /Riego Acumulada
1	15.1.80	1	18.4	68.71	80.27	-	-
2	20.1.80	6	18.4	69.77	85.65	10.50	10.50
3	25.1.80	11	18.4	66.65	82.69	19.00	29.50
4	31.1.80	17	18.4	68.69	84.05	14.00	43.50
5	3.2.80	20	18.4	65.55	90.52	18.50	62.00
6	7.2.80	24	18.4	71.52	96.01	19.00	81.00
7	10.2.80	27	18.4	70.51	83.55	25.50	106.00
8	14.2.80	31	18.4	65.55	95.62	18.00	124.00
9	18.2.80	35	18.4	79.92	88.41	15.70	139.70
10	21.2.80	38	18.4	75.28	96.56	13.13	152.83
11	25.2.80	42	18.4	68.03	85.45	28.53	181.36
12	28.2.80	43	18.4	61.68	76.53	23.77	205.73
13	3.3.80	47	18.4	63.33	90.16	13.20	218.33
14	6.3.80	50	18.4	68.99	82.90	21.17	239.50
15	9.3.80	53	18.4	64.40	78.06	18.50	258.00
16	13.3.80	57	18.4	60.65	70.79	17.41	275.41
	Antes del corte		18.4	53.79	79.40	17.00	292.41
Total			312.8				

SEGUNDO CORTE

1	16.3.80	1	18.4	59.11	74.76		
2	19.3.80	4	18.4	61.50	74.48	13.26	13.26
3	23.3.80	8	18.4	69.77	81.93	4.71	17.97
4	23.3.80	11	18.4	71.42	88.59	10.51	28.48
5	29.3.80	14	18.4	88.54	102.91	10.05	38.53
6	1.4.80	17	18.4	77.68	93.13	25.23	63.76
7	7.4.80	23	18.4	70.72	88.16	22.41	86.17
8	9.4.80	25	18.4	78.44	87.09	9.72	95.89
9	12.4.80	28	18.4	73.72	88.65	13.37	105.26
10	15.4.80	31	18.4	67.88	88.23	20.77	130.03
11	18.4.80	34	18.4	64.13	85.66	24.10	154.13
12	21.4.80	37	18.4	72.69	84.64	12.97	167.10
13	24.4.80	40	18.4	65.34	87.14	19.30	186.40
14	27.4.80	43	18.4	71.69	88.19	15.45	201.85
15	30.4.80	46	18.4	66.55	78.11	21.64	223.49
16	2.5.80	48	18.4	76.21	86.75	11.90	235.39
17	5.5.80	51	18.4	79.77	93.19	6.98	242.37
18	9.5.80	55	18.4	84.70	98.46	8.49	250.86
19	12.5.80	58	18.4	77.40	88.19	21.06	271.92
Total			349.6				

CUADRO No. 13

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE AGUA EN EL SUELO EN MILI-METROS.

Tratamiento "B"

PRIMER CORTE

Riego.	Fecha	Período del cultivo en Días -	Lámina Neta Aplicada en mm.	Lámina antes de Riego en mm.	Lámina después de Riego en mm.	Lámina Consumida en mm. /Riego	Consumida Acumulada
1	15.1.80	1	36.8	62.80	91.81	-	-
2	25.1.80	11	36.8	65.71	88.03	26.10	26.10
3	3.2.80	18	36.8	60.53	80.21	27.50	53.60
4	10.2.80	25	36.8	50.51	92.74	30.70	84.30
5	17.2.80	32	36.8	47.16	71.24	21.50	105.80
6	24.2.80	39	36.8	57.86	96.04	13.38	115.18
7	2.3.80	47	36.8	68.37	78.62	27.67	142.82
8	8.3.80	53	36.8	63.80	98.93	14.82	157.67
9	13.3.80	58	36.8	81.68	101.06	17.25	174.92
	Antes del corte		36.8	76.73	90.10	24.33	199.25
	Total		368.0				

SEGUNDO CORTE

1	16.3.80	1	36.8	76.73	96.95	-	-
2	20.3.80	5	36.8	68.33	89.56	28.62	28.62
3	26.3.80	11	36.8	62.01	90.04	27.55	56.17
4	31.3.80	16	36.8	64.64	90.51	25.40	81.57
5	5.4.80	21	36.8	69.37	87.30	21.14	102.71
6	12.4.80	28	36.8	65.53	88.90	21.77	124.48
7	18.4.80	34	36.8	69.10	91.40	19.80	144.28
8	24.4.80	40	36.8	65.30	89.30	26.10	170.38
9	30.4.80	46	36.8	70.80	92.57	18.50	188.80
10	6.5.80	52	36.8	61.90	87.53	30.67	219.55
11	15.5.80	58	36.8	59.60	80.50	27.93	247.48
	Total		404.8				

CUADRO No. 14

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE AGUA EN EL SUELO EN MILI-METROS.

Tratamiento "C"

PRIMER CORTE

Riego.	Fecha	Período del cultivo en Días -	Lámina Neta Aplicada en mm.	Lámina antes de Riego en mm.	Lámina después de Riego en mm.	Lámina Consumida en mm. /Riego	Consumida Acumulada
1	15.1.80	1	55.22	60.11	90.83	-	-
2	31.1.80	17	55.22	55.22	99.05	35.61	35.61
3	11.2.80	28	55.22	62.52	90.50	36.50	72.11
4	21.2.80	38	55.22	58.29	85.51	32.21	104.32
5	2.3.80	48	55.22	64.43	95.95	21.78	126.10
6	11.3.80	57	55.22	52.01	87.73	43.94	170.04
Antes del corte			55.22	59.05	90.67	28.68	198.72
Total			386.54				

SEGUNDO CORTE

1	16.3.80	1	55.22	59.05	98.87	-	-
2	20.3.80	5	55.22	65.55	98.14	33.32	33.32
3	28.3.80	13	55.22	50.51	70.56	47.63	80.95
4	6.4.80	22	55.22	57.59	93.49	13.17	94.12
5	15.4.80	31	55.22	63.28	95.38	30.21	124.33
6	24.4.80	40	55.22	69.88	93.79	25.50	149.83
7	3.5.80	49	55.22	57.29	80.43	36.50	186.33
8	13.5.80	59	55.22	67.64	96.58	12.79	199.12
Total			441.76				

CUADRO No. 15

VARIACIONES PROMEDIO DE LA LAMINA DE AGUA EN EL SUELO EN MILI-METROS

Tratamiento "D"

PRIMER CORTE

Riego.	Fecha	Período del cultivo en Días -	Lámina Neta Aplicada en mm.	Lámina antes de Riego en mm.	Lámina después de Riego en mm.	Lámina Consumida en mm.	Lámina Consumida /Riego Acumulada
1	15.1.80	1	73.6	61.12	89.31	-	-
2	3.2.80	19	73.6	52.21	83.99	37.10	37.10
3	17.2.80	33	73.6	46.89	78.92	42.20	79.30
4	3.3.80	48	73.6	60.48	97.33	18.44	97.14
5	14.3.80	59	73.6	53.85	86.82	43.48	141.22
	Antes del corte		73.6	71.96	88.41	14.86	156.08
	Total		441.6				

SEGUNDO CORTE

1	16.3.80	1	73.6	71.96	96.91	-	-
2	25.3.80	10	73.6	59.43	96.16	37.48	37.48
3	6.4.80	22	73.6	66.37	98.33	29.79	67.27
4	14.4.80	30	73.6	65.55	96.21	32.78	100.05
5	30.4.80	46	73.6	55.50	98.31	40.71	140.76
6	13.5.80	59	73.6	52.56	93.40	40.84	186.51
	Total		441.6				

CUADRO No. 16

RESUMEN DEL NUMERO DE RIEGOS, LAMINA NETA APLICADA, LAMINA CONSUMIDA POR CORTE Y TOTAL.

Tratamiento	Número de Cortes	Número de Riegos	Lámina Neta Total Aplicada en mms.	Lámina Total Consumida en mms.
A	1	16	294.4	292.41
	2	19	349.6	271.92
	Total	35	644.0	564.33
B	1	9	331.2	199.3
	2	11	404.8	247.5
	Total	20	736.0	446.8
C	1	6	331.3	198.7
	2	8	441.8	199.1
	Total	14	773.1	397.8
D	1	5	368.0	156.1
	2	6	441.6	186.5
	Total	11	809.6	342.6

Al hacer el análisis del cuadro anterior se puede observar que a medida que fue mayor el número de riegos, mayor fue la lámina total consumida por el cultivo. En el tratamiento "A" (el más húmedo) para un número de 36 riegos, la lámina total consumida fue de 564.3 mms. disminuyendo a medida que fueron menores los totales de los otros tratamientos, de manera que en el tratamiento "D" que fue el más seco o sea con un umbral de riego mayor, el número total de riegos fue de 11 y la lámina consumida fue de 342.6 mms. Esto se explica, ya que en

tre mayor humedad existió en el suelo, mayor desarrollo se obtuvo en la planta, lo que motivó mayor consumo de agua por un lado y por el otro las láminas aplicadas en cada riego fueron más grandes para los tratamientos con un umbral de riego mayor lo cual posiblemente motivó que hubiera pérdida por percolación en el suelo hasta profundidades fuera de la influencia del desarrollo radicular de la planta. Esto indica también que entre más fraccionada se aplique la lámina de requerimiento de riego, mayor eficiencia se obtendrá en el aprovechamiento del agua aplicada, pero se tiene el inconveniente de que se incrementa el número de riegos, lo cual hace que al considerar los costos de aplicación se tenga que optar por aplicaciones menos frecuentes.

6. Producción Obtenida.

Durante el ensayo se efectuaron dos cortes, el primero en marzo y el segundo en mayo; pesándose el material verde de cada una de las parcelas y subparcelas. En forma separada los cortes se realizaron en los 8 metros cuadrados de cada subparcela útil en cada tratamiento, los resultados se muestran en los cuadros Nos. 17, 18 y 19, donde se reporta el rendimiento de materia seca, proteína y materia verde por corte y promedio por hectárea.

CUADRO No. 17

PRODUCCION DE MATERIA SECA EN TONELADAS/HECTAREA.

Nivel de Fertilidad. No. Kgs/Ha.-	No. de Cor _{te} .	Nivel Humedad (% de Flexión)				
		20	40	60	80	\bar{x}
000	1	3.39	3.27	3.82	4.64	4.96
	2	6.59	5.49	7.46	5.02	
	Total	9.88	8.76	11.28	9.66	
250	1	5.55	4.36	7.46	6.65	6.74
	2	8.53	8.82	6.94	5.61	
	Total	14.08	13.18	14.40	12.26	
500	1	8.93	6.40	7.98	10.38	8.75
	2	8.28	9.60	9.65	8.77	
	Total	17.21	16.00	17.63	19.15	
\bar{x}		6.88	6.32	7.22	6.84	

CUADRO No. 18

PRODUCCION DE PROTEINA EN KILOGRAMOS/HECTAREA.

Nivel de Fertilidad. No. Kgs/Ha.-	No. de Corte.	Nivel Humedad (% de Flexión)				
		20	40	60	80	\bar{x}
000	1	140	163.33	271.66	265	288.12
	2	533.33	296.66	415.00	220	
	Total	673.33	459.99	686.66	485	
250	1	388.33	275.0	558.33	496.66	436.45
	2	536.66	353.33	456.66	426.66	
	Total	924.99	628.33	1014.99	923.32	
500	1	520.00	376.66	573.33	823.33	537.08
	2	300.00	555.00	688.33	460.00	
	Total	820.00	931.66	1261.66	1283.33	
\bar{x}		403.05	336.66	493.88	448.61	

CUADRO No. 19

PRODUCCION DE MATERIA VERDE EN TONELADAS/HECTAREA.

Nivel de Fertilidad. No. Kgs/Ha.-	No. de Corte.	Nivel Humedad (% de Flexión)				
		20	40	60	80	\bar{x}
000	1	19.09	19.17	16.51	15.30	23.96
	2	34.09	27.27	32.20	28.03	
	Total	53.18	46.44	48.71	43.33	
250	1	26.14	28.79	30.30	29.17	34.19
	2	43.56	39.39	40.53	35.61	
	Total	69.70	68.18	70.83	64.78	
500	1	42.42	30.68	35.60	43.94	45.93
	2	51.55	48.86	52.65	61.74	
	Total	93.97	79.54	88.25	105.68	
\bar{x}		36.14	32.36	34.63	35.63	

6.4 Resultados Estadísticos

El análisis estadístico se efectuó a través del modelo establecido anteriormente para el diseño experimental en bloques al azar en parcelas divididas, utilizando los datos reportados en los Cuadros Nos. 17, 18 y 19, correspondientes a los dos cortes efectuados y cuyos resultados tanto de materia verde como de materia seca se presentan en toneladas por hectárea. En cuanto a proteína, se reportan los resultados en kilogramos por hectárea. Al analizar dichos cuadros el rendimiento de materia seca fue mayor en la flexión del 60% y en el nivel de fertilidad de 500 Kgs. de N por hectárea.

En cuanto a producción de materia verde, el rendimiento fue mayor donde se aplicó más cantidad de riegos, Tratamiento "A", o sea el más húmedo (36.14 Ton/Ha. en forma combinada los dos cortes); en el nivel de nitrógeno también se obtuvo mayor rendimiento en la aplicación de 500 Kgs. de N por hectárea (8.75 Ton/Ha.) como promedio de los tratamientos.

En proteína el tratamiento de 60% de flexión de humedad fue el de mayor rendimiento y también el nivel de 500 Kgs. N/Ha como puede observarse en el Cuadro No. 18.

En la producción de materia seca y proteína no parece ser tan importante el aplicar el riego más frecuente, ya que el mayor rendimiento se obtuvo en el rango intermedio de humedad. Sin embargo, en la producción de materia verde el aplicar riegos más seguido aumentó el rendimiento; observar Cuadro No. 19.

En la fertilización, tanto en la producción de materia seca, materia verde y proteína se obtuvo un incremento significativo a medida que se incrementó el nitrógeno, siendo más significativo en el incremento de materia verde.

Los resultados del análisis de varianza se muestran a continuación:

CUADRO No. 20

PRODUCCION DE MATERIA VERDE DE NAPIER.

FV	GL	1er Corte		2do Corte	
		Fc	Fc	Ft	
Niveles de Humedad	3	0.287	0.433	3.86	NS
Repeticiones	3				
Error (a)	9				
Parcela Grande	15				
Niveles de Nitrógeno	2	44.43	42.44++	3.40	
Interacción (NxH)	6	1.96	1.59	2.53	NS
Error (b)	24				
Total	47				

La producción de materia verde en el primer y segundo corte, resultó ser significativo estadísticamente a niveles de fertilización; mientras los niveles de humedad y los de interacción no resultaron ser significativos, según se observa en el cuadro anterior.

En la prueba de Tukey la significancia que presentan los niveles de fertilización, demuestra que el nivel de 500 Kgs. de N/Ha/año, presentó ser el de mayor importancia, seguido por 250 Kgs. de N/Ha/año. De acuerdo a los análisis de regresión, dicha relación entre niveles fue lineal o sea que entre más nitrógeno apliquemos mayor producción de materia verde obtendremos.

CUADRO No. 21

PRODUCCION DE MATERIA SECA DE NAPIER.

FV	GL	1er Corte-2do Corte				NS
		Fc	Fc	Fc	Ft	
Niveles de Humedad	3	2.75	1.64	0.388	3.86	NS
Repeticiones	3					
Error (a)	9					
Parcela Grande	15					
Niveles de Nitrógeno	2	47.77	18.50	39.22++	3.40	
Interacción (NxH)	6	1.68	2.39	0.675	2.53	NS
Error (b)	24					
Total	47					

De acuerdo al resultado anterior, se deduce que la variación debida a niveles de humedad e interacción(NxH), en la producción de materia seca en el primer y segundo corte no fue significativa estadísticamente; sin embargo, si se encontró variación significativa ($P < 0.05$) debido a la aplicación de nitrógeno.

En los dos cortes, la materia seca aumentó cuando las cantidades de nitrógeno se hicieron mayores.

En la prueba de Tukey se pudo comprobar que la aplicación de 500 Kgs. de N/Ha/año dominó ante los 250 y 0 Kgs. de N/Ha/año. Resultando una respuesta altamente significativa a las aplicaciones de nitrógeno.

CUADRO No. 22

PRODUCCION DE PROTEINA DE NAPIER.

FV	GL	1er Corte	2do Corte	Fc	Ft
		Fc	Fc		
Niveles de Humedad	3	6.51++	4.06++	3.25	3.86
Repeticiones	3				
Error (a)	9				
Parcela Grande	15				
Niveles de Nitrógeno	2	47.42++	21.32++	39.17	3.40
Interacción (NxH)	6	2.56+	7.71++	2.53	2.51
Error (b)	24				
Total	47				

La producción de proteína en el primer y segundo corte resultó ser significativo estadísticamente en los niveles de humedad, niveles de fertilización y a la interacción (NxH) como lo muestra el análisis anterior.

Fue importante hacer una combinación de los dos cortes, en la variación de producción de proteínas ya que en los análisis individuales de regresión resultaron ser diferentes. En la combinación solamente los niveles de nitrógeno y la interacción resultaron ser significativos estadísticamente.

En cuanto a la interacción fue importante hacer la Prueba de Diferencia Mínima de Significancia (DMS) para comprobar que nivel de humedad y nivel de fertilización resultó ser el de mayor importancia, las interacciones de 500 Kgs de N/Ha/año con la flexión del 80% y 500 Kgs. de N/Ha/año con la fle-

xión del 60% de humedad, se comportaron estadísticamente iguales ($P < 0.05$) comprobando así que dichas interacciones presentaron las mayores producciones.

A continuación se presentarán dichas relaciones, de acuerdo al análisis de Diferencia Mínima de Significancia:

ANÁLISIS DE LA DIFERENCIA MINIMA DE SIGNIFICANCIA EN CUANTO A LA INTERACCION DE NIVELES DE FERTILIDAD Y FRECUENCIAS DE RIEGO.

<u>Combinación de Tratamientos</u>		<u>Media</u>
Niveles de Fertilización.	Niveles de Humedad.	
500	80	0.9625-----a
500	60	0.9475-----a
250	60	0.7625-----b
500	40	0.6975-----bc
250	20	0.6950-----bc
250	80	0.6925-----bc
500	20	0.6175-----bcd
000	60	0.5175-----cde
250	40	0.4725-----de
000	40	0.4100-----e
000	20	0.3725-----e
000	80	0.3650-----e

6.5 Rendimiento Comparado con Consumo de Agua.

En el Cuadro No.23 se presenta la producción de materia verde en toneladas por hectárea y el agua consumida en metros cúbicos por tonelada de forraje. Aunque en el análisis estadístico no se mostró significancia en el tratamiento de riego, es importante analizar estos resultados y observar la tendencia que a medida que se incrementó la fertilización de nitrógeno

no se obtuvo mayor rendimiento de forraje por metro cúbico de agua aplicada, es decir, que por cada tonelada de pasto producido se empleó menor cantidad de agua; siendo los tratamientos más secos con mayor flexión de humedad los más eficientes en el uso del agua.

Los niveles de fertilización sí presentaron significan-
cia estadística, lo que indica que hubo respuesta a la aplica-
ción de Nitrógeno.

Al igual que en materia verde, la misma tendencia se ob-
tuvo en los resultados de producción de materia seca que se -
presentan en el Cuadro No. 24.

En el Cuadro No. 25 se presenta la producción de proteí-
na y el consumo de agua en metros cúbicos por kilogramo, en -
donde se puede observar y confirmar los resultados estadísti-
cos obtenidos en cuanto a niveles de humedad con el 60, 80% de
flexión y 500 Kgs. de nitrógeno por hectárea, los cuales son -
los más eficientes en la producción de proteína por cada metro
cúbico de agua consumida.

CUADRO No. 23

PRODUCCION DE MATERIA VERDE EN DOS CORTES/TONELADA POR HECTAREA Y AGUA CONSUMIDA EN M³/TONELADA.

Nivel de Fertilidad	Nivel de Humedad	Ton/Ha en dos Cortes	Lámina Consumida	Mt ³ /Ton.
000	A	53.180	564.33	106.12
	B	46.440	446.73	96.19
	C	48.710	397.84	81.65
	D	43.330	342.59	79.06
250	A	69.700	564.33	80.96
	B	68.180	446.73	65.52
	C	70.830	397.84	56.17
	D	64.780	342.59	52.88
500	A	93.970	564.33	60.05
	B	79.540	446.73	56.16
	C	88.250	397.84	45.08
	D	105.710	342.59	32.40

CUADRO No. 24

PRODUCCION DE MATERIA SECA EN DOS CORTES EN TONELADA POR HECTAREA Y CONSUMO POR TONELADA.

Nivel de Fertilidad	Nivel de Humedad	Ton/Ha en dos Cortes	Lámina Consumida mm.	Mt ³ /Ton
000	A	9.980	564.33	565.16
	B	9.760	446.73	457.04
	C	11.280	397.84	352.69
	D	9.660	342.59	354.64
250	A	14.080	564.33	400.80
	B	13.180	446.73	338.95
	C	14.400	397.84	276.28
	D	12.260	342.59	279.44
500	A	17.210	564.33	327.91
	B	16.000	446.73	279.21
	C	17.630	397.84	225.66
	D	19.150	342.59	178.89

CUADRO No. 25

PRODUCCION DE PROTEINA EN DOS CORTES EN KILOGRAMOS POR HECTAREA Y CONSUMO DE AGUA EN M³/Kg.

Nivel de Fertilidad	Nivel de Humedad	Kgs/Ha en dos Cortes	Lámina Consumida	Mt ³ /Kgs.
000	A	673.3	564.33	8.38
	B	459.99	446.73	9.71
	C	686.66	397.84	5.79
	D	485.00	342.59	7.06
250	A	924.99	564.33	6.10
	B	628.33	446.73	7.11
	C	1014.99	397.84	3.91
	D	923.32	342.59	3.71
500	A	820.00	564.33	6.88
	B	931.66	446.73	4.79
	C	1261.66	397.84	3.15
	D	1283.33	342.59	2.67

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Bajo las condiciones donde se efectuó el presente estudio se concluye y recomienda lo siguiente:

1. Que la aplicación de riego en Pasto Napier en frecuencias a intervalos cortos permite las existencias de niveles altos de humedad en el suelo, disminuyéndose la eficiencia de utilización del agua.
2. Que la respuesta del Pasto Napier a los niveles de nitrógeno aplicados (0, 250 y 500 Kgs/Ha/año) fue lineal, para la producción de materia verde, materia seca y proteína, comportándose superior al nivel mayor.
3. Que los niveles de humedad del 60 y 80% de flexión se comportaron superiores para la producción de materia verde, materia seca y proteína en presencia del nivel de 500 Kgs. de N/Ha/año.
4. Que la producción de cada tonelada de materia verde de Pasto Napier requiere de 32-45 mts.³ de agua, en presencia de 500 Kgs. N/Ha/año y flexión de 60 y 80%.

La producción de materia seca requiere de 179 a 225 Mt³ de agua por tonelada. Mientras que la producción de proteína requiere de 2.7 a 3.1 Mt³ de agua por kilogramo de proteína cruda, bajo 500 Kgs. de N/Ha/año.

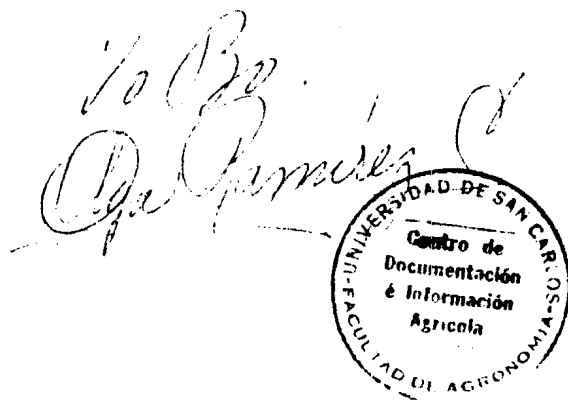
5. Por los resultados obtenidos se recomienda utilizar frecuencias de riego entre 8-11 días con cantidades de 690 a 920 metros cúbicos de agua por hectárea, con presencia de 500 Kgs. de N/Ha/año.

6. Se recomienda realizar estudios que involucren la determinación de eficiencias económicas del uso del agua, en los distritos de riego para la producción de pasto.

8. BIBLIOGRAFIA

1. CASTRO MAGAÑA, M. Consumo de agua para el cultivo del maíz (Zea mays) en la Unidad de Riego el Tempis - que. Tesis Ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 58 p.
2. CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Resúmenes analíticos sobre pastos tropicales. Colombia, Centro de información sobre pastos tropicales, 1979. 444 p.
3. CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO DE AGUA Y TIERRA - -CIDIAT- Investigaciones sobre niveles de humedad y régimen de riego, metodología experimental. Apuntes técnicos No. 9. 1978. 13 p.
4. FRANCO CORDON, F. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca y proteína del pasto napier (Pennisetum purpureum) en el trópico seco de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. pp. 2-4.
5. GONZALEZ, O. Estimación de requerimientos de riego en Guatemala. Tesis Mag. en Riego y Drenajes. Chapingo, México, Colegio Nacional de Post-graduados, Escuela de Agricultura, 1974.
6. GRANADOS, H. Métodos modernos de riego de superficie. 2a. ed. Madrid, Editorial Aguilar, 1971. pp. 179.
7. GUERRERO, R. FASSBENDER, H.W. y BLYDENSTEIN, J. Fertilización del pasto elefante (Pennisetum purpureum) en Turrialba, Costa Rica. I. Efecto de dosis crecientes de nitrógeno. Turrialba 20(1):53 - 58, 1970.
8. GUATEMALA. DIRECCION DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Cuánto, cuándo y cómo regar. Guatemala, 1976 pp. - 1-30 (Memorandum Técnico No. 4.)

9. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Registros climáticos. Guatemala, 1979. pp. 138.
10. HERRERA, P.G. y LOTERO, C.J. El pasto elefante. Colombia, Instituto Colombiano Agropecuario, Departamento de Agronomía, 1971.
11. HUGUES, H.D., HEATH, M.E. y METCALFE, D.S. Forrajes, la ciencia de la agricultura basada en la producción de pastos. 2a. ed. Traducido por José Luis de la Loma. México, Compañía Editorial Continental, 1980. pp. - 435-655.
12. MORA, RAZURA, J., HERRERA, M.T. y TRUJILLO, F.V. Cómo, cuándo pastorear. México, Dirección General de Distritos y Unidades de Riego. Memorandum técnico No. 382, 1978. pp. 167-168.
13. RODRIGUEZ, CARLOS A. Pasto Napier. Guatemala, Ministerio de Agricultura, 1978. 12 p.
14. RODRIGUEZ POLANCO, A. Respuesta a tres frecuencias de corte y cuatro niveles de fertilización nitrogenada del pasto napier (*Pennisetum purpureum*) en el Valle de Asunción Mita. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1978. pp. 9-10.
15. SEMPLE, A.T. Avance en pasturas cultivadas y naturales. Buenos Aires, Centro Regional de Ayuda Técnica, 1974.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

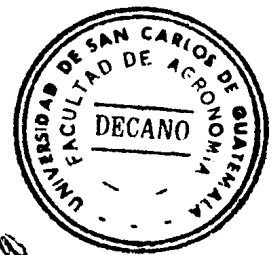
Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia _____
Asunto _____

"IMPRIMASE"



Carlos Orlando Arjona

ING. AGR. CARLOS ORLANDO ARJONA
DECANO EN FUNCIONES