

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CHAPINGO, MEXICO

**EFFECTO DE LA SEVERIDAD Y FRECUENCIA
DE DEFOLIACION SOBRE LA PRODUCCION
DE FORRAJE, PESO DE LA RAIZ Y
CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES
TOTALES EN ESPECIES FORRAJERAS
TROPICALES**

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN PRODUCCION ANIMAL
P R E S E N T A :

JUAN BECERRA BECERRA

1989



0

22744

UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

CHAPINGO MEXICO

MAESTRIA EN PRODUCCION ANIMAL

EFFECTO DE LA SEVERIDAD Y FRECUENCIA DE DEFOLIACION SOBRE LA
PRODUCCION DE FORRAJE, PESO DE LA RAIZ Y CARBOHIDRATOS
NO ESTRUCTURALES TOTALES EN ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES

TRABAJO DE TESIS QUE PRESENTA EL C. JUAN BECERRA B.
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN CIENCIAS EN EL AREA DE PRODUCCION ANIMAL.

Autor JUAN BECERRA BECERRA

Director J. CARLOS AVENDANO MONTERO

NOVIEMBRE 1989

ESTE TRABAJO FUE REALIZADO BAJO LA DIRECCION DEL M.C.
J. CARLOS AVENDANO MONTERO Y REVISADA POR EL JURADO,
COMO UN REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCION ANIMAL CON
ESPECIALIDAD EN FORRAJES.

PRESIDENTE:

M. C. JUAN CARLOS AVENDANO MONTERO

SECRETARIO:

PH. D. PEDRO ARDUO MARTINEZ

VOCAL:

M. Sc. MAXIMINO MUERTI

SUPLENTE:

M. C. ARTURO L. LAGUNA REYES

SUPLENTE:

PH. D. GUA VERTO RAFAEL

INDICE.

	Pagina
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	2
2.1 Panicum maximum (Guinea).....	2
2.2 Hyparrhenia rufa (Jaragua).....	2
2.3 Neonotonia wightii (Glycine).....	3
2.4 Centrosema pubescens (Centro).....	4
2.5 Producción de forraje.....	5
2.5.1 Altura de corte.....	5
2.5.2 Intervalo entre cortes.....	5
2.6 Crecimiento de la raiz.....	6
2.6.1 Factores que afectan el crecimiento de la raiz	6
2.6.1.1 Factores genéticos y fenología.....	7
2.6.1.2 Factores ambientales.....	7
2.6.1.3 Defoliaciones.....	8
2.6.1.4 Concentración de oxígeno y dióxido	
de carbono.....	8
2.6.1.5 pH del suelo.....	9
2.6.1.6 Temperatura del suelo.....	9
2.6.1.7 Fertilidad del suelo.....	9
2.6.1.8 Humedad del suelo.....	9
2.7 Los carbohidratos de reserva	10
2.7.1 Importancia de los carbohidratos no	
estructurales totales en la planta.....	10
2.7.2 Factores que afectan el contenido de carbohi-	
dratos no estructurales totales de la planta.	11
2.7.2.1 Variaciones diurnas y estacionales	11
2.7.2.2 Temperatura del suelo.....	11
2.7.2.3 Temperatura del aire y luminosidad	11
2.7.2.4 Riego y fertilización.....	12
2.7.2.5 Severidad de corte.....	12
2.7.2.6 Frecuencia de corte.....	13
2.7.3 Niveles de carbohidratos no estructurales	
totales después de la defoliación.....	13

3	MATERIALES Y METODO.....	14
	3.1 Localización.....	14
	3.2 Clima.....	14
	3.3 Suelo.....	14
	3.4 Especies.....	14
	3.5 Tratamientos y metodología.....	14
	3.5.1 Experimento 1 PRODUCCION DE FORRAJE.....	15
	3.5.2 Experimento 2 PESO DE LA RAIZ.....	15
	3.5.3 Experimento 3 CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES TOTALES EN LA RAIZ.....	15
	3.5.4 Análisis estadístico.....	16
4	RESULTADOS Y DISCUSION.	17
	4.1 Producción de forraje.....	17
	4.1.1 Altura de corte.....	19
	4.1.2 Interacción especie por altura	19
	4.1.3 Número de corte	24
	4.1.4 Intervalo entre cortes.....	28
	4.2 Peso de la raíz.....	28
	4.2.1 Altura de corte	30
	4.3 Carbohidratos no estructurales totales en la raíz	34
	4.3.1 Altura de corte.....	34
	4.3.2 Niveles de carbohidratos no estructurales totales después de la defoliación	39
5	CONCLUSIONES.....	41
6	BIBLIOGRAFIA.....	41
7	RESUMEN.....	49

INDICE DE CUADROS

	Página
CUADRO 1 Rendimiento de forraje en cuatro especies tropicales bajo condiciones de invernadero.....	18
CUADRO 2 Rendimiento de forraje de especies tropicales en condiciones de invernadero y con tres alturas de corte	20
CUADRO 3 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 15 días a tres alturas de corte.....	22
CUADRO 4 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 30 días a tres alturas de corte.....	22
CUADRO 5 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 45 días a tres alturas de corte.....	23
CUADRO 6 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 60 días a tres alturas de corte.....	23
CUADRO 7 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en <u>Panicum maximum</u> (guinea)..	26
CUADRO 8 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en <u>Hyparrhenia rufa</u> (jaragua) ..	26
CUADRO 9 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en <u>Neonotonia wightii</u> (glycine).	27
CUADRO 10 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en <u>Centrosema pubescens</u> (centro)	27
CUADRO 11 Rendimiento de forraje en especies tropicales con diferentes intervalos de cosecha	29
CUADRO 12 Peso de la raíz en especies tropicales, promedio de la altura y frecuencia de corte.....	29
CUADRO 13 Efecto de la frecuencia de corte en el peso de la raíz de especies tropicales.....	29
CUADRO 14 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 15 días y diferentes alturas de corte	32
CUADRO 15 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 30 días y diferentes alturas de corte	32

CUADRO 16	Peso de la raiz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 45 días y diferentes alturas de corte	33
CUADRO 17	Peso de la raiz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 60 días y diferentes alturas de corte	33
CUADRO 18	Contenido de CNET (%) en la raiz de especies tropicales con diferentes frecuencias de defoliación bajo condiciones de invernadero.....	35
CUADRO 19	Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET (%) en la raiz de <u>Panicum maximum</u> (guinea).....	37
CUADRO 20	Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET (%) en la raiz de <u>Hyparrhenia rufa</u> (jaragua).....	37
CUADRO 21	Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET (%) en la raiz de <u>Neonotonia wightii</u> (glycine).....	38
CUADRO 22	Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET (%) en la raiz de <u>Centrosema pubescens</u> (centro).....	38

INDICE DE CUADROS

FIGURA 1.	Efecto de la altura de corte sobre el contenido de CNET (%) de la raiz de cuatro especies tropicales....	35
FIGURA 2.	Variaciones en el contenido de CNET (%) en la raiz de cuatro especies tropicales durante el rebrote.....	40

1 INTRODUCCION:

En cualquier pradera perenne, la longevidad de las plantas es un factor importante en la producción, asimismo, el uso cada vez mas intensivo de las especies forrajeras exige un conocimiento mayor de las respuestas fisiológicas a los factores ambientales, principalmente aquellos que pueden ser modificados con un adecuado manejo como: niveles de fertilización, control de plagas y severidad de defoliación. La severidad de defoliación expresada como altura y frecuencia de corte, es uno de los factores más importantes por el efecto directo que tiene sobre los carbohidratos no estructurales totales (CNET), los cuales han sido identificados como la fuente inicial de energía para la respiración y desarrollo del rebrote en la planta después de la defoliación (Buwai y Trlica, 1977). Asimismo, estos CNET son utilizados cuando la tasa respiratoria excede a la fotosíntesis, sin embargo, la pérdida continua de los CNET ocasiona menor vigor en la planta para soportar condiciones adversas del medio, propiciando la desaparición de la pradera (Booyser y Nelson, 1975).

El almacenamiento de CNET ocurre inicialmente en toda la planta, sin embargo existen zonas específicas como raíz, rizomas y base de tallos, donde se almacena la mayor cantidad, de esta forma, los cortes muy bajos y frecuentes reducen los CNET (Vázquez, 1978).

En explotaciones intensivas de forraje es necesario un adecuado sistema de manejo que permita efectuar las defoliaciones sin causar daños severos a la planta.

Con el objeto de conocer más la respuesta de las plantas a la defoliación se planteó el presente trabajo con el siguiente objetivo.

Determinar el efecto de la altura de corte sobre el contenido de carbohidratos no estructurales totales, peso de la raíz y producción de forraje en dos gramíneas forrajeras tropicales (Panicum maximum Jak var.común e Hyparrhenia rufa Nees Stap) y dos leguminosas (Neonotonia wightii Verd y Centrosema pubescens Benth) cortadas a diferentes frecuencias.

La hipótesis que se plantea en este trabajo es que las mayores severidades de defoliación con los menores intervalos entre cortes reducen la producción de forraje, peso de la raíz y niveles de carbohidratos no estructurales totales en la raíz,

2 REVISION DE LITERATURA:

2.1 Panicum maximum (Guinea).

Pasto perenne, erecto de 0.5 a 4.5 m de altura, sus tallos pueden tener de 3 a 15 nudos, sus hojas son lineales, lanceoladas de 15 a 100 cm X 35 mm de largo y ancho respectivamente, su panícula es de 15 a 60 cm de longitud por 25 cm de ancho, es nativa de Africa tropical y subtropical, se encuentra desde el nivel del mar a 1,800 m de altura (Bogdan, 1978). Crece en climas cálidos, tropicales libres de heladas (Jones et al, 1969), algunas variedades pueden crecer en climas semiáridos con precipitación anual de 650 a 1000 mm, se adapta a muchos tipos de suelo, sin embargo, prefieren los francos o franco arenosos y no tolera los arcillosos con prolongados periodos de inundación.

Es un pasto ampliamente valorado por su productividad, palatabilidad y persistencia, se establece por semilla o métodos vegetativos y puede pastorearse 3-4 meses después de la siembra, puede ser asociado con Centrosema pubescens y Neonotonia wightii con resultados satisfactorios (Grof y Harding, 1970). Existe mucha información acerca de las producciones de forraje obtenidas, estas van desde 4 a 50 ton ms/ha/año o 15 a 226 ton de forraje verde/ha/año, sin embargo las producciones más realistas estan entre 4 y 12 ton ms/ha/año (Bogdan, 1978). Numerosos análisis de proteína cruda muestran un rango de 4 a 12%, en base seca, sin embargo, existen otros reportes de 22.6, 12.4 y 8.5 % para 4, 8 y 32 semanas de edad en el forraje (Gomide et al, 1969).

Aproximadamente seis días después de emergida la panícula las espiguillas comienzan a florear y a los 15 días ha floreado entre el 45-50% (Javier, 1970), su temperatura óptima de crecimiento es de 38 °C (Ludlow y Wilson, 1971).

2.2 Hyparrhenia rufa (Jaragua).

Pasto perenne algunas veces anual, erecto, amacollado, tallos de 0.3 a 2.5 m de altura, hojas de 30 a 60 cm de largo por 2.8 mm de ancho, racimos de 2.25 cm de longitud, con racimos pares y espiguillas de 3-5 mm de longitud.

Esta especie es común en Africa tropical y muy ampliamente cultivada en América Central, en países como México, Cuba, Colombia, Nicaragua y Brasil constituye parte importante de los pastizales, crece en zonas de hasta 1800 msnm y en áreas relativamente secas (Bogdan, 1978). Se establece normalmente por semilla en línea cada 25-40 cm, pueden ser cortado para ensilar, sin embargo, lo más común es el pastoreo, que generalmente no se recomienda a menos de 30 cm, soporta las quemas, pero la semilla no sobrevive al fuego, en América crece normalmente en praderas puras, pero en Uganda es cultivado experimentalmente con Stylosanthes guianensis y Centrosema pubescens.

Su rango de producción es de 3 a 13 ton ms/ha/año en temporal y con riego respectivamente. Asimismo, el rango promedio de proteína y de 3-15%, y algunos reportes en Costa Rica señalan un promedio de 7.4% y en época de sequía puede llegar a 1.4% (Bogdan, 1978).

2.3 Neonotonia wightii (Glycine).

Pertenece al subgénero Glycine, de origen africano y actualmente se encuentra distribuido en la mayoría de los países con clima tropical, es una planta rastrera o trepadora cuando crece asociada a plantas erectas, sus tallos pueden alcanzar hasta 4.5 m de largo, sus hojas son ovaladas o elípticas con pelos en el envés, miden 1.5 a 15 cm X 1 a 2 cm de largo y ancho respectivamente, tiene inflorescencia en racimos de 20 a 150 flores de 4.5 a 11 mm, blancas o azul malva o blancas con manchas color malva, sus vainas son lineales ligeramente curvas de 1.5 a 3.5 cm de largo por 2.5 a 5 mm de ancho y con alta densidad de pelos, la semilla mide 2-4 mm de longitud.

Es razonablemente resistente a la sequía, puede vivir en regiones con precipitación anual de 700 mm, y no prospera bien en climas húmedos con más de 3000 mm (Grof y Harding, 1970), sin embargo, soporta periodos cortos de inundación.

El óptimo de crecimiento fue observado a temperaturas día/noche 30/25 °C y bajo condiciones de inviernos subtropicales detiene su crecimiento cuando las temperaturas bajan a 10-15 °C.

Las mejores producciones se han observado en suelos con un adecuado balance de nutrientes y preferentemente pesados, tiene bajo nivel de tolerancia al aluminio, manganeso y requiere molibdeno tal vez más que otras especies, tiene moderada tolerancia a suelos salinos y esta se incrementa con la fertilización nitrogenada, su pH óptimo es 6.1 a 6.5.

Se siembra por semilla de 5 a 10 kg/ha, distribuidas en surcos o líneas cada 40 o 100 cm con 1.3 cm entre semillas y puede emplearse algún método de escarificación para acelerar el establecimiento.

Es moderadamente selectivo al Rhizobium, los nódulos aparecen 24-32 días después de la siembra y la fijación de nitrógeno es baja al inicio cuando los nódulos pueden ser descoloridos, por ello es recomendable aplicar pequeñas cantidades de N a la siembra.

Crece satisfactoriamente asociados a gramíneas como Panicum maximum, Chloris gayana, Cenchrus ciliaris, Setaria anceps, Melinis multiflora, Digitaria decumbens. Se recomienda sembrarlo dos semanas antes del pasto.

Tolera el pastoreo a un altura de 5-7 cm y es moderadamente sensible al fuego, las mayores producciones se han encontrado con pastoreos cada 10-12 semanas. Con cortes antes de la floración se ha encontrado contenido de proteína cruda de 19.2 y digestibilidad de 65-80% con producciones de 1.3 a 5.88 ton ms/ha/año en Brasil (Buller et al, 1970).

Es una especie de día corto; su floración puede presentarse en 45-58 días con fotoperiodos de 8-11 horas luz o en 130 días, con fotoperiodo de 16-18 horas, sin embargo, algunas variedades no florecen con días largos.

Posee una palatabilidad aceptable, la cual mejora a mediados de la estación de vigoroso crecimiento. Se han encontrado niveles alto de estrógenos, sin embargo, no se ha reportado casos de toxicidad.

2.4 Centrosema pubescens (Centro).

El género centrosema lo forman alrededor de 70 especies que son parte de la flora tropical cerca de 40 son herbáceas (Teitzel y Burt, 1976). Estudios realizados en países tropicales y subtropicales han mostrado la importancia de esta especie y sus perspectivas en el desarrollo de la ganadería.

Entre las especies que han sobresalido por su amplia capacidad de adaptación, valor nutritivo, margen de compatibilidad con las gramíneas y rendimientos aceptables son Centrosema pubescens, Centrosema virginatum y Centrosema plumieri.

El Centrosema pubescens es una leguminosa perenne y vigorosa de hábito rastrero, y trepador cuando se asocia a plantas de crecimiento erecto, en cultivos puros forma una cubierta densa y compacta, sus tallos tienden a enraizar dando la apariencia de poseer un fuerte sistema estolonífero, sus hojas son trifoliadas con folíolos elípticos, obtusos de color verde oscuro con pelos en el envés y con tamaño de 3 x 5 cm., su inflorescencia crece en racimos axilares con flores de color lila pálido con bandas amarillo verdoso y bracteolas estriadas. Sus vainas son anchas y gruesas de 6 a 15 cm. de largo, poseen 15 a 20 semillas de color negro carmentá moteadas con puntos oscuros, mide de 3 a 5 mm. de largo por 3 a 4 mm. de ancho (Machado, 1981). El Centrasema pubescens es nativo de la región tropical de América del Sur, actualmente se encuentra distribuido en América Central y el Caribe, así como en otras regiones tropicales del mundo.

Su producción se reduce muy poco con las bajas temperaturas nocturnas, 't Mannetje y Pritchard (1974) reportaron una reducción del 16% con temperaturas día y noche de 26/15 °C comparada con 30/24 ambas con fotoperíodo de 14 horas.

Sus mejores producciones se tienen en suelos fértiles con buenas características físicoquímicas, es poco tolerante a las condiciones de encharcamiento y es tolerante a suelos con alto contenido de aluminio y manganeso.

Su período de establecimiento es relativamente largo (8-9 meses), por ello se recomienda el uso de variedades precoces y la escarificación de la semilla antes de la siembra, así mismo, la aplicación de P y Ca si son necesarios principalmente en suelos ácidos, así como el empleo de cepas específicas de Rhizobium (Machado y Alfonso, 1981).

En estudios comparativos donde fue asociada con otras gramíneas se encontraron rendimientos entre 14 y 16 ton/ms/ha/año (Machado y Alfonso, 1981).

En suelos con pH 6.1 a 6.4 sin deficiencias de fósforo, boro, calcio, cobre y molibdeno se han reportado fijaciones entre 135 y 280 kg. de nitrógeno en cultivos asociados y 208 a 270 en cultivos puros (Teitzel y Burt, 1976).

En asociaciones con guinea y pangola se ha observado un incremento en proteína cruda (13 a 15%) mejorando la palatabilidad, consumo y disponibilidad de forraje (Adegbala et al, 1977).

2.5 Producción de forraje

La producción de forraje está influenciada por diferentes factores que afectan el crecimiento de las plantas como: clima (radiación, longitud del día, temperatura, humedad y precipitación), suelo (características físicas, químicas y topografía) especie (potencial genético de las diferentes familias, especies y variedades), manejo (fertilización y tipo de defoliación), sin embargo, estos factores no actúan por separado, el crecimiento de la planta responde a una interacción de todos ellos.

2.5.1 Altura de corte

En algunos pastos y leguminosas erectas, las alturas de corte muy bajas pueden reducir la producción, Osman y Abudiek (1981) cortaron durante dos años tres leguminosas y tres gramíneas a 0, 7 y 14 cm y la producción para ambos años fue significativamente superior en los cortes a 7 cm para todas las especies, mientras que en los cortes a 0 cm ocurrieron las producciones más bajas, así mismo, Middleton (1982) con cuatro gramíneas tropicales cortados durante dos años a 10, 20 y 30 cm encontró las mayores producciones a 10 cm para el primer año y en el segundo todas las producciones se redujeron entre 40 y 50% y no encontró diferencia significativa entre los cortes a 10 y 20 cm para todas las especies, así mismo Asare (1970) no encontró diferencia en la producción de Cenchrus ciliaris cortando a 10 y 15 cm de altura.

En general bajo el sistema de corte se obtienen mayores producciones con las menores alturas de corte (Sotomayor et al, 1974; Pérez et al, 1976 y Vázquez, 1978), asimismo, los cortes demasiados bajos causan menor daño cuando son seguidos de un periodo largo de descanso que permita almacenar suficientes reservas para un rebrote vigoroso en la siguiente defoliación, así mismo, las defoliaciones muy frecuentes causarán menos daños cuando los cortes se realizan a mayor altura permitiendo que la planta conserve mayores órganos de almacenamiento de CNET, referente a esto Gonewardene et al (1986) con Panicum maximum Jacq cortado a 5, 10 y 15 cm cada 10, 20 y 30 días encontró las mayores producciones con las mayores alturas.

2.5.2 Intervalo entre cortes.

El intervalo entre cortes es el tiempo que transcurre entre una defoliación y otra, en este periodo la planta intenta recuperar el tejido fotosintético que le ha sido extraído, y dependiendo de las condiciones ambientales y el intervalo entre corte podría lograrse tal recuperación.

Varios investigadores han encontrado que las mayores frecuencias de corte están asociadas a las mayores producciones de forraje, Sotomayor (1974) encontró que el pasto Cynodon dactylon y Brachiaria mutica, aumentaron su rendimiento con los mayores intervalos de corte, sin embargo, bajo pastoreo la

producción se incrementó con los menores periodos de descanso (Rodríguez y Silva, 1975, Meléndez, 1976).

Middleton (1982) cortó a intervalos de 3-6 y 12 semanas el pasto Brachiaria decumbens y Digitaria decumbens durante dos años encontrando un incremento significativo en los mayores intervalos de corte, así mismo, Caro-Costa et al (1972) cortaron a 30, 45, 60 y 90 días encontrando las mayores producciones a 90 días, similares conclusiones obtuvo Funes et al (1980) cortando a intervalos de 4, 6 y 8 semanas, sin embargo, esto no indica que deban recomendarse los mayores intervalos de corte ya que deben tomarse en cuenta que la calidad del pasto se reduce con la edad (Funes et al, 1980). Omalico y Obioha (1981) cortaron a intervalos de 2 a 6 semanas y encontraron que el Panicum maximum var Jacq y Pennisetum purpureum cortados cada 6 semanas durante todo el año permiten un mejor aprovechamiento de la calidad de estos pastos sin dañar la producción de materia seca.

Corsi (1986) empleando Panicum maximum Jacq y aplicando diferentes dosis de nitrógeno y cortando a intervalos de 3 a 9 semanas encontró un incremento en la producción con los mayores intervalos y una correlación entre la producción y producción número de hijos, así mismo los mayores niveles de nitrógeno incrementaron el número de rebrotes, observando también que los nuevos rebrotes emergían a los 8 días postcorte y ni uno más después de los 16 días. Por otro lado Gonedwardene et al (1986) con la misma variedad de pasto cortaron a 10, 20 y 30 días encontrando un incremento en la producción con los mayores intervalos de corte.

2.6 Crecimiento de la raíz

A pesar de la importancia que representa el sistema radical en las plantas forrajeras, existe relativamente poca información de este tema comparado con otros órganos de la planta, la razón de esto es la dificultad material que se tiene para su estudio (Gardner et al, 1985). Entre las principales funciones que se han encontrado para la raíz se tiene: el anclaje y absorción de agua y minerales del suelo, almacén de fotosintatos de reserva, transporte de nutrientes a la parte aérea, propagación de la planta y es una fuente primaria de ciertos reguladores de crecimiento (Weaver, 1926 citado por Gardner et al, 1985)

La longitud de la raíz resulta de la elongación de la células detrás del meristemo apical, un grosor mayor que el elongamiento de las células apicales es el resultado de la formación del meristemo lateral que a su vez inicia el crecimiento del cambium meristemático (Gardner et al, 1985)

2.6.1 Factores que afectan el crecimiento de la raíz

Las diferencias en peso, forma y tamaño de la raíz entre y dentro de familias reportado por varios investigadores, se debe a la interacción de factores genéticos y ambientales como:

especies, suelo (contenido de oxígeno y dióxido de carbono, pH, temperatura, humedad, compactación y fertilidad), ambiente (luz y temperatura, defoliaciones, densidad de plantas) y estado fenológico de la planta (Gardner et al, 1985).

2.6.1.1 Factores genéticos y fenología

En general las gramíneas poseen una raíz compuesta por múltiples filamentos primarios y delgadas ramificaciones secundarias que en conjunto forman un sistema de raíz denominado fibroso, mientras que las leguminosas poseen generalmente una raíz principal con geotropismo positivo, de la cual se forman otras ramificaciones secundarias, terciarias, etc, con un geotropismo positivo no tan marcado como en la raíz primaria (Gardner et al, 1985),

Los meristemos radicales son capaces de mantener un crecimiento acelerado, Mengel y Barber (1974) encontraron en Zea mays un incremento constante en el peso de la raíz hasta los 96 días, posteriormente se redujo notablemente. Similares efectos fueron reportados por Barber (1978) quien encontró en frijol soya incrementos constantes en el peso de la raíz durante los primeros 80 días, deteniéndose hasta los 100 días y decreciendo posteriormente, estas reducciones en la última fase coinciden con el proceso de llenado de la vaina, en el cual se han encontrado otras características fisiológicas como: reducción en la toma de minerales y actividad meristemática de la raíz y probablemente una reducción de el envío de las citoquininas a los tallos, redistribución en los fotosintatos y minerales asimilados en hojas, tallos y raíz, así como la senescencia de los mismos (Gardner et al, 1985), asimismo, los cambios en el peso de la raíz están altamente relacionados con la traslocación de CNET a la parte aérea (Smith y Silva, 1969).

En diferentes especies de pasto Agropyron adaptado a zona seca su raíz puede elongar a una tasa hasta 15 cm por semana, a los 49 días de crecimiento se encontraron en Andropogon desertorum, 73.8 cm; Andropogon intermedium, 72.5 cm; A. cristatum, 48.9 cm; mientras que el crecimiento de Festuca arundinacea fue de 12.2 cm (Kittock y Patterson, 1959), estos valores reflejan el control genético del crecimiento y tolerancia a la sequia en diferentes especies, de esta forma 't Mannetje y Pritchard (1974) encontraron que la raíz de las gramíneas fueron 143% más pesadas que las leguminosas y entre las gramíneas la especie Setaria anceps fue 400% más pesada que el Cenchrus ciliaris, igualmente entre las leguminosas el Trifolium repens fue 350% más pesadas que Stylosanthes guyanensis. por otro lado, Noguera (1981) trabajando con las leguminosas Desmodium intortum, Pueraria phaseoloides y Galactia striata encontró que los pesos de la raíz y base de los tallos a 150 días de descanso fueron de 18.2, 26.4 y 4.4 gr. respectivamente.

2.6.1.2 Factores ambientales

Las variaciones ambientales tienen efecto sobre el crecimiento de la raíz, Burns (1972) encontró variaciones en

el peso total, alargamiento y ramificaciones se incrementan cuando se aumenta la longitud del día de 10 a 16 hrs y la intensidad luminica de 8 a 15 mil fc y con incrementos de temperatura día/noche de 27/15 a 32/24 C, similares efectos fueron encontrados por 't Mannetje y pritchard (1974) cuando incremento las horas luz de 11 a 14 por día, por otro lado, Chaudhary y Prihar (1974) encontraron una tendencia a incrementar la densidad de la raíz cuando la plantas fueron sembradas en suelos con determinadas labores culturales comparadas con el testigo. Asimismo, Rivera (1983) trabajando con maíz y sorgo, encontró un decremento en peso en la raíz cuando aumentó el número de plantas por maceta de 2 a 6; de igual forma, Norden (1964) en Zea mayz encontró una reducción de 72% en el peso de la raíz cuando incrementó la densidad de plantas de 12,000 a 62,000, sin embargo el total de peso de raíz por hectárea se incrementó con una densidad de 50,000.

2.6.1.3 Defoliaciones

La mayoría de la especies perennes presentan un crecimiento de la raíz cíclico, en el cual parte de la raíz muere cuando ocurren las defoliaciones en otoño y comienza a bajar la temperatura, en estas condiciones la raíz continua respirando y consumiendo las reservas de carbohidratos propiciando la muerte de las partes más finas de la raíz (Gardner et al, 1985); esta muerte cíclica anual es una posible explicación del alto contenido de humus debajo de las praderas.

En las plantas perennes después de la defoliación o extracción del tejido fotosintético, se requiere una cantidad de carbohidratos de reserva para iniciar el crecimiento del nuevo rebrote, parte de estos CNET son removidos de la raíz (Tejos, 1983), esto trae como consecuencia una reducción en el peso de la misma (Smith y Silva, 1969), lo cual da crédito al viejo dicho "la poda de los tallos es una poda de la raíz" (Gardner et al, 1985).

2.6.1.4 Concentración de oxígeno y dióxido de carbono

La concentración de oxígeno y dióxido de carbono en la atmósfera del suelo es muy diferente a la existente en la superficie y esto tiene efectos directos en el crecimiento de la raíz, generalmente el incremento de oxígeno reduce la presencia de CO₂ y viceversa (Geisler, 1967).

El oxígeno es esencial para los procesos metabólicos incluyendo la absorción activa y el transporte de nutrientes, en soya los requerimientos de oxígeno y otros nutrientes son mayores durante las etapas vegetativas que durante las reproductivas (Jones et al, 1978). El oxígeno en la rizósfera tiene efectos indirectos tales como estimular la actividad de los microorganismos lo cual influye en la disponibilidad de nutrientes para la raíz, asimismo, el dióxido de carbono es benéfico para el crecimiento, concentraciones de hasta 2% estimulan el crecimiento de la raíz en cultivos como la cebada y

chicharo, mientras que concentraciones de 8% retardó la elongación de la raíz (Geisler, 1967).

2.6.1.5 pH del suelo.

El establecimiento de plantas en suelos ácidos es muy difícil (Olvera, 1983), un pH menor a 6 incrementa la solubilidad de aluminio, manganeso y fierro, los cuales pueden ser tóxicos y limitar el crecimiento de la raíz, sin embargo, existen líneas tolerantes a esta acidez, las cuales logran incrementar el pH en la zona inmediata a la raíz (Olsen et al, 1981), sin embargo, un pH fuera del rango entre 5-8 limita el crecimiento de la raíz.

2.6.1.6 Temperatura del suelo

Las temperaturas óptimas de crecimiento para la raíz son más bajas que para los brotes de la parte aérea, sin embargo, estas temperaturas óptimas varían entre especies, Rykboost et al (1975) encontraron un mayor crecimiento de la raíz en pasto sudan comparado con Orchard cuando aplicó bandas de agua caliente en el suelo por medio de mangueras subterráneas.

2.6.1.7 Fertilidad del suelo

Las raíces requieren cantidades adecuadas de nutrientes minerales para su crecimiento y desarrollo, sin embargo, debido a que las raíces están más cerca de la fuente de nutrientes que los brotes, estas tienen prioridad sobre los mismos, sin embargo, tienen la última oportunidad para hacerse llegar los fotosintatos, de esta forma, una deficiencia de minerales afecta menos a la raíz que al brote, a menos que esta deficiencia interfiera directamente con los fotosintatos por ejemplo, una deficiencia de fierro reduce la cantidad de clorofila afectando el crecimiento de la raíz (Gardner et al, 1985)

Un incremento en los niveles de nitrógeno favorece el crecimiento vegetativo más que la raíz, fertilizaciones altas de nitrógeno puede ocasionar la utilización de los CNET para el desarrollo vegetativo, sin embargo, este efecto puede ocasionar el sombreo de las hojas en los estratos inferiores, lo cual agrava la situación, con la respiración de estas hojas que no son autosuficientes (Gardner et al, 1985), asimismo, los niveles altos de nitrógeno tienden a incrementar los niveles de auxinas con lo cual pueden inhibir el crecimiento de la raíz (Wilkinson y Ohlrogge, 1962), sin embargo en algunos cereales niveles alto de nitrógeno en etapas tempranas incrementa el índice de área foliar y posteriormente la cantidad de fotosintatos se incrementa y aumenta la llegada a la raíz (Gardner et al, 1985).

2.6.1.8 Humedad del suelo

El agua es esencial para el crecimiento de la raíz, y esto puede observarse con el hecho de que las raíces no crecen a través de las capas de suelo seco, sin embargo, las raíces tienen

un mecanismo de ajuste osmótico a través del cual se acumulan solutos en la punta de la raíz y esto eleva la presión de turgencia para matener el crecimiento por un periodo limitado, sin embargo, el estres de humedad reduce significativamente el peso de la raíz del pasto panizo azul (Wrightt, 1962), y la longitud de raíz en soya se reduce con potenciales de igual o menores a -2 bars (Sivacumar et al, 1977).

2.7 Los carbohidratos de reserva

Los carbohidratos forman el grupo de sustancias más abundantes de la naturaleza, su composición está dada por los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno, son el primer producto fotosintético por lo cual el resto de compuestos formados en la planta se consideran derivados de éstos mediante reacciones independientes a la fotosíntesis.

En las plantas los carbohidratos están clasificados en estructurales (celulosa, hemicelulosa, pectina, etc.) aquellos involucrados en la estructura rígida en la planta, y los no estructurales (glucosa, fructosa, sucrosa, xilosa, almidón, etc.), comunmente llamados solubles en agua o de reserva (Smith, 1972).

2.7.1 Importancia de los carbohidratos no estructurales en la planta.

En diferentes plantas se ha encontrado que los carbohidratos no estructurales totales (CNET) están formados por: glucosa, fructuosa, sucrosa, almidón, glicosa, rafinosa, sacarosa, estaquinosa, arabiosa y galactosa (Smith, 1969, Smith, 1971), sin embargo, su contenido y distribución varia entre y dentro de especies, de esta forma se ha encontrado que, en gramíneas de origen templado predomina la sucrosa y fructosa mientras que en las de origen tropical predomina la sucrosa y almidón (White, 1973).

Así mismo, se ha encontrado que algunos compuestos nitrogenados pueden ser empleados como fuente de energía (Davidson y Milthorpe, 1965), por otro lado algunos investigadores consideran que ciertos carbohidratos estructurales como pentosas, hemicelulosas y ligninas, podrían ser usados como fuente de energía en condiciones extremas de falta de CNET (Humphrey, 1975).

Los CNET pueden ser almacenados temporalmente en todas las partes de la planta, pero existen zonas específicas para ello como la base de los tallos, bulbos, estolones y rizomas (Baker y Garwood, 1961), su distribución varia con las especies, Ueno y Smith (1970), encontraron que independientemente de la fase de desarrollo y tamaño de la planta de Medicago sativa, la distribución de los CNET en la raíz fue de 20% en la corteza y 25% en la corona.

Los CNET son una fuente potencial de energía almacenada que es empleada bajo condiciones adversas del medio, cuando la demanda de energía para el metabolismo de la planta puede llegar a ser mayor que la producción por la fotosíntesis (Buwai y Trlica, 1977; Valentine y Charles, 1979).

2.7.2 Factores que alteran el contenido de carbohidratos no estructurales en la planta.

Los CNET han sido identificados como el principal metabolito empleado para la formación del rebrote en tallos defoliados (Smith, 1975, Booysem, 1975), por ello los niveles de CNET y los compuestos nitrogenados son parámetros que indican la capacidad potencial para la recuperación de la planta después de la defoliación (Dovrant et al, 1971), sin embargo, el contenido de CNET en la planta no es constante debido a que existen factores climáticos (diurnos, estacionales), edáficos (humedad del suelo) y de manejo (altura y frecuencia de la defoliación, fertilización nitrogenada) que alteran su contenido (White, 1973), por ello cualquier factor que influye en el metabolismo de la planta altera su contenido.

2.7.2.1 Variaciones diurnas y estacionales.

Los factores del clima como son luz, temperatura y humedad, tienen un efecto marcado sobre el metabolismo de la planta influyendo de manera directa sobre la producción de forraje y su contenido de CNET.

En general todas las especies forrajeras perennes reducen sus niveles de CNET durante la formación de nuevos rebrotes principalmente durante la primavera y se incrementan con la edad fisiológica de la planta alcanzando sus mayores niveles con la madurez principalmente en otoño e invierno (Weinmann, 1961, Humphrey y Robinson, 1966), así mismo Greenfield y Smith (1974) encontraron variaciones de los CNET durante el día, Holt y Hils (1969), reportó en alfalfa un máximo nivel de carbohidratos a las 13 horas del día y un decremento notable después de las 18 hrs así mismo Burns (1972) en Cynodon dactylon encontró un mayor contenido de carbohidratos a las 16 hrs, por otro lado Greenfield y Smith (1974), encontraron que las reservas de carbohidratos se incrementan durante las horas luz (6:00 A.M a 18 hrs) y posteriormente se reducen durante la fase oscura.

2.7.2.2 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo influye sobre el desarrollo radicular de las plantas y consecuentemente sobre la capacidad de almacenamiento de carbohidratos, absorción de nutrientes y crecimiento de la planta. Sin embargo, la temperatura óptima de crecimiento de las plantas varía entre las especies, Hughes (1965) encontró que muchos pastos templados tienen un mejor crecimiento con temperaturas del suelo entre 20 y 25 °C, así mismo Tow (1967) encontró en soluciones hidropónicas con temperaturas cerca de 30 °C un mejor desarrollo radicular de Panicum maximum comparado con Glycine javanica.

2.7.2.3 Temperatura del aire y luminosidad

EL efecto de la temperatura sobre la actividad enzimática de las plantas ha sido reportado por varios

investigadores (Trecharne y Cooper, 1969, Kortschsk y Nickeel, 1970) los cuales han encontrado que las temperaturas óptimas para el crecimiento y fotosíntesis varía con el origen de las especies, para los pastos de clima templado la ribulosa 1-5 difosfato carboxilasa tiene una actividad óptima a temperaturas de 20 a 25 °C en la vía fotosintética de Calvin (C3), mientras que en los pastos tropicales dentro de la vía fotosintética de Hatch y Slack (C4) la actividad de la fosfoenol piruvato carboxilasa es mayor con temperaturas de 30 a 35 °C.

Así mismo las bajas temperaturas nocturnas también afectan el metabolismo de la plantas, resultando más afectadas las especies tropicales al reducir la descarga de los carbohidratos de los cloroplastos (Hillard, 1975), reduciendo la actividad fotosintética de la siguiente fase luminica por una baja capacidad para realizar la reacción de Hill (West, 1970), sin embargo este efecto puede no encontrarse cuando la planta esta en periodo de vigoroso rebrote, debido a que no se acumulan carbohidratos en este periodo (Chatterton et al, 1972).

Por otro lado Burns (1970) encontró que los días cortos y las bajas intensidades luminicas reducen los CNET de reserva, asimismo con altas intensidades luminicas y pequeñas adiciones de nitrógeno, se ha encontrado aumentos considerables en los CNET (Deinum, 1971).

2.7.2.4 Riego y fertilización

En general cuando algun factor ambiental limita el desarrollo vegetativo, se reduce la utilización de los CNET fotosintetizados (Brown y Blaser, 1970) incrementandose los CNET de reserva (Buxton y Weding, 1970) de esta forma Vázquez (1978) encontró en Cynodon plectostachyus y Brachiaria mutica los mayores niveles de CNET de reserva en la estación de nortes.

Por otro lado varios trabajos han demostrado que la adición de nitrógeno en pequeñas cantidades incrementa las reservas de CNET, por el contrario dosis altas reducen dichos CNET (White et al, 1972, Watschake y Waddington, 1974), asimismo el riego y la fertilización reducen los CNET (Pettit y Fagan, 1974).

2.7.2.5 Severidad de corte.

Al igual que la raíz, los tallos son zonas de almacenamiento de CNET, por ello las alturas de corte pueden ser indicadoras de la cantidad CNET dependiendo de su hábito de crecimiento, de esta forma Watson y Ward (1970) encontraron un aumento en la disponibilidad de CNET con las mayores alturas de corte, sin embargo, Vázquez (1978) encontró este efecto solo en Cynodon plectostachyus cortando a 0 y 10 cm pero no lo encontró en Brachiaria mutica cortando a 10 y 20 cm, así mismo, Tejos (1983) no encontró diferencias en la concentración de CNET de Stylosantes capitata cortando a 5 o 10 cm, por otro lado, bajo pastoreo con diferentes asignaciones de forraje por animal se encontró una reducción en el tamaño de la raíz y sus niveles de CNET raíz con las menores asignaciones de forraje (Becerra y Avendaño, 1988).

2.7.2.6 Frecuencia de corte.

Paulsen y Smith (1969) encontraron un incremento en el peso de la raíz y los niveles de CNET con los mayores intervalos de corte, resultados similares fueron reportados por Ueno y Smith (1970). Tanto la altura como la frecuencia de corte tienen un efecto importante en desarrollo y producción de las plantas sin embargo, los efectos negativos de los cortes a baja altura se reducen cuando son acompañados de intervalos largos de descanso (Vazquez, 1978).

2.7.3 Niveles de carbohidratos no estructurales totales después de la defoliación

El empleo de las nuevas técnicas en el estudio de los carbohidratos de reserva han mostrado evidencias de que estos son usados en la formación del rebrote después de la defoliación (May, 1960, Tejos, 1983, Booysen y Nelson, 1975). de esta forma Galaviz (1981) con Panicum maximum e H. rufa encontró un descenso en los niveles de CNET hasta la primera y segunda semana de descanso, posteriormente tendieron a incrementar hasta alcanzar los mayores niveles a las 4 y 5 semanas, asimismo, Becerra y Avendaño (1988) trabajando con Dactylis glomerata y Medicago sativa encontraron los niveles más bajos al séptimo día después del pastoreo y posteriormente se incrementaron, por otro lado, Tejos (1983) en Stylosanthes capitata midió los niveles de CNET en raíz, tallo y hojas remanentes durante el periodo de descanso y encontró una reducción entre los primeros 4 días, posteriormente los niveles se incrementaron hasta igualar sus niveles iniciales cerca del día 25.

Los nuevos rebrotes pueden comenzar a emerger entre el quinto y octavo días dependiendo de la severidad de las defoliaciones previas, durante este tiempo el peso de la planta no se incrementa debido a que las tasas de respiración generalmente exceden a la fotosíntesis (Alberda, 1966, Davidson y Milthorpe, 1965) posteriormente si las condiciones ambientales son apropiadas para la fotosíntesis, el crecimiento del rebrote comienza a ser independiente de las reservas de carbohidratos y sus altas tasas fotosintéticas permiten recuperar las CNET utilizados

Durante los primeros 8 días después de la defoliación se efectúa la mayor utilización de los CNET para la formación del nuevo rebrote (White, 1973), posteriormente se reduce su utilización y comienza a incrementarse nuevamente el contenido para alcanzar los niveles iniciales (Becerra y Avendaño 1988). De acuerdo a estos resultados, las defoliaciones frecuentes antes de que se recuperen las reservas empleadas, puede ocasionar un agotamiento de la planta llegando a la muerte de la cepa (Donart y Cook, 1970).

3 MATERIALES Y METODOS.

3.1 Localización

El experimento fue realizado en el invernadero de la Sección de Forrajes del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a 19° 20' latitud Norte, 98° 58' longitud Oeste y a 2250 msnm.

3.2 Clima

De acuerdo a la clasificación de Koppen modificada por García (1981) el clima de esta zona es templado con lluvias en verano y parte de invierno, su diferencia de temperatura entre el mes más caliente y frío es de 5°C con una temperatura media anual de 18°C y con frecuencia de helada de noviembre a febrero. En el invernadero la temperatura media mínima y máxima fue de 14 y 36°C respectivamente durante el periodo experimental.

3.3 Suelo

El suelo empleado fue traído de la región tropical ubicada en el municipio de Totutla del Estado de Veracruz, México, con origen de cenizas volcánicas y de acuerdo a la clasificación de la séptima aproximación pertenece al subgrupo Vertic Tropudalfs, su pH varía de moderado a fuertemente ácido con valores de 5.2 a 5.8, es pobre en magnesio y rico en potasio y el contenido de nitrógeno total decrece con la profundidad del suelo siguiendo la distribución de la materia orgánica (Lobato y Sosa, 1987) su uso actual es de praderas inducidas.

3.4 Especies

Se emplearon dos especies de gramíneas (Panicum maximum Jak var. común e Hyparrhenia rufa Nees Stap) y dos leguminosas (Neonotonia wightii Verd y Centrosema pubescens Benth). Para cada especie se utilizaron 108 macetas de 5 kilos, todas fueron sembradas por semilla durante el mes de febrero de 1986, a los 30 días de sembradas se realizó un aclareo de plantas dejando solo de cinco a siete por maceta, a los cinco meses se dió un corte de homogenización de acuerdo a la altura de corte asignada para dar inicio a los diferentes periodos de descanso para cada tratamiento.

3.5 Tratamientos y metodología

Los factores estudiados fueron:

Especie (Guinea (Panicum maximum),
Jaragua (Hyparrhenia rufa),
Glycine (Neonotonia wightii) y
Centrosema (Centrosema pubescens))
Altura de corte (5, 10 y 15 cm)
Número de corte (1, 2 y 3)
Intervalo entre corte.. (15, 30, 45 y 60 días)

Las variables de respuesta fueron:

Rendimiento de forraje
Peso de la raíz
Contenido de carbohidratos no estructurales totales en la raíz

Para lograr los objetivos el trabajo se dividió en tres experimentos que fueron los siguientes.

3.5.1 Experimento 1 PRODUCCION DE FORRAJE

Después del corte de homogenización las 108 macetas de cada especie se agruparon en tres para formar la unidad experimental. los tratamientos se distribuyeron en un arreglo factorial 3x3x4 (especie X altura de corte X frecuencia de corte) con los niveles mencionados para cada factor, el diseño fue totalmente al azar con tres repeticiones. Se efectuaron tres cortes para evaluar la producción de forraje total y por corte.

Después de cada corte el forraje cosechado fue secado en estufa de aire forzado a 55-60 °C para la determinación del porcentaje de materia seca.

3.5.2 Experimento 2 PESO DE LA RAIZ

Después de realizado el tercer corte de forraje para cada tratamiento, se juntaron los grupos de 3 macetas de cada repetición y se tomaron seis en forma aleatoria, a cada una le fue asignada en forma aleatoria uno de seis días para la extracción de su raíz después del último corte dado, esto con objeto de observar la variación de los niveles de CNET después del corte. Los días para la extracción fueron 1, 4, 8, 16, 25 y 30, sin repetición por tratamiento, la forma de extracción fue mediante lavado de suelo con agua a presión.

Después de extraída la raíz y con el objeto de reducir la actividad enzimática se enfrió a punto de congelación de acuerdo a lo mencionado por Avendaño *, posteriormente fue secada en estufa de aire forzado a 55-60 °C por 48 horas, para la determinación del porcentaje de materia seca.

3.5.3 Experimento 3 CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS NO ESTRUCTURALES TOTALES DE LA RAIZ

Después de secar la raíz en estufa de aire forzado fue molida y pasada por un tamiz de 0.5 mm quedando lista para el análisis de CNET mediante el método descrito por Ting (1956)

* Avendaño M. J., 1986 comunicación personal

3.3.4 Análisis estadístico

Los resultados se evaluaron con análisis de varianza convencionales, las variables de respuesta fueron: producción de forraje por corte y total para cada tratamiento, peso de la raíz y niveles de carbohidratos de reserva después de tres defoliaciones por tratamiento.

Los modelos estadísticos empleados para cada una de las variables de respuesta fueron:

- a) Para producción de forraje por especie en cada frecuencia de corte

$$Y = M + S + A + C + EA + E$$

$i \quad j \quad k \quad ij \quad l(ijk)$

- b) Para el peso de la raíz en cada frecuencia de corte

$$Y = M + S + A + EA + E$$

$i \quad j \quad iJ \quad l(ij)$

- c) para carbohidratos de reserva para cada frecuencia de corte

$$Y = M + S + A + EA + E$$

$i \quad j \quad iJ \quad l(ij)$

donde: Y= la variable de respuesta.

M= efecto de media de respuesta de los tratamientos.

S= efecto de especie.

A= efecto de altura de corte.

C= efecto del número de corte

E= efecto de error no controlado.

i= iésima altura con valores de 1 a 4.

j= jotaésima frecuencia con valores de 1 a 3.

k= kaésimo corte con valores de 1 a 3

l= eleésima repetición

La comparación entre las medias de tratamientos se realizó con una prueba de Tukey al 0.05

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Producción de forraje

El rendimiento de forraje para las diferentes especies fué diferente ($p < .05$) (cuadro 1) Las gramíneas superaron a las leguminosas, en un promedio de 44% y no se encontró diferencia dentro de familias.

Las diferencias en producción entre especies son similares a las tendencias reportadas por Funes et al (1980), asimismo, Osman y Abu Diek (1981) trabajando en ambiente controlado encontraron mayor producción en las gramíneas Chloris gayana (Kunth) y Cenchrus ciliaris (L). comparadas con la leguminosa Medicago sativa L.; por otro lado Armendariz (1985) trabajando con Neonotonia wightii en macetas bajo invernadero encontró producciones inferiores a las obtenidas en este trabajo, estas diferencias pueden deberse al diferente número de plantas empleadas por maceta y al espacio entre macetas.

Las diferencias encontradas en este trabajo para las gramíneas y leguminosas coinciden con lo reportado en trabajos similares, pueden deberse principalmente a las respuestas de las especies a factores ambientales como luz y temperatura registradas durante el verano que fué el periodo de mayor muestreo de este trabajo.

En las gramíneas los dos componentes de la producción (tallos y hojas) se ven afectados notablemente por los factores ambientales.

Para las gramíneas el incremento de temperatura reduce notablemente el desarrollo de los tallos y su número se incrementa con la mayor intensidad de luz (Carámbula, 1977) de esta forma, las altas intensidades de luz y temperatura que favorecen a las gramíneas tropicales no ayudan a las leguminosas, las cuales tienen un punto de saturación menor (Holmes 1980).

Esta diferencia en el punto de saturación entre las gramíneas y leguminosas empleadas estan dadas por la diferente vía fotosintética de las dos familias, las gramíneas cuentan con sus dos vías fotosintéticas C3 y C4 localizadas en los cloroplastos de tejido del mesófilo y la vaina de la hoja respectivamente (Waler y Lewis, 1979), mientras que la leguminosas solo poseen la vía fotosintética C3 de este modo, la vía fotosintética C4 hace un uso mas eficiente del CO2 incrementando su tasas de crecimiento.

Otro factor a considerar entre las dos familias empleadas es su Índice de Area Foliar (IAF), las gramíneas tienen generalmente las hojas mas inclinadas y pueden incrementar su área foliar para captar una cantidad determinada de luz dando un coeficiente de extincion (K) menor que las leguminosas; Brown y Blaser (1968) señalan que, hasta cierto punto, un aumento de IAF causa un aumento en la intercepción de luz incrementando la tasa de crecimiento bajo condiciones ambientales favorables sin embargo después de este punto los incrementos en el crecimiento se vuelven más pequeños.

Cuadro 1 Rendimiento de forraje en cuatro especies tropicales bajo condiciones de invernadero

ESPECIE	PRODUCCION DE FORRAJE		producción relativa
	GRAMOS DE MS/MACETA/6 MESES		
Panicum maximum	36.21	a	92.9
Hyparrhenia rufa	38.94	a	100.0
Neonotonia wightii	21.96	b	56.3
Centrosema pubescens	21.29	b	54.6
Medias con distinta literal son diferentes (P< .05)			

Estos factores mencionados (punto de saturación de luz y temperatura, vía fotosintética e IAF) afectan marcadamente el desarrollo de la planta entre las dos familias ocasionando diferencias en producción como las encontradas en este trabajo.

4.1.1 Altura de corte.

El rendimiento de forraje para las diferentes especies presentó diferencias entre las alturas de corte efectuadas ($p < .05$) (Cuadro 2).

El efecto encontrado fué opuesto entre gramíneas y leguminosas, las primeras y en particular el pasto guinea (Panicum maximum) incrementó su producción en un 27% cuando fué cortado a la mayor severidad (altura de 5 cm), mientras que las leguminosas incrementaron la producción en un 42 y 67% con las menores severidades (cortes a alturas de 15 cm) para glycine (Neonotonia wightii) y centrosema (Centrosema pubescens) respectivamente.

4.1.2 Interacción especie por altura

En la frecuencia de corte cada 15 días (Cuadro 3); se observó que la producción de forraje de las gramíneas fué 1.7 a 3.3 veces mayor que la de las leguminosas a través de las diferentes alturas de corte; la diferencia mayor se encontró con los cortes a 5 cm donde las leguminosas en particular el centrosema presentó menor producción. Asimismo, puede observarse la tendencia opuesta de producción entre gramíneas y leguminosas.

Las gramíneas redujeron su producción hasta en un 20 % cuando la altura de corte pasó de 5 a 15 cm, sin embargo, las leguminosas aumentaron en promedio hasta 53 % cuando los cortes pasaron de 5 a 15 cm.

En la frecuencia de corte cada 30 días (Cuadro 4); se observó que la producción de las gramíneas fué en promedio 1.33 a 3.3 veces más que las leguminosas entre las diferentes alturas de corte; al igual que los cortes a 15 días, la mayor diferencia se encontró con los cortes a 5 cm donde las leguminosas presentaron su menor producción, en este cuadro puede observarse también la tendencia opuesta de producción entre gramíneas y leguminosas.

Las gramíneas redujeron su producción hasta en un 22 % cuando la altura de corte pasó de 5 a 15 cm, sin embargo, las leguminosas aumentaron en promedio hasta 85 % cuando los cortes pasaron de 5 a 15 cm.

En la frecuencia de corte cada 45 días (Cuadro 5); se observó que la producción de las gramíneas fué entre .1 y 1.8 veces más que las leguminosas entre las diferentes alturas de corte; al igual que los cortes a 15 y 30 días, la mayor diferencia se encontró con los cortes a 5 cm donde las leguminosas presentaron su menor producción. En este cuadro puede observarse también la tendencia opuesta de producción entre gramíneas y leguminosas.

Cuadro 2 Rendimiento de forraje de especies tropicales en condiciones de invernadero y con tres alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	13.29a	12.48a	10.43b
Hyparrhenia rufa	12.91a	13.31a	12.73a
Neonotonia wightii	5.88b	7.69ab	8.38a
Centrosema pubescens	5.04b	7.77a	8.46a

Valores con distinta literal en un mismo renglón son diferentes ($P < .05$)

Las gramíneas aumentaron su producción hasta en un 4 % cuando la altura de corte paso de 5 a 15 cm, sin embargo, las leguminosas aumentaron en promedio hasta 83 % cuando los cortes pasaron de 5 a 15 cm.

En la frecuencia de corte cada 60 días (Cuadro 6); se observó que la producción de las gramíneas fué entre 1.4 y 1.9 veces más que las leguminosas entre las diferentes alturas de corte; al igual que los cortes con las anteriores frecuencias, con los cortes a 5 cm la producción fue menor para las leguminosas.

Las gramíneas redujeron su producción hasta en un 7 % cuando la altura de corte paso de 5 a 15 cm, sin embargo, las leguminosas aumentaron en promedio hasta 27 % cuando los cortes pasaron de 5 a 15 cm.

Puede observarse en los cuadros 3, 4, 5 y 6 que la tendencia de las gramíneas a reducir su producción con las mayores alturas de corte se reduce con los mayores intervalos de corte, de tal forma que con intervalos de corte a 45 y 60 días la producción casi se mantiene constante y llega a incrementarse ligeramente en el pasto jaragua.

Las leguminosas mantuvieron su tendencia a incrementar la producción con los cortes a 15, 30 y 45 días, sin embargo, con las defoliaciones a 60 días la magnitud del incremento se reduce, esta tendencia observada muestra que los mayores incrementos en la producción en las diferentes alturas de corte se obtienen en las defoliaciones a 30 y 45 días.

La producción de forraje a las diferentes alturas siguió una tendencia similar a lo reportado por otros investigadores. Sotomayor et al (1974) cortando cuatro especies de gramíneas tropicales a 5 y 15 cm de altura, encontraron que los cortes a menor altura tuvieron una producción de 1 a 8 % más que los cortes a mayor altura, Asimismo, Asare (1970) en pasto Buffel (Cenchrus ciliaris) cortando a 10 y 15 cm encontró incrementos de 1 al 5% con los cortes más bajos cuando aplicó mayores cantidades de fertilizante, del mismo modo Caro-Costa et al (1972) encontró mayor producción en pasto Cynodon dactylon con los cortes a menor altura pero solo con altas aplicaciones de nitrógeno y con intervalo entre cortes de 90 días.

En leguminosas Osman y Adudiek (1981) cortaron durante dos años tres leguminosas a 0 y 7 cm sobre el nivel del suelo y encontraron incrementos de 60 y 80 % en la producción de forraje para los cortes a mayor altura, Becerra (1984) trabajando con Leucaena leucocephala cortada durante un año con defoliaciones a 30, 60 y 90 cm encontró incrementos de 27 a 60% cuando comparó las producciones entre los cortes a 30 y 90 cm obteniendo la mayor producción con la mayor altura.

Las diferencias en la producción entre las especies encontradas en este trabajo y que coinciden con lo reportado por otros autores pueden deberse principalmente a la rapidez con que la planta después del corte pueda disponer de fotosintatos para la formación y desarrollo del nuevo rebrote, estos fotosintatos pueden ser proporcionados por las hojas remanentes cuando aun

Cuadro 3 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 15 días a tres alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	6.1a	5.5a	5.6a
Hyparrhenia rufa	6.0a	4.6a	4.1a
Neonotonia wightii	2.1b	2.1b	2.1b
Centrosema pubescens	1.6b	2.6b	3.5ab

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes $P < .05$

Cuadro 4 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 30 días a tres alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	11.6a	10.7a	8.3ab
Hyparrhenia rufa	12.5a	11.4a	10.3a
Neonotonia wightii	4.2b	5.9b	6.5b
Centrosema pubescens	3.3b	5.4b	7.4b

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 5 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 45 días a tres alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	15.8a	15.1a	12.3ab
Hyparrhenia rufa	12.6a	15.8a	14.3a
Neonotonia wightii	6.4b	9.9b	11.3b
Centrosema pubescens	5.7b	10.1b	10.9b

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 6 Rendimiento de forraje de especies tropicales con frecuencia de corte a 60 días a tres alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	19.5a	17.5a	14.9b
Hyparrhenia rufa	20.4a	21.3a	22.1a
Neonotonia wightii	10.7b	12.7b	13.5b
Centrosema pubescens	9.3b	12.8b	11.9b

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

tienen actividad fotosintética y por los Carbohidratos No Estructurales Totales (CNET), los cuales son la principal fuente de energía que la planta emplea bajo condiciones adversas del medio (Buwai y Trlica, 1977) y sus principales zonas de almacenamiento son la base de los tallo bulbos estolones y rizomas (Baker y Garwood, 1961), de esta forma las menores alturas de corte pueden reducir considerablemente las reservas de CNET y los nuevos rebrotes ocasionando un incremento en el tiempo de recuperación de la planta, este efecto puede explicar las respuestas encontradas en las leguminosas, pero no el efecto contrario encontrado en las gramíneas.

De acuerdo a lo mencionado por Baker y Garwood (1961), las mayores alturas de corte permitieron a la planta conservar más lugares de almacenamiento de CNET, sin embargo, la causa de la menor producción con las mayores alturas de corte en algunos tratamientos de gramíneas, puede ser la forma de crecimiento de los nuevos rebrotes y la baja actividad fotosintética del follaje remanente. Taylor y Templeton (1966) mencionan que la actividad fotosintética se reduce considerablemente con la edad encontrando que el tiempo de vida de una hoja en Dactylis glomerata es de 28 días, posteriormente son de poco valor fotosintético.

Por otro lado la longitud de tallos y follaje remanente impide que los nuevos brotes reciban luz durante los primeros días de su desarrollo alargando con ello el periodo de utilización de los CNET y posiblemente el tiempo de recuperación de la planta, de acuerdo con lo reportado por Tejos (1983) en Stylsanthes capitata donde encontró las mayores tasas de asimilación neta para el follaje de plantas que fueron cortadas a menor altura.

En general los cortes muy bajos causan menor daño cuando son seguidos de un periodo largo de descanso que permita almacenar suficientes reservas para un rebrote vigoroso en la siguiente defoliación. Asimismo, las defoliaciones muy frecuentes causarán menos daños cuando los cortes se realizan a mayor altura permitiendo que la planta conserve mayores órganos de almacenamiento de CNET.

4.1.3 Número de corte

El rendimiento de forraje para el pasto guinea entre cortes dentro de cada frecuencia mostró diferencias significativas ($p < .05$) (Cuadro 7). En los intervalos de corte a 15 días la producción del tercer corte fue 3.3 veces mayor que el primero sin embargo para los mayores intervalos entre corte ocurrió un efecto contrario y la producción del tercer corte fue 5.8 veces menor que el primero. Asimismo, las frecuencias de corte de 30 y 45 días el efecto observado fue el intermedio entre las frecuencias de 15 y 60 días.

El rendimiento de forraje para el pasto jaragua (Cuadro 8) muestra efectos similares a los observados en el pasto guinea, en los intervalos de corte a 15 días la producción al tercer corte fue 6.3 veces mayor que el primero, sin embargo, para el intervalo de 60 días ocurrió un efecto contrario y la producción

del tercer corte fue 3.0 veces menor que el primero. Asimismo, en las frecuencias de corte de 30 y 45 días el efecto observado fue el intermedio entre las frecuencias de 15 y 60 días.

El rendimiento de forraje para el glycine muestra que en los intervalos de corte a 15 y 30 días la producción no fue significativa ($p > .05$) (Cuadro 9), sin embargo, se observó una tendencia a incrementar la producción del primero al tercer corte. Para los cortes realizados a los 45 y 60 días existe diferencia significativa obteniéndose la mayor producción en el segundo corte y disminuyendo al tercero.

El rendimiento de forraje para el centrosema (Cuadro 10) muestra que en los intervalos de corte a 15 y 30 días la producción no fue estadísticamente significativa ($p > .05$), sin embargo, se observó tendencia a incrementar la producción del primero al tercer corte. Para los cortes realizados a los 45 días existe diferencia significativa obteniéndose la mayor producción para en el segundo corte y disminuyendo al tercer corte, en el caso de las defoliaciones a 60 días se obtuvieron producciones decrecientes conforme aumenta el número de cortes.

En resumen la producción de forraje entre los tres cortes realizados para cada una de las especies en las diferentes frecuencias fue significativa ($p < .05$), excepto en las leguminosas cortadas a 15 y 30 días.

Resultados similares fueron reportados por Sotomayor et al (1974) los cuales cortaron 4 variedades de pasto a 30, 45 y 60 días por 24 meses encontrando que, con las defoliaciones a 30 días todos los pastos incrementaron su producción durante los tres primeros cortes, sin embargo con los cortes a 45 y 60 días la producción del tercer corte fue menor que el primero.

La variación en la producción en los diferentes cortes se debe al efecto estacional que influyó en la producción de cada uno de los cortes en las diferentes frecuencias. Los muestreos se iniciaron el 15 de Junio, de esta forma los tres cortes de las defoliaciones a 15 y 30 días tuvieron las mejores condiciones de temperatura y fotoperíodo que permiten un incremento acelerado en el IAF, Nelson y Smith (1968) encontraron IAF máximo de 6.8 en alfalfa (Medicago sativa) durante el verano, sin embargo este valor se redujo un 50 y 60 % para Agosto y Octubre respectivamente, por otro lado Shibbles y Weber (1965) con plantas de Glycine max muestreadas a 6 estados de crecimiento encontró una alta dependencia entre el índice de área foliar y la intercepción de luz. Asimismo en el incremento en la producción de materia seca con la mayor intercepción de luz. Estos efectos encontrados por los investigadores mencionados, seguramente están relacionados con las menores producciones de materia seca para los cortes en las estaciones de otoño e invierno con los mayores intervalos de corte entre las especies.

Por otro lado, el cambio de estado vegetativo a reproductivo que se observó en las especies afectaron de alguna forma la producción de forraje para los diferentes cortes a través por ejemplo de la reducción en la producción de hojas y el incremento en el peso de los tallos sobre las gramíneas.

Cuadro 7 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en Panicum maximum (guinea)

corte	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
1	2.14b	8.26b	19.70a	31.70a
2	6.76ab	15.20a	17.53a	15.14b
3	9.33a	7.74b	6.10b	5.21c

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 8 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en Hyparrhenia rufa (jaragua)

corte	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
1	1.30c	4.68b	10.54b	28.56a
2	3.97b	16.81a	20.05a	28.16a
3	9.57a	12.88a	12.13b	7.14b

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 9 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en *Neonotonia wightii* (glycine)

corte	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
1	1.37a	3.58a	6.68b	11.93b
2	1.33a	6.53a	15.17a	16.93a
3	3.73a	6.11a	5.61b	8.14b

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes (P< .05)

Cuadro 10 Rendimiento de forraje por corte en cuatro intervalos de cosecha en *Centrosema pubescens* (centro)

corte	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
1	1.58a	3.62a	9.08ab	17.64a
2	2.12a	7.54a	11.18a	10.12b
3	4.15a	5.02a	6.65b	6.41c

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes (P< .05)

4.1.4 Intervalo entre cortes.

La producción de forraje para los diferentes intervalos de corte presentó una tendencia muy similar entre las diferentes especies, tanto gramíneas como leguminosas incrementando su producción en 2.8, 4.3, 5.7 y 4.3 veces para guinea, jaragua, glycine y centrosema respectivamente, al incrementar el periodo de descanso de 15 a 60 días (Cuadro 11). Sin embargo, en este trabajo las mayores producciones encontradas están confundidas con el efecto del periodo de muestreo de la planta, debido a que en todos los tratamientos solo se cuantificaron tres cortes de forraje, de esta forma en los tratamientos con frecuencias de corte de 15 días solo fue muestreada la producción de 45 días, mientras que con las frecuencias a 60 días se muestreó la producción de 180 días. Esto explica en cierta forma las altas diferencias de producción obtenidas con las especies para las diferentes frecuencias de corte.

Sin embargo, varios investigadores han reportado incrementos significativos en la producción de forraje para diferentes especies con los mayores intervalos entre cortes cuando no se encuentra confundido el efecto del periodo de muestreo de la planta. En las especies Cynodon dactylon var coursii cortando a 45 y 60 días se encontraron aumentos en el rendimiento total de forraje seco con la menor frecuencia (Sotomayor et al., 1974). Por otra parte, Middleton (1982) cortó los pastos Brachiaria decumbens y Digitaria decumbens a intervalos de 3, 6 y 12 semanas durante dos años, encontrando los mayores rendimientos asociados a los mayores intervalos de corte. Asimismo, Caro-Costa et al (1972) cortando a 30, 45, 60 y 90 días, obtuvieron las más altas producciones a 90 días,

Las mayores producciones de forraje encontradas en este trabajo y que coinciden con las reportadas por los autores mencionados están asociadas a periodos prolongados de corte que permiten un incremento en el área foliar y, hasta cierto punto, mayor intercepción de luz e incrementos en la actividad fotosintética (Brown y Blaser, 1968). Sin embargo, no se puede comparar la producción entre especies por las razones ya mencionadas.

4.2 Peso de la raíz

El peso de la raíz entre las diferentes especies fue significativamente diferente ($p < .05$) (Cuadro 12). Las raíces de las gramíneas fueron en promedio 1.4 veces más pesadas que las de las leguminosas y entre gramíneas el jaragua fue 36% mayor que guinea, asimismo, entre leguminosas el glycine fue 36% mayor que centrosema.

Asimismo para todas las frecuencias de corte las gramíneas superaron a las leguminosas hasta en más del 100%, (Cuadro 13) sin embargo el efecto en las diferentes frecuencias de corte no puede ser comparado por las razones que se dieron en el punto 5.1.4.

Las diferencias en el peso de la raíz entre familias son similares a las tendencias reportadas por otros investigadores,

Cuadro 11 Rendimiento de forraje en especies tropicales con diferentes intervalos de cosecha

ESPECIE	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
Panicum maximum	6.08	10.40	14.44	17.35
Hyparrhenia rufa	4.95	11.46	14.24	21.29
Neonotonia wightii	2.14	5.57	9.22	12.33
Centrosema pubescens	2.62	5.39	8.97	11.39

Cuadro 12 Peso de la raíz en especies tropicales promedio de la altura y frecuencia de corte.

ESPECIE	peso de la raíz g ms/maceta/corte
Panicum maximum	21.14 b
Hyparrhenia rufa	28.82 a
Neonotonia wightii	11.88 c
Centrosema pubescens	8.65 c

Valores con distinta literal son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 13 Efecto de la frecuencia de corte en el peso de la raíz de especies tropicales .

ESPECIE	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	g ms/maceta/corte			
Panicum maximum	12.71	23.09	26.09	22.66
Hyparrhenia rufa	21.76	34.95	33.35	25.59
Neonotonia wightii	9.57	9.66	13.76	14.52
Centrosema pubescens	6.19	7.90	10.28	10.23

't Mannetje y Pritchard (1974) encontraron que las raíces de las gramíneas fueron 143% más pesadas que las de las leguminosas y entre las gramíneas en la especie Setaria anceps fue 400% más pesada que el Cenchrus ciliaris. Igualmente en leguminosas en Trifolium repens fue 350% más pesada que en Stylosanthes guyanensis. Por otro lado, Noguera (1981) trabajando con las leguminosas Desmodium intortum, Pueraria phaseoloides y Galactia striata encontró que los pesos de la raíz y base de los tallos a 150 días de descanso fueron de 18.2, 26.4 y 4.4 gr. respectivamente, por otro lado, Kittock y Patterson (1959), encontraron a los 49 días de crecimiento una elongación de la raíz de 73.8 y 48.9 cm para Andropogon desertorum y Andropogon cristatum respectivamente, mientras que el crecimiento de Festuca arundinacea fue de 12.2 cm

Las diferencias en peso, forma y tamaño de la raíz entre y dentro de familias encontradas en este trabajo y que coinciden con lo reportado por varios investigadores, se debe a la interacción de factores genéticos y ambientales como: especies, suelo (contenido de oxígeno y dióxido de carbono, pH, temperatura, humedad, compactación y fertilidad), ambiente (luz y temperatura, defoliaciones, densidad de plantas) y estado fenológico de la planta (Gardner et al, 1985). Estos factores han sido estudiados por diferentes investigadores (Burns, 1972; 't Mannetje y Pritchard, 1974; Chaudhary y Prihar, 1974; Norden, 1964).

En general las gramíneas poseen una raíz compuesta por múltiples filamentos primarios y delgadas ramificaciones secundarias que en conjunto forman un sistema de raíz denominado fibroso, mientras que las leguminosas poseen generalmente una raíz principal con geotropismo positivo, de la cual se forman otras ramificaciones secundarias, terceras etc, con un geotropismo positivo no tan marcado como en la raíz primaria (Gardner et al, 1985). Las distintas formas de la raíz entre familias así como las diferentes velocidades de elongación e incremento de peso descritos anteriormente explican las diferencias encontradas en el peso de la raíz entre las especies estudiadas.

4.2.1 Altura de corte.

El peso de la raíz para las diferentes especies presentó diferencias significativas entre las alturas de corte efectuadas ($P < .05$) (Cuadros 14, 15, 16 y 17).

En la frecuencia de corte cada 15 días (Cuadro 14); se observó que la raíz de las gramíneas fue en promedio 2.2 veces más pesada que la de leguminosas para las diferentes alturas de corte. Dentro de familias de plantas el glycine y pasto jaragua presentaron el mayor peso de la raíz. Por otro lado, comparando el peso de la raíz de los cortes a 5 y 15 cm, este se duplicó en promedio cuando se cortó a mayor altura, tanto para gramíneas como para leguminosas

En la frecuencia de corte cada 30 días (Cuadro 15); se observó que la raíz de las gramíneas fué en promedio de 2.6 veces más pesada que las de leguminosas para las diferentes alturas de corte. Por otro lado, comparando el peso de la raíz de los cortes a 5 y 15 cm, este se incrementó 1.2 y 2.6 veces para los grupos de gramíneas y leguminosas respectivamente cuando se cortó a mayor altura.

En la frecuencia de corte cada 45 días (Cuadro 16); se observó que la raíz de las gramíneas fué en promedio de 1.6 a 4.0 veces más pesada que las de leguminosas para las diferentes alturas de corte. Dentro de familias de plantas glycine y pasto jaragua presentaron el mayor peso de la raíz. Por otro lado, comparando el peso de la raíz de los cortes a 5 y 15 cm, este se incrementó 1.0 y 2.5 veces para los grupos de gramíneas y leguminosas respectivamente cuando se cortó a mayor altura.

En la frecuencias de corte cada 60 días (Cuadro 17); se observó que la raíz en las gramíneas fué en promedio de 2.9 a 1.8 veces más pesada que en leguminosas para las diferentes alturas de corte; al igual que los cortes a 15 y 45 días, dentro de familias de plantas el glycine y pasto jaragua presentaron el mayor peso de la raíz. Asimismo, comparando el peso de la raíz de los cortes a 5 y 15 cm, este se incrementó 1.1 y 2.1 veces para los grupos de gramíneas y leguminosas respectivamente cuando se cortó a mayor altura.

Estas tendencias pueden ser explicadas en base al contenido de CNET ya que una de las principales funciones de la raíz es el almacenamiento de CNET (Baker y Garwood, 1961), los cuales son empleados cuando la demanda de energía de la planta supera las tasas fotosintéticas (Buwai y Trlica, 1977)

En las plantas perennes después de la defoliación o extracción del tejido fotosintético, se requiere una cantidad de carbohidratos de reserva para iniciar el crecimiento del nuevo rebrote, parte de estos CNET son removidos de la raíz (Tejos 1983), esto trae como consecuencia una reducción en el peso de la misma (Smith y Silva, 1969), lo cual da crédito al viejo dicho "la poda de los tallos es una poda de la raíz" (Gardner et al, 1985). Sin embargo, los tallos y hojas remanentes pueden contribuir al aporte de nutrientes para la formación de los rebrotes después de la defoliación, de esta forma la cantidad de nutrientes extraídos de la raíz se reduce permitiendo que la raíz continúe su desarrollo normal poco después de la defoliación. Esto podría explicar el incremento en el peso de la raíz con las mayores alturas, con lo cual la mayor disponibilidad de CNET causado por la mayor cantidad de tallos y hojas remanentes, permitió una pronta recuperación y mayor desarrollo de la raíz.

Cuadro 14 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 15 días y diferentes alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	8.4c	12.2b	17.4a
Hyparrhenia rufa	16.4b	16.8b	32.2a
Neonotonia wightii	6.8b	7.5b	12.5a
Centrosema pubescens	4.0b	4.3b	9.1a

Valores con distinta literal en un mismo renglón son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 15 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 30 días y diferentes alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	21.4b	22.2b	25.5a
Hyparrhenia rufa	33.7b	29.2c	41.8a
Neonotonia wightii	4.8c	8.2b	15.7a
Centrosema pubescens	5.1b	7.7ab	10.8a

Valores con distinta literal en un mismo renglón son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 16 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 45 días y diferentes alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	22.8b	25.8b	29.5a
Hyparrhenia rufa	32.4b	36.1a	31.1b
Neonotonia wightii	7.7c	13.4b	20.4a
Centrosema pubescens	6.1c	9.1b	15.5a

Valores con distinta literal en un mismo renglón son diferentes ($P < .05$)

Cuadro 17 Peso de la raíz de diferentes especies en condiciones de invernadero con defoliaciones a 60 días y diferentes alturas de corte

ESPECIE	ALTURA DE CORTE (cm)		
	5	10	15
	g ms/maceta/corte		
Panicum maximum	20.7b	23.1b	24.1a
Hyparrhenia rufa	22.8b	26.7a	26.4a
Neonotonia wightii	9.0c	16.7a	17.8a
Centrosema pubescens	6.1c	10.5b	14.0a

Valores con distinta literal en un mismo renglón son diferentes ($P < .05$)

4.3 Carbohidratos no estructurales totales en la raíz

El contenido de CNET en la raíz mostro diferencias significativas entre especies sobre el contenido de CNET para cualquiera de las frecuencias de corte estudiadas ($p < .05$) (Cuadro 18). Para los cortes a 15 y 30 días el contenido promedio de CNET de las leguminosas fue ligeramente superior a las gramíneas y este efecto se invirtió con los cortes a 45 y 60 días. Por otro lado las especies incrementaron su nivel de reservas con las mayores frecuencias de corte, observandose incrementos de 3 a 90 % para jaragua y glycine respectivamente.

Las variaciones en el contenido de CNET entre las diferentes especies a sido reportado por otros investigadores, Nelson y Smith (1968) encontraron en la raíz de alfalfa (Medicago sativa) y Lotus corniculatus niveles de 4.5 y 10 % respectivamente para los meses de mayo a julio. Asimismo, Noguera (1981) a los 45 días de edad en la raíz de Desmodium intortum, Pueraria phaseoloides y Galactia striata encontró 5.9 1.46 y 2.56% respectivamente. Por otro lado Vázquez (1978) en la raíz de Cynodon plectostachyus y Brachiaria mutica encontró niveles de 1.3 y 3.1 % respectivamente y Galaviz (1981) encontró en la raíz de Hyparrhenia. rufa y Panicum maximum con 35 días de descanso niveles de 4.7 y 5.9 % respectivamente.

Como se explico en el punto anterior (5.2.2) una de las funciones de la raíz es el almacenamiento de las reservas de fotosintatos y la capacidad de almacenaje varia entre las diferentes especies de plantas, presentando mayor capacidad de almacenaje las leguminosas que las gramíneas (Gardner et al, 1985). Sin embargo, los mayores niveles de una especie no implica que su contenido total sea mayor, ya que esto seria dado por el tamaño o peso total de la raíz y su concentración de CNET

Las variaciones en los niveles de CNET para una misma especie con las diferentes frecuencias de corte han sido reportadas por otros investigadores en diferentes especies. Humfrey y Robinson (1966), Reynold (1969) y White et al (1972) encontraron variaciones estacionales de las reservas, los niveles mas bajos fueron obtenidos durante finales de la primavera y principios de verano y los mayores niveles durante el otoño en los meses de octubre y noviembre. Estas variaciones estan relacionadas con las diferentes tasas fotosintéticas que se obtienen durante las estaciones del año y los cambios de estado vegetativo a reproductivo de las especies.

4.3.1 Altura de corte.

El contenido de CNET en la raíz entre las distintas alturas de corte fué diferente en las gramíneas ($p < .05$), sin embargo este efecto no fue significativo en las leguminosas, (Figura 1).

Por otro lado, el contenido promedio de reservas entre gramíneas y leguminosas fue muy similar con las alturas de corte a 10 y 15 cm. Sin embargo, en los cortes a 5 cm las leguminosas presentaron mayores niveles que las gramíneas.

Cuadro 18 Contenido de CNET (%) en la raíz en especies tropicales con diferentes frecuencias de defoliación bajo condiciones de invernadero

ESPECIE	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
<i>Panicum maximum</i>	5.56b	5.73b	5.83b	8.84a
<i>Hyparrhenia rufa</i>	4.71b	4.09c	9.17a	9.23a
promedio	5.13	4.91	7.50	9.03
<i>Neonotonia wightii</i>	5.71b	4.51c	7.35b	7.49b
<i>Centrosema pubescens</i>	7.25a	7.92a	7.36b	7.50b
promedio	6.48	6.21	7.35	7.49

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

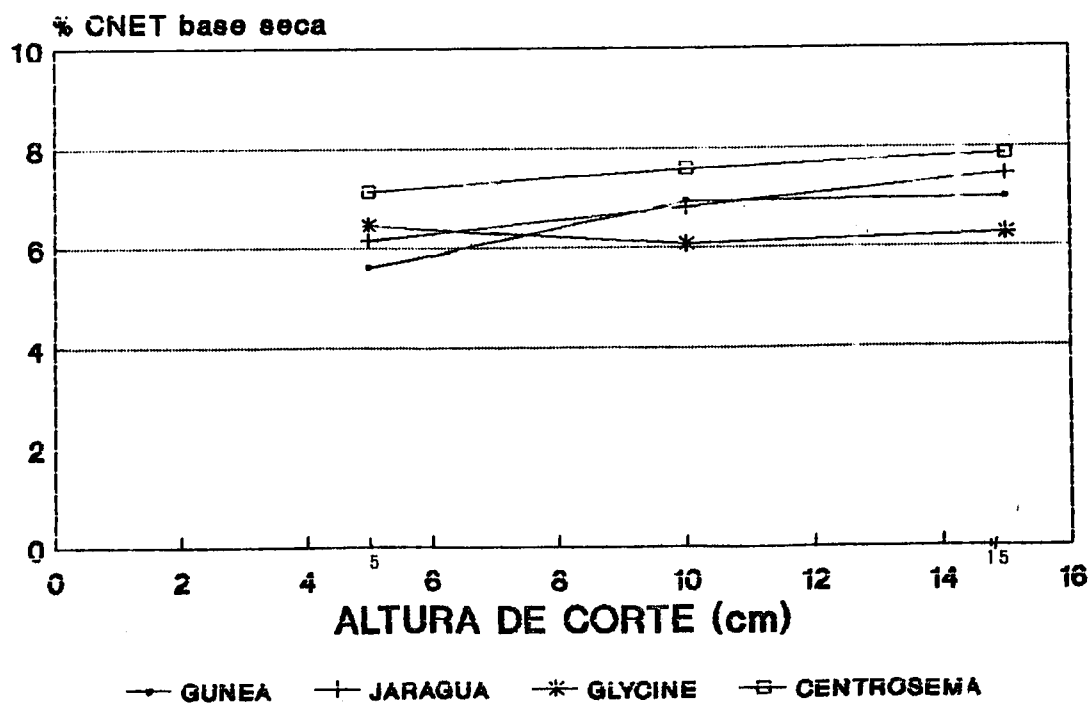


FIGURA 1. Efecto de la altura de corte sobre el contenido de CNET (%) de la raíz de cuatro especies tropicales.

El pasto guinea y jaragua no presentaron diferencias en el contenido de CNET con las diferentes alturas de corte para ninguna de las frecuencias de defoliación estudiadas ($p > .05$) (Cuadro 19, 20). En guinea las tendencias observadas variaron en las diferentes frecuencias de corte; los niveles más bajos se encontraron con los cortes a 5 cm para todas las frecuencias excepto a 60 días, y los mayores niveles se observaron en los cortes a 15 y 10 cm para las diferentes frecuencias. En jaragua las tendencias observadas fueron a incrementar los niveles de reserva con las mayores alturas de corte para las frecuencias de defoliación de 15, 30 y 45 días,

El glycine no presentó diferencia en el contenido de CNET con las diferentes alturas de corte para ninguna de las frecuencias de defoliación estudiadas ($p > .05$) (Cuadro 21), asimismo, no se encontró ninguna tendencia clara en el comportamiento de los niveles de reserva con las diferentes alturas y frecuencias estudiadas. El centrosema presentó diferencia en el contenido de CNET para las alturas de corte con los intervalos de corte a 15 y 30 días, sin embargo este efecto no fue significativo en los intervalos de corte a 45 y 60 días ($p < .05$) (Cuadro 22).

Resultados similares en cuanto a diferentes respuestas en los niveles de CNET han sido reportados por otros investigadores cortando diferentes especies a diferentes alturas, Vazquez (1978) cortando pasto estrella (*C. plectostachius*) en periodo de nortes a 0 y 10 cm encontró los mayores niveles de CNET con las mayores alturas sin embargo en pasto pará (*B. mutica*) cortando a 10 y 20 cm no encontró efectos significativos. Asimismo, Tejos (1983) no encontró diferencia en la concentración de CNET de *S. capitata* cortando a 5 o 10 cm. Por otro lado, bajo pastoreo con cuatro asignaciones de forraje por animal se encontró una reducción en el tamaño y niveles de CNET de la raíz con las menores asignaciones de forraje (Becerra y Avendaño 1988).

Una de las funciones de la raíz de las plantas es el almacenamiento de las reservas de carbohidratos (Gardner et al, 1985), asimismo, los tallos, bulbos estolones y rizomas efectúan esta función (Baker y Garwood, 1961), de esta forma, las mayores alturas de corte permiten a las plantas conservar una mayor cantidad de tallos y hojas remanentes que posteriormente podrían aportar cierta cantidad de fotosintatos para la formación del rebrote. En el presente trabajo las mayores alturas de corte permitieron mantener mayores niveles de CNET en la raíz con los menores intervalos de corte. Por otro lado, el peso total de la raíz también se incrementó con los mayores alturas de corte lo cual permite inferir que las mayores alturas de corte permiten almacenar mayores cantidades de reservas que posteriormente pueden ser utilizadas cuando las necesidades de la planta sean mayores a la producida por fotosíntesis (Buwai y Trilica, 1977).

Todas las especies tendieron a incrementar su nivel de CNET con los mayores intervalos de corte, sin embargo la diferencia observada entre graníneas y con las diferentes alturas de corte a intervalos de 45 y 60 días puede deberse a la observación hecha

Cuadro 19 Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET % en la raíz de Panicum maximum (guinea)

altura de corte (cm)	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	porcentaje en base seca			
5	3.71a	4.96a	4.90a	8.78a
10	5.96a	6.51a	6.68a	8.51a
15	7.00a	5.71a	5.91a	9.23a

Valores con igual literal en una misma columna no son diferentes ($P > .05$)

Cuadro 20 Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET % en la raíz de Hyparrhenia rufa (jaragua)

altura de corte (cm)	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	porcentaje en base seca			
5	3.45a	3.83a	9.11a	8.23a
10	4.38a	3.95a	8.81a	10.06a
15	6.30a	4.50a	9.60a	9.40a

Valores con igual literal en una misma columna no son diferentes ($P > .05$)

Cuadro 21 Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET % en la raíz de Neonotonia wightii (glycine)

altura de corte (cm)	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	porcentaje en base seca			
5	5.88a	4.58a	8.23a	7.11a
10	6.00a	4.23a	6.66a	7.41a
15	5.26a	4.71a	7.16a	7.95a

Valores con igual literal en una misma columna no son diferentes ($P > .05$)

Cuadro 22 Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre el contenido de CNET % en la raíz de Centrosema pubescens (centro)

altura de corte (cm)	frecuencia de defoliación (días)			
	15	30	45	60
	porcentaje en base seca			
5	5.86b	6.86b	7.71a	8.05a
10	7.33b	9.05a	7.26a	6.63a
15	8.56a	7.86b	7.11a	7.81a

Valores con distinta literal en una misma columna son diferentes ($P < .05$)

por Gardner et al (1985) de que la raíz de las leguminosas tiene mayor capacidad de almacenaje de reservas que las gramíneas. Por tal motivo el mayor tamaño de la raíz obtenida con las mayores alturas de corte y con las mayores frecuencias, permitió una dilución del contenido de CNET obteniendo menores niveles con las mayores alturas de corte.

4.3.2 Niveles de carbohidratos no estructurales totales después de la defoliación

Después de la defoliación todas las especies tendieron a reducir sus niveles de CNET en la raíz, los niveles más bajos se registraron alrededor del octavo día después del corte, posteriormente estos niveles se incrementaron hasta alcanzar el contenido inicial lo cual ocurrió a los 25 - 30 días (Figura 2).

Resultados similares han sido reportados por varios investigadores en diferentes especies, Galaviz (1981) con P. maximum e H. rufa encontró un descenso en los niveles de CNET hasta la primera y segunda semana de descanso y posteriormente tendieron a incrementarse hasta alcanzar los mayores niveles a las 4 y 5 semanas. Asimismo, Becerra y Avendaño (1988) trabajando con Dactylis glomerata y Medicago sativa encontraron los niveles más bajos al séptimo día después del pastoreo y posteriormente se incrementaron. Por otro lado, Tejos (1983) en S. capitata midió los niveles de CNET en raíz, tallo y hojas remanentes durante el periodo de descanso y encontró una reducción de los CNET los 4 días posteriores al corte, después los niveles se incrementaron hasta igualar sus niveles iniciales cerca del día 25.

El empleo de las nuevas técnicas en el estudio de los carbohidratos de reserva han mostrado evidencias de que éstos son usados en la formación del rebrote después de la defoliación (May, 1960, Booyesen y Nelson, 1975).

Los rebrotes pueden comenzar a emerger entre el quinto y octavo días dependiendo de la severidad de las defoliaciones previas. Durante este tiempo el peso de la planta no se incrementa debido a que las tasas de respiración generalmente exceden a la fotosíntesis (Alberda, 1966, Davidson y Milthorpe, 1965). Posteriormente, si las condiciones ambientales son apropiadas para la fotosíntesis, el crecimiento del rebrote comienza a ser independiente de reservas de carbohidratos y sus altas tasas fotosintéticas permiten recuperar los CNET utilizados.

Durante los primeros 8 días después de la defoliación se efectúa la mayor utilización de los CNET para la formación del nuevo rebrote (White, 1973), posteriormente se reduce su utilización y comienza a incrementarse nuevamente el contenido para alcanzar los niveles iniciales como fue observado por los investigadores antes mencionados. De acuerdo a estos resultados, las defoliaciones frecuentes antes de que se recuperen las reservas empleadas, puede ocasionar un agotamiento de la planta llegando a la muerte de la cepa (Donart y Cook, 1970).

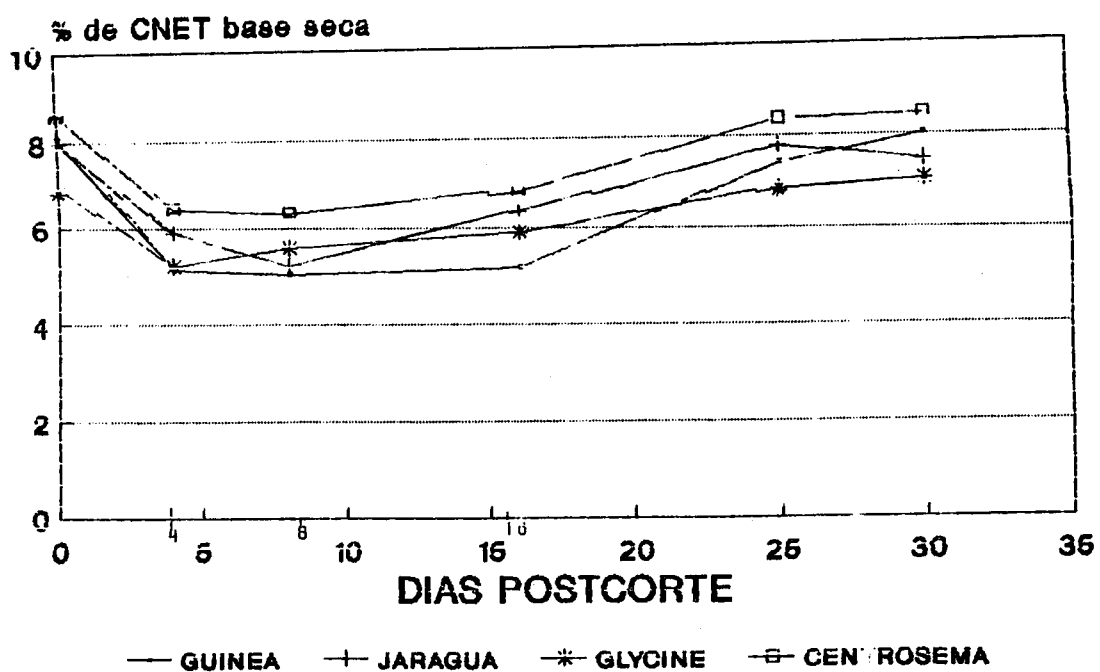


FIGURA 2. Variaciones en el contenido de CNET (%) en la raíz de cuatro especies tropicales durante el rebrote.

La reducción de reservas fluctuó entre 30 y 40 % del valor inicial en las diferentes especies, lo cual es similar a lo reportado por Smith y Marten (1970) y Tejos (1983). Los valores más bajos se encontraron hasta el octavo día post defoliación, lapso que resultó similar al reportado por Galaviz (1981) en Hyparrhenia rufa y Panicum maximum, sin embargo resultó mayor al reportado por Tejos (1983) EN Stylosanthes capitata.

Ward y Blaser (1961) mencionan que bajo periodos prolongados que impidan una adecuada fotosíntesis, el estímulo de las reservas para el crecimiento del nuevo rebrote puede durar hasta 20-25 días después de una parcial o total defoliación. Después del octavo día los CNET se incrementaron e igualaron el valor inicial entre 25 y 30 días post defoliación, lapso similar al reportado por Becerra y Avendaño (1988) y mayor al reportado por Galaviz (1981) y Tejos (1983). La velocidad de recuperación de los carbohidratos de reserva está relacionada con las tasas de la fotosíntesis, por ello todos los factores que la alteran influyen de alguna forma sobre los CNET.

5. CONCLUSIONES

1. Con las alturas y frecuencias de corte empleadas en este trabajo las defoliaciones a mayor altura aumentaron la producción de forraje en las leguminosas y la redujeron en las gramíneas.
2. El peso de la raíz se incrementó con las mayores alturas de corte en gramíneas y leguminosas.
3. Las mayores alturas de corte incrementaron los niveles de carbohidratos de reserva en la raíz de gramíneas y leguminosas en las defoliaciones cada 15 y 30 días.
4. Las alturas de corte pierden efecto sobre los carbohidratos de reserva en la raíz con los mayores intervalos de corte.
5. El nivel original de CNET se recupero entre los 25 y 30 días después de la defoliación.

6 BIBLIOGRAFIA.

- Adegbala, T. A., Mba. A. U. y F. Q. Olabujaj. 1977. Studies on west african dwarf sheep fed on basal hay or plus concentrates of warning protein concentrates. I-Dry matter and crude protein digestion and utilization. Trop. Agric. 54: 233-235
- Alberda, Th. 1966. The Influence of reserve substance on dry-matter production after defoliation. 10th Int. Grassland Congr., Proc. Helsinki, Finland. p. 140-147.
- Armendariz, Y. I. R.; 1985 Evaluación de tres fuentes de fósforo sobre la producción y calidad de forraje de glycine (Neonotonia wightii) verd. var Tinaroo. Tesis de Lic. de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México. Depto de Zootecnia.
- Asare, D. E. 1970. Effect of fertilization, height and frequency of cutting on herbage yield and nutritive value of Cenchrus ciliaris (buffel grass) in forest region of Ghana. 11th Int. Grassland Congr., Proc. Paradise Queensland Australia. p 594-597.
- Baker, H. K. y E. A. Garwood. 1961. Studies in the root development of herbage plants. V.- Seasonal changes in fructosans and soluble sugar contents of cocksfoot herbage age, stubble root under two cutting treatment. J. Br. Grass. Soc., 16: 262-267.
- Barber, S. A. 1978. Growth and nutrient uptake of soybean roots under field conditions. Agron. J. 70: 457-61
- Becerra, B. J.; 1984. Efecto de la altura y frecuencia de corte en la producción de forraje de huaje o leucaena (Leucaena leucocephala). Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo México, Depto. de Zootecnia. p 27.
- Becerra, B. J.; M. J. Avendaño. 1988. Efecto de la asignación de forraje sobre los niveles de carbohidratos de reserva en una asociación Orchard (Dactylis glomerata) y Alfalfa (Medicago sativa). Reunion Anual de Buiatria, Querétaro Mex. p 51.
- Bogdan, A. V. 1978. Tropical pasture and fodder plants. The grasses the legumes. Ed. Longman. New York USA. p. 181-191.
- Booyesen, P. V. y C. J. Nelson. 1975. Leaf area and carbohydrates reserves in regrowth of tall fescue. Crop. Sci. 15: 262-266.
- Brown, R. H. y R. E. Blaser. 1968. El indice de area foliar en el crecimiento de las pasturas. Herbage Abstracts. 38: 1-9.
- Brown, R. H., R. E. Blaser. 1970. Soil moisture and temperature effects on growth and soluble carbohydrates of orchard grass. (Dactylis glomerata). Crop Sci. 10: 213-216.

- Buller, R. E., Aronovich, S., Quinn, L. R. y W, U A. Bisschoff. 1970. Performance of Tropical legumes in the upland savannah of Central Brazil, Proc. 11th Int. Grassld Congr., Surfers Paradise. Queensland Australia, p 143-146.
- Burns, R. E. 1970. Response of three bermudagrass varieties to reduced light intensity. Agron. Abst. 62: 68 (el original no fue consultado).
- Burns, R. E. 1972. Evironomental factors affecting root development and reserve carbohydrates of bermuda grass cuttings, Agron. J. 64: 44-45.
- Buxton, D. R. y W. G. F. Weding. 1970. Establishment of perennial forages II. Subsequent root development. Agron. J. 62: 97-100
- Buwai, M. y M. J. Trlica. 1977. Defoliation effect on root weights and total nostructural carbohydrates of blue grama and western wheatgrass. Crop. Sci., 17: 15-17
- Carambula, M. 1977. Producción y manejo de pasturas sembradas. Ed. Emisferio Sur. Montevideo Uruguay. p 43.
- Caro - Costa, R. F. Abruña y Figarella. 1972. Efect of nitrogen rates harvest interval and cutting heights on yield and composition of star grass in Puerto Rico. J. Agric Univ. P. Rico. 56: 267-279.
- Chatterton, N.J., G. E. Carlson, W. E. Hungertord y D. R. Lea 1972. Effect of tillering and cool nights on photosynthesis and chloroplast starch in Pangola. Crop. Sci 12: 206-208.
- Chaudhary, M. R. y S. S. Prihar. 1974. Root development and growth response of corn following mulching, cultivation, or interrow compaction. Agron. J. 66: 350-55
- Corsi, M. 1986. Effect of nitrogen rates and harvesting intervals on dry matter productions tiller and quality of the tropical grasses Panicum maximum Jacq. Herb. Abst. 1: 6.
- Davisdon, J. L. y F. L. Milthorpe. 1965. Carbohydrate reserves in the regrowth of cocksfoot (Dactylis glomerata L.) J. Br. Grass. Soc. 20: 15-18.
- Deinum, B. 1971. Climate, nitrogen and grass. 3.- Some effects of light intensity on nitrogen metabolism; Neth. J. Agric. Sci. 19: 184-188.
- Donart, G. B., y C. W. Cook. 1970. Carbohydrate reserve content of mountain range plants following defoliation and regrowth L. Rang. Man., 23: 15-19.

- Dovrat, A., G. P. Dirven y B. Deinum. 1971. The influence of defoliation and nitrogen on the regrowth of Rhodes grass (Chloris gayana kunth) 1.- Dry-Matter production and tillering Neth J. Agric. Sci. 19: 94-101.
- Funes, F., Perez, L. y Ronda, A. 1980. Crecimiento y desarrollo de gramíneas en Cuba. 2.- Efecto de tres intervalos de corte en el rendimiento de ocho gramíneas. Revista cubana de ciencias Agric. 14: 175-181.
- Galaviz, D. L. 1981. Efecto de la frecuencia de pastoreo sobre el contenido de carbohidratos no estructurales en la raíz y base de tallo de los pastos jaragua (Hyparrhenia rufa) y guinea (Panicum maximum). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Problema especial. Miniografo 38 p.
- Garcia, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kooppen. Instituto de Geografía, UNAM. México 246 p.
- Gardner, F. P.; R. B. Pearce y R. L. Mitchell. 1985. Phisyology of crop plant. cap. 10 Root growth. Iowa State University Press. p 246-270.
- Geisler, G. 1967. Interactive effects of CO₂ and O₂ in soil on root and top growth of barley and peas. Plan. Physiol. 42: 305-307
- Gomide, J. A., Noller, C. H. Mott, G. O., Conrad, J. H. y O. L. Hill. 1969. Effect of plant age and nitrogen fertilization on the chemical composition and in vitro cellulose digestibility of tropical grasses. Agron. J., 61: 116-120.
- Goonewardene, L. A.; Nadarajua K. Ravindran, V. y S. Panditharatne. 1986. Effect of nitrogen aplication, defoliation, intensity and defoliation frequency on the yield and freding value of Panicum maximum jacq. Herbage Abstracts. 6: 307.
- Greenfield, S. B., y Smith. 1974. Diurnal variations of nonstructural carbohidrates in the individual parts of switch grass shoots at anthesis, J. Rang. Man., 27: 466-469.
- Grof, B. y W. A. T. Harding. 1970. Dry matter yields and animal productions of guinea grass (Panicum maximum) on the humid tropical coast of north Queensland Trop Grasslds 4: 85-95.
- Hilliard, H. 1975: Eragrostis curvula; Influence of low temperatures on starch acumulation amylolytic activity and growth. Crop Sci. 15: 293-294.
- Holt, D. A. y A. R. Hils. 1969. Daily variation in carbohydrate content of selected forage crops. Agron. J. 61:239-42

- Hughes, R. 1965. Climatic factors in relation to growth and survival of pasture plants, J. Brit. Grass. Soc. 20: 263-271.
- Humphrey, L. R. y A. R. Robinson. 1966. Subtropical grass growth. 1.- Relationship between carbohydrate accumulation and leaf area in growth Queen. J. Agric. Anim. Sci. 23: 211-259.
- Humphrey, L. R. 1975. Defoliation and regrowth. In: Management of improved tropical pastures. Refresher course, Aust Inst. of Agric. Sci., Univ. of Queensland, Sta. Lucia. p. 26-38.
- Javier, E. Q., 1970. The flowering habits and mode of reproduction of guinea grass (Panicum maximum Jacq), Proc. 11th. int. Grassld Congr., Surfers Paradise. 284-289.
- Jones, R. J., 1969. Mortality of some tropical grasses and legumes following frosting in the first winter after sowing. Trop Grasslds 3: 57-63.
- Jones, C. A., A. Reeves, J. D. Scott y D. A. Brown. 1978. Comparison of root activity in vegetative and reproductive soybeans plant. Agron. J. 70: 751-755.
- Kittock, D. L. y Patterson. 1959. Measurement of relative root penetration of grass seedlings. Agron. J. 51: 510-12
- Kortschak, H. y P. Nickell. 1970. Calving-type carbon dioxide fixation in surcane stalk parenchyma tissue. Plant physiol. 45: 515-516.
- Lobato, C. B. y S. F. Sosa. 1987. Efecto de la asignación de forraje y la pendiente del terreno en el consumo y ganancia de peso en ovinos en pastoreo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo, Dep de Zootecnia. 130 p.
- Ludlow, M. M. y G. L. Wilson. 1971. Photosynthesis in tropical pasture plant. I.- Illuminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature and leaf-air vapour pressure difference. Aust. J. Biol. Sci. 24: 449.
- Machado, R. y A. Alfonso. 1981. Centrosema. Pastos y forrajes. 4: 249
- May, L. H. 1960. The utilization of carbohydrate reserves in pasture plants after defoliation. Herb. Abst. 30: 239-245.
- Meléndez, F. 1976. Efecto de tres intervalos de pastoreo en la producción de materia seca de Estrella africana (Cynodon plectostachyus) fertilizado. Informe de actividades académicas y avances de investigación. p. 74-76 CESAT.
- Mengel, D. B. y S. A. Barber. 1974. Development and Distribution of the corn root system under field conditions. Agron. J. 66:341-344

- Middleton, C. H. 1982. Dry matter and nitrogen changes in five tropical grasses as influenced by cutting height and frequency Tropical Grass. 16: 112-117.
- Nelson, C. J. y D. Smith .1968 Growth of birdsfoot trefoil and alfalfa. III. Changes in carbohydrate reserves and growth analysis under field conditions. Crop Sci. 8 :25-28
- Noguera, D. R. 1981. Efecto de la edad en la acumulación de carbohidratos y calidad nutritiva de tres leguminosas tropicales. Tesis de Maestría de la Universidad de Costa Rica. Sistema de Estudios de Postgrado. Turrialba Costa Rica.
- Norden, A. J. 1964. Response of corn (zea mays L.) to populations bed height, and genotypic on poorly drained sandy soil. I. Root development. Agron. J. 56: 269-73
- Olvera, S. A., 1983. Estudios de laboratorio sobre establecimiento de Leucaena leucocephala (lam. de wit) en suelos ácidos. Reunión de investigación pecuaria en México. p 832-838.
- Omaliko, C. P., F. C. Obioha. 1981. Yield and quality of herbage harvested under various rainy-season and dry-season management. Agron J. 73: 1081-1083.
- Osman, A. E. y A. A. Abudiek. 1981. Effect of defoliation on yield and forage quality of some tropical grasses, legumes and otheir mixtures. Exp. Agric. 18: 157-166.
- Paulsen, G. M. y D. Smith. 1969. Organic reserves axilliary bud activity and herbage yields of smooth bromegress as influenced by time of cutting nitrogen fertilization and shading. Crop. Sci., 9: 529-33
- Pérez, J. F. Meléndez y J. A. González. 1976. Efecto de la altura de corte y frecuencia de defoliación sobre la producción del pasto alemán (Echinochloa polystachya) en invernadero. Informe de actividades y avances de investigación CESAT. p. 71-74.
- Pettit, R. D. y R. Fagan. 1974. Influence of nitrogen and irrigation on carbohydrates reserves of buffalograss. J. Rang Man. 27: 179-82
- Reynold, J. H. 1969. Carbohydrate reserve trends in orchardgrass (Dactylis glomerata L.) grown under different cutting frequencies and N fertilization levels. Crop. sci. 9: 720-723.
- Rivera, G. F. C. 1983. Relación sistema foliar-sistema radicular en dos fases de corte para maíz (Zea maíz L.) y sorgo (Sorgum vulgare) bajo condiciones de invernadero.

Tesis de Lic. Tecnológico de Monterrey. Monterrey, Nuevo L.

- Rodriguez, J., y S. Silva. 1975. Effect of two heights and three intervals of grazing on stand of a heavily fertilized star grass pasture, J. Agric. Univ. P. Rico. 59: 215-218.
- Rykbost, K. A., L. Boersma, H. J. Mack, y W. E. Schmisser. 1975. Yield response to soil warming : Agronomic Crops. Agron. J. 67: 733-38
- Shibles, R. M. y C. R. Weber. 1965. Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. Crop Sci. 5: 575-577
- Sivakumar, M. V. K., H. M. Taylor y R. H. Shaw. 1977. Top and root relations of field-grown soybeans. Agron. J. 69: 470-73.
- Smith, D. y J. P. Silva. 1969. Use of carbohydrate and nitrogen root reserves in the regrowth of alfalfa from green house experiment under light and dark conditions. Crop. Sci., 9: 464-67
- Smith, D. 1969. Removing y analyzing total nonstructural carbohydrate from plant tissue. Wisconsin Agric. Exp. Sta. Res. Rep 41 p. 11.
- Smith, D. 1971. Efficiency of water for extraction of total nonstructural carbohydrate from plant tissue., J. Sci. Food. Agric. 22: 445-447.
- Smith, L. H. y C. G. Marten. 1970. Foliar regrowth of alfalfa utilizing ¹⁴C labeled carbohydrates stored in root. Crop. Sci. 10: 146-150.
- Smith, D. 1972. Total nonstructural carbohydrate concentration in the herbage of several legumes and grasses at first flower. Agron. J. 64: 705-706.
- Smith, D. 1975. Trends of nonstructural carbohydrates in the stem bases of switchgrass., J. Rang. Man. 28: 389-391.
- Sotomayor, R. A., F. J. Julia J. A. Arroyo. 1974. Effects of harvest intervals on the yield and composition of 10 forage grasses, J. Agric. Univ. P. Rico, 58: 448-455.
- Taylor, T. H. y W. C. Trumbleton Jr. 1966. Tiller and leaf behaviour of orchard grass (Dactylis glomerata L.) in broadcast planting. Agron. J. 58: 189-192.
- Teitzel, J. K. y R. L. Burt. 1976. Centrosema pubescens in Australia. Trop. Grassl 10: 5-14
- Tejos, M. R. 1983. Efecto de niveles de carbohidratos no estructurales totales en el rebrote de *Stylosanthes capitata*

Vog. (Universidad de Costa Rica, Turrialba. Tesis de Maestria). 45 p

- Ting, S. V. 1956. Rapid colorimetric methods for simultaneous determination of total reducing sugars and fructose in citrus juices. J. Agric. and Food Chem. 4: 263-266.
- 't Mannetje, L. y A. F. Pritchard. 1974. The effect of daylength and temperature on induced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia. Australian J. of Exp. Agric and Anim Husb. 14: 173-81.
- Trecharne, K. J. y J. P. Cooper. 1969. Effect of temperature on the activity of carboxylases in tropical and temperate gramineae. J. Exp. Bot. 20: 170-175.
- Tow, P. G. 1967. Controlled climate comparison of a tropical grass and legume. Neth J. Agric. Sci. 15: 141-54
- Ueno, M. y D. Smit 1970. Growth and carbohydrate changes in the root wood and bark of different sized alfalfa plants, during regrowth after cutting. Crop. Sci. 10: 396-399
- Valentine, J. y A. H. Charles. 1979. The association of dry matter yield nitrogen and soluble-carbohydrate concentration in perennial rye grass (Lolium perenne L). The J. of Agric Sci. 36: 657-660
- Vázquez, G. J. 1978. Efecto del nitrógeno época del año, altura y frecuencia de corte en las reservas de carbohidratos en Estrella africana (Cynodon plectostachyus) y Pará (Brachiaria mutica), Tesis de Maestria CSAT. Cárdenas, Tabasco, México. 169 p
- Waler, S. S.; y J. K. Lewis, 1979, Occurrence of C3 and C4 photosynthetic pathways in north American grasses. J. of Rang Man. 32: 12-16
- Ward, C. Y. y R. E. Blaser. 1961. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. Crop. Sc. 1: 366-370.
- Watschake, T. L. y D. V. Waddington. 1974. Effect of nitrogen source, rate and timing on regrowth and carbohydrates of merion bluegrass Agr. J. 66: 691-696.
- Watson, V. H. y C. Ward. 1970. Influence of intact tillers and height of cut on regrowth and carbohydrate reserves of dallgrass (Paspellum dilatatum poir). Crop Sci. 10: 474-476.
- Weinmann, H. 1961. Total available carbohydrates in grasses and legumes, Herb. Abst. 31: 225.
- West. S. H. 1970. Biochemical mechanism of photosynthesis and growth depression in Digitaria decumbens when exposed to low temperatures. Proc. 11th. Int. Grassld. Congr. Surfers

Paradise, Queensland Australia, p 514-517.

White, L. M.; Jarvis, H. B. y S. C. Cooper. 1972. Nitrogen fertilization and clipping effects on green needlegrass (Stipa viridula): carbohydrate reserves. Agron. J. 64: 824-828.

White, L. M. 1973. Carbohydrates of reserves of grasses, a review. J. Rang Man., 26: 13-17.

Wilkinson, S. R., y A. J. Ohlrogge. 1962. Principles of nutrient uptake from fertilizer band: V. Mechanisms responsible for intensive root development in fertilized zones. Agron. J. 54: 288-91

Wright, N. 1962. Root weight and distributions of blue panicgrass, Panicum antidotale Retz., as affected by fertilizers, cutting height and soil-moisture strrss. Agron. J. 54: 200-202.

7 RESUMEN.

Se estudio el efecto del periodo de descanso y altura de corte sobre laproducción de forraje, peso de la raiz y el contenido de CNET en la raiz. El experimento fue realizado bajo invernadero a 19 20 Lat N y 98 58 Long O y a 2250 msnm. Los factores de estudio fueron cuatro especies forrajeras y tres alturas de corte (5, 10, y 15 cm) distribuidos en un arreglo factorial 3x4, cada tratamiento compuesto por 4 grupos de 6 macetas, a los cuales les fue asignado uno de 4 intervalos entre cortes (15, 30, 45 y 60 días). Se cuantificaron tres cortes de forraje por tratamiento, después de los cuales se extrajo la raiz a los 0,4,8,16,25 y 30 días posterior al último corte, esta fue secada y molida para la cuantificación del nivel de carbohidratos no estructurales totales (CNET) de acuerdo al método descrito por Ting (1956). En leguminosas la producción de forraje estuvo correlacionada con la altura de corte ($p < .05$) con $r = .33$, Las gramineas presentaron un decremento en la producción del 8 al 30% con las mayores alturas en los menores intervalos de corte. En gramineas y leguminosas el peso de la raiz estuvo correlacionado con la altura de corte ($r = .92$) presentando incrementos hasta del 100 % para las mayores alturas en cualquiera de los intervalos de corte. El rango de CNET encontrado fue 6 y 8 % entre las especies y no fue significativo ($p > .05$). Asimismo, entre las alturas de corte los niveles de CNET fueron diferentes ($p < .05$) con las defoliaciones a 15 días. Todas las especies presentaron una reducción de CNET del inicio periodo de descanso hasta los 8 días, posteriormente se incrementaron los niveles hasta alcanzar los iniciales a los 25-30 días después de la defoliación. En las leguminosas estudiadas las alturas de corte menores a 15 cm redujeron la producción de forraje y el peso de la raiz. Asimismo, en gramineas las alturas de corte no tuvieron efecto significativo cuando fueron acompañadas de periodos largos entre defoliaciones y las alturas de corte no tienen un efecto definido sobre los niveles de CNET en la raiz cuando son efectuadas con intervalos de corte mayores a 30 días.

BIBLIOTECA CENTRAL J. A. CH