

**Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias
de la Habana
Fructuoso Rodríguez Pérez**

Instituto de Ciencia Animal

**Análisis del crecimiento del pasto estrella
(*C. nlemfuensis*) bajo condiciones de corte y
pastoreo.**

**Autor: Ing. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez
Tutor: Dr. Rafael S. Herrera**

**Tesis presentada en opción al grado de Doctor en
Ciencias Agrícolas**

La Habana, 1998

Dedicatoria.

A mis Padres, por el estímulo y respeto que siempre me han brindado.

A mi esposa Lucia Fernández Chuairey, de quién he recibido gran apoyo, comprensión e inseparable compañía en todos los momentos de mi vida.

A mis hijos Edgard y Jany, para que siempre busquen la superación.

Agradecimientos.

A la Revolución cubana, por los grandes esfuerzos que realiza en la formación posgraduada de sus profesionales

A mi tutor Dr. Rafael S. Herrera, que con su acertada orientación científica, constante exigencia y dedicación ha contribuido a la realización del presente trabajo de tesis.

A la Lic. Orquidia Lezcano, los técnicos Manuel García, Ana M. Cruz, Aida Romero Nidia Fraga, Lenin Blanco y Pedro González Rodríguez por su gran apoyo en la realización de los trabajos experimentales y de laboratorio.

A los compañeros de los Departamentos de Biotecnología y de Pastos del ICA por sus valiosas recomendaciones y colaboración

A todos mis colegas del Departamento de Producción Animal y en especial a Dr. Ortelio Hernández Decano de la Facultad de Medicina Veterinaria (ISCAH) que me apoyaron y estimularon durante ésta etapa de trabajo.

A los Doctores Emerio Fernández, Gustavo Febles, María Irene Balbín, Ramón Boucourt , Andrés Senra, Gustavo Crespo e Irma Jerez por su minuciosa revisión, sugerencias y aportes a este documento.

A los compañeros del Departamento de Biometría del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y a la Dra. Walkiria Guerra por sus orientaciones en los análisis y procesamiento de la información.

A Félix Herrera, María Morffi, José Ribé, Dafnet Grass y José Alfredo Fernández por la intensa labor en la edición de este documento.

A la Dirección y demás compañeros del Instituto de Ciencia Animal por las facilidades ofrecidas para el desarrollo de este trabajo.

A todos los compañeros que de una forma u otra han contribuido en la realización de esta Tesis.

INTRODUCCION

Desde la década del 60 la ganadería vacuna cubana ha desarrollado cambios tecnológicos basados en el uso de los pastos y forrajes y las posibilidades de los rumiantes para convertir estos alimentos en producto animal sin competir con la alimentación de los monogástricos (Funes et al, 1986).

Esta estrategia se materializó con el apoyo de las estructuras científicas del país, que han efectuado cuantiosos aportes en las ciencias de los pastos y se han introducido en la práctica social tanto por la dirección del Ministerio de la Agricultura, como por la acción de los centros de investigación, lo cual contribuyó a que cada territorio del país cuente con una estructura de pastos y forrajes con potencialidades acorde a las condiciones agroproductivas y edafoclimáticas de cada región.

El pasto Estrella (*Cynodom nlemfuensis*) fue una especie ampliamente extendida en las áreas de la ganadería vacuna desde la década de los años 80 debido a su plasticidad ecológica y adaptación a diferentes regímenes de explotación. La provincia de La Habana constituyó un ejemplo de ello, donde ocupó el 50% del total de las áreas explotadas con pastos cultivados. (MINAGRI 1992).

Esto motivó que fuera una de las especies más estudiadas en las investigaciones agronómicas y con animales, cuyos resultados principales forman parte de diversas tecnologías existentes en el país.

La actual situación económica que atraviesa el país propició serias afectaciones en este potencial forrajero (MINAGRI, 1996). No obstante, aún esta especie forma parte importante de la estructura de pastos en las áreas que se han manejado con sistemas de pastoreos rotacionales.

A partir de 1990 se realizaron profundas transformaciones en la explotación de los pastos, con un enfoque agroecológico y donde los sistemas ganaderos se consideran como un

ecosistema y no como una simple gestión técnico - económica (García Trujillo et al 1995).

Esta nueva visión requiere del conocimiento de las leyes que rigen el funcionamiento de cada uno de los elementos y procesos que forman el sistema, con el propósito de maximizar el flujo de energía y el reciclaje de materiales (Febles et al 1995).

El estudio de la dinámica de los ecosistemas de pastos, y en especial, su capacidad de transformación de energía lumínica y otros sustratos como factores determinantes del crecimiento ha sido una temática aún poco estudiada en las regiones tropicales (Alexandre y Cruz 1992). Similar situación se presenta en nuestro país, aunque ya algunas instituciones científicas han dado pasos en esta dirección.

En nuestro país a partir de 1990 se ha reconsiderado el estudio de la dinámica de crecimiento de los pastos tropicales. La mayoría de la información obtenida en este sentido se limita a la representación algebraica de los cambios que se producen en la fitomasa (altura, masa, densidad), o en los constituyentes químicos en la planta a través del tiempo (Funes, 1977; Herrera, 1981; Barrientos et al, 1985; Herrera y Hernández, 1986 y Ramos et al, 1987) y en otros casos se realizan análisis del crecimiento a través de índices empíricos pero sin penetrar en la esencia de las múltiples y complejas funciones que se desarrollan en las diferentes estructuras morfológicas.

Por otra parte, muchos de estos estudios analizan el crecimiento con relación a algún factor o grupo de factores limitantes en condiciones de parcelas experimentales y no han tenido en cuenta las múltiples relaciones e interrelaciones que se establecen entre el método de explotación, las variables de crecimiento y el complejo ambiental, los cuales constituyen factores claves para el desarrollo de prácticas de manejo en los recursos forrajeros.

Esto hace que su extrapolación a pastoreo no sea válida, producto de las grandes diferencias que introducen los animales en la cosecha de los pastos a través de la selección y el aporte de excreciones, sobre todo en aquellos órganos que son básicos para el desarrollo de los procesos fisiológicos relacionados con la producción de fitomasa.

Las consideraciones anteriores constituyen argumentos principales para el desarrollo del presente trabajo, en el cual se realiza un estudio profundo del crecimiento y desarrollo del pasto estrella, donde se interrelacionan indicadores morfofisiológicos y bioquímicos para explicar la acción limitante de algunos de los factores de manejo de los pastos que constituyen variantes para el crecimiento en las diferentes épocas del año, y en especial, bajo condiciones de pastoreo donde la información es más limitada, lo cual facilitaría el diseño de métodos de explotación racional en esta especie.

Por ello nuestra hipótesis de trabajo fue:

El comportamiento de los indicadores morfofisiológicos del crecimiento del pasto estrella ofrecen la información necesaria para diseñar y explotar sistemas de manejo eficientes en esta especie.

Teniendo en cuenta los aspectos referidos se desarrolló el presente trabajo de tesis que tuvo como objetivos:

- Analizar el crecimiento y desarrollo del pasto estrella bajo condiciones de corte con y sin fertilizante nitrogenado para la producción de forraje.
- Analizar el crecimiento y desarrollo de esta especie manejada en condiciones de baja y alta intensidad de pastoreo.
- Determinar en ambos sistemas de explotación las regularidades e indicadores morfofisiológicos y bioquímicos que caracterizan su crecimiento y desarrollo.

CAPITULO I: REVISIÓN DE LA LITERATURA.

Características anátomo - fisiológicas de los pastos tropicales. Su relación con el crecimiento.

El potencial de crecimiento y producción de los pastos está en dependencia de la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis, así como de su relación con la respiración (Funes et al 1986, Larronto 1989, Pinheiro 1990, Peña y Del Pozo 1992). De ahí que la productividad de los pastizales dependa de la eficiencia de conversión que realicen del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad de los suelos y la energía solar (Squire 1993).

En las regiones tropicales predominan un amplio número de especies de plantas que poseen vías metabólicas diferentes como son: las gramíneas tropicales (vía fotosintética, ácido dicarboxílicos, C₄) y las leguminosas tropicales (vía ácido fosfoglicéricos, C₃), (Whiteman 1980 y Mesa 1996). Además, se ha informado la presencia de híbridos naturales que poseen comportamientos intermedios (C₃/C₄) (Akin et al 1983), los cuales presentan características anatómicas, bioquímicas y fisiológicas particulares que las diferencian en su comportamiento productivo, cuando las condiciones ambientales no son limitantes.

Las plantas C₄ poseen una estructura foliar conocida como anatomía de Kranz que se caracteriza por tener las células del mesófilo dispuestas en corona alrededor de la vaina de los haces vasculares, las cuales poseen paredes celulares gruesas con cloroplastos de mayor tamaño y en disposición específica, mientras que las C₃ presentan un solo tipo de célula con cloroplastos que tienen una estructura agranal y un menor grado de especialización (Guerrero y Losada 1991).

Las vías bioquímicas a través de las cuales estas especies realizan la fotosíntesis también presentan diferencias. En las células del mesófilos de las plantas C₃ la enzima receptora del CO₂ es la ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa - oxigenasa (RUBISCO) y el producto primario en el proceso de reducción es el ácido 3-fosfoglicérico (APG), el cual se reduce a gliceraldehido

3-fosfato (GAP), compuesto de alto nivel energético y punto de partida para la síntesis de hexosas, de las cuales una parte de ellas son empleadas para la regeneración de la RUBISCO, (Ciclo de Calvin-Benson, Valdés y Balbín 1992).

En las plantas C_4 tiene lugar una primera fijación del CO_2 mediante la enzima fosfoenolpirúvico-carboxilasa (PEPC) en ácidos dicarboxílicos tetracarbonados en las células del mesófilo, el cual es transportado hacia las células de las haces vasculares (Sistema de bombeo) donde tiene lugar la descarboxilación, concentración del CO_2 y una fijación vía ciclo de Calvin-Benson. Los carbonos restantes (alanina o pirúvico) regresan al mesófilo, donde se completa su conversión en molécula aceptora primaria (PEPC) (Mesa 1996). Esta distribución funcional entre los dos tipos de células se le denomina fotosíntesis cooperativa (Guerrero y Losada 1991, Jiménez 1996).

Existen tres grupos de subtipos metabólicos a los que se nombra según la enzima que cataliza la descarboxilación (NADP-enzima málico, NAD-enzima málico y PEP-carboxiquinasa (De Armas et al 1988), en los cuales se encuentran un grupo importante de las especies que comúnmente forman parte de los ecosistemas de pastos en las regiones tropicales.

Otras de las características bioquímicas que poseen este grupo de plantas es la alta afinidad de la enzima PEPC por el CO_2 y la mayor actividad carboxilasa de la enzima RUBISCO en las células del haz vascular que permiten que el proceso fotosintético sea aparentemente insensible a los cambios de concentración de O_2 atmosférico (Furbank et al 1990, Krall y Erwards 1990) y respondan de forma positiva al aumento de la concentración de CO_2 atmosférico (Samarakoon y Gifford 1995 y 1996), lo cual garantiza que la fotosíntesis se desarrolle bajo condiciones más estables, siempre que no exista inhibición enzimática por altas o bajas de temperaturas (Simón y Hatch 1994). En las plantas C_3 la actividad de la RUBISCO es dependiente de las concentraciones relativas de CO_2 y O_2 atmosférico (Hatch 1992).

Estos elementos estructurales y bioquímicos hacen que estos grupos de plantas muestren comportamientos fisiológicos diferentes. En la tabla I.1 se presenta de forma resumida las principales características de las plantas C_3 y C_4 , destacándose la superioridad funcional de los

C₄ en: mayor eficiencia de conversión de la energía lumínica y utilización del agua y superior tolerancia a las altas temperaturas de las regiones tropicales.

TABLA I-1 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DIFERENCIALES ENTRE LAS PLANTAS C₃ Y C₄.

<i>Características</i>	<i>C₄</i>	<i>C₃</i>
Capacidad fotosintética, mg C₀₂/dm²/h ³	40-60	20-30
Fotorrespiración neta, mg C₀₂/dm²/h ¹	No existe aparentemente	5-15
Punto de saturación lumínica, Klux ³	60	20-30
Eficiencia del uso de agua, g agua/g MS	450-950	250-350
Relación fotosíntesis/transpiración ²	Baja	Alta
Temperatura óptima de crecimiento, °C ³	22-35°C	15-22°C
Temperatura mínima de crecimiento, °C ³	10-15°C	5°C
Temperatura máxima de crecimiento ³	45°C	30°C
Requerimiento Energético ² Teórico C₀₂:ATP:NADPH-H⁺	1:5:2	1:3:2

1-Whiteman (1980) 2-Valdés y Balbín (1992) 3-Mesa (1996).

A pesar de las ventajas antes señaladas, las plantas C₄ requieren de un costo energético (ATP) superior para el desarrollo de la fotosíntesis (Valdés y Balbín 1992) aunque el balance energético general es superior, debido a que realiza una mayor actividad fotosintética por unidad de superficie foliar (De la Rosa et al 1992).

Esta mayor eficiencia fotosintética le confiere a las plantas C₄ mayores niveles de crecimiento y producción de masa seca, cuyos valores pueden alcanzar hasta 54 g/m²/día y de 67 t MS/há/año, respectivamente siempre que no existan limitaciones biológicas y que las condiciones ambientales sean favorables (García Trujillo et al 1994). Sin embargo, este potencial no está en correspondencia con los niveles de producción por animal que se alcanza (Milera 1991, Pezo et al 1992, García Trujillo et al 1994), cuyas razones están asociadas a las

características anatómicas y morfológicas particulares que poseen, que la hacen menos digestible y con un menor valor de consumo (Wilson 1990, 1993a).

Las plantas C_4 presentan una mayor cantidad de tejido vascular y esclerénquima en sus hojas, las cuales están rodeadas por una doble capa de células con paredes gruesas y suberizadas que la hacen más resistentes al rompimiento mecánico y al ataque microbiano (Wilson 1990). Además, las células del mesófilo que estructuralmente son más digestibles, se encuentran en una menor proporción que en las C_3 , mostrando una relación con los tejidos vasculares de 1.8 a 3.7. Esto hace que disminuya la tasa de degradación, mayor tiempo de retención ruminal y por ende menor consumo (Wilson et al 1989, Wilson 1991, Merchen y Bourguin 1994, Minson y Wilson 1994).

Wilson (1991), Bidlack y Buxton (1992) y más recientemente Moore y Hatfield (1994) señalaron que las gramíneas tropicales (C_4) presentan mayor contenido y distribución de la lignina en la matriz de la pared celular, la cual se encuentra fuertemente enlazada con la hemicelulosa a través de varios tipos de enlaces covalentes (Curnu et al 1994) que limita la degradación del resto de los componentes estructurales y por ende su digestibilidad.

Algunos factores climáticos que afectan el crecimiento de los pastos.

Los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y desarrollo. Sin embargo, estos experimentan modificaciones morfológicas, en el rendimiento y su calidad cuando ocurren cambios en las condiciones climáticas, donde la temperatura, la radiación solar (cantidad y calidad), las precipitaciones y su distribución son los componentes que más determinan en las condiciones tropicales (Pinheiro 1990 y Baruch y Fisher 1991).

Temperatura.

Los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas están influenciados por la temperatura (Taiz y Zeiger 1991), por el grado de relación que éstas poseen con la cinética de las reacciones bioquímicas y el mantenimiento de la integridad de las membranas.

No todas las especies de pastos tienen el mismo valor óptimo de temperatura para el cumplimiento de estas funciones. Así, Pinheiro (1991), Baruch y Fisher (1991) informaron que en las gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético y de crecimiento está alrededor de los 39°C y en las leguminosas entre los 25 a 30°C con una alta sensibilidad a las bajas temperaturas, cuyos efectos negativos en el crecimiento ocurren entre los 0 y 15°C y en algunas especies a los 20°C, cuando la humedad no es un factor limitante (Suárez y Herrera 1986), lo cual está dado por la baja conversión de azúcares en los tejidos de las plantas, producto de una disminución en los procesos de biosíntesis y por un déficit energético producido por una reducción en la tasa respiratoria (Wisniol y Herketh 1987).

Además, se informó por estos autores que cuando las frecuencias de temperaturas por debajo de los 15°C se incrementan durante el período de crecimiento, los asimilatos formados se acumulan gradualmente en los cloroplastos y pueden afectar la tasa de asimilación y traslocación de metabolitos y hasta provocar daños físicos en el aparato fotosintético que limitará el crecimiento de los pastizales.

Las temperaturas por encima del óptimo también reducen sustancialmente el crecimiento, debido a una disminución de la actividad fotosintética por inactivación enzimática y a un incremento de la demanda respiratoria (respiración y fotorespiración), (Weng 1988 y Pollock 1990). Además, bajo estas condiciones aumenta la tasa transpiratoria y se crea un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y por ende el crecimiento (Schnyder y Nelson 1989).

Baruch y Fisher (1991) señalaron que uno de los mecanismos estructurales utilizados por los pastos para reducir los efectos de estrés por altas temperaturas es el aumento del contenido de la pared celular, fundamentalmente en lignina, la cual reduce marcadamente la digestibilidad y la calidad de éstos.

Wilson et al (1991) al estudiar el efecto del aumento de la temperatura en el contenido de componentes estructurales y la digestibilidad en las hojas y tallos de *C. dactylon*, *P. maximum*

var trichoglume, *P. laxaum*, *L. perenne* y *M. sativa* encontraron que la reducción en la digestibilidad de la materia orgánica y de la pared celular estaba asociado a un aumento en la lignificación de sus tejidos. Aunque, Nelson y Moser (1994) argumentaron que pudieran existir otros mecanismos que influyan en este proceso, pero aún la información es muy limitada.

Diferentes trabajos en nuestras condiciones ponen en evidencia el efecto de la temperatura en el crecimiento y calidad de los pastos, aunque en este último la información no es suficiente. Herrera (1984) relacionó un grupo de elementos climáticos con los rendimientos del *C. dactylon Coast cross-1*, *P. maximum* y *C. ciliaris* en el período de diciembre a marzo y encontró que las temperaturas máximas y mínimas fueron los únicos elementos que se relacionaron significativamente con el rendimiento de estas especies. Además, señaló que el número de días con temperaturas mínimas por debajo de 20°C también se relacionó significativamente con este indicador.

En los trabajos desarrollados con otras especies de pastos Crespo (1981 y 1985) encontró que el rendimiento de la *D. decumbens* en los meses más fríos del año (enero - febrero) osciló entre los 5 y 7 kg MS/há/días en condiciones de secano y sin fertilización pero con la aplicación de fertilizantes e irrigación los rendimientos no sobrepasaron los 24 kg MS/há/día.

En el resto de los meses del año el crecimiento y producción de los pastos muestra un comportamiento diferente, donde la temperatura no es un elemento limitante. Esto se corrobora en los trabajos de Ayala et al (1989) en el crecimiento del *P. purpureum sp* y similares resultados son informados por Jérez et al (1987) en las especies *Cynodon dactylon*, *C. nlemfuensis* y *D. decumbens*, los cuales mostraron su crecimiento máximo en los bimestres mayo - junio y julio - agosto.

Radiación Solar

La radiación solar es un elemento climático que se encuentra estrechamente relacionado con procesos fisiológicos fundamentales vinculados con el crecimiento y los cambios morfológicos que experimentan los pastos y forrajes a través de su desarrollo.

La conversión de energía solar en biomasa en los pastos es variable y depende de las vías metabólicas a través de las cuales efectúa la fotosíntesis. En ese sentido, Keulen (1987) informó que la tasa fotosintética de los pastos es una función de la energía disponible. Las plantas C_3 sometidas a altas intensidades de radiación afectan la tasa de asimilación neta y alcanzan el estado de saturación lumínica en sus hojas a valores de 300-400 $J/m^2/seg$ bajo condiciones controladas.

En las plantas C_4 , por las razones bioquímicas y anatómicas antes explicadas, fotosintetizan más por unidad de radiación absorbida (Baruch y Fisher 1991) y alcanzan la saturación lumínica a niveles superiores, con eficiencias de hasta un 6% (Cooper 1970, citado por Nelson y Moser 1994). Sin embargo, en condiciones normales de explotación las hojas superiores reducen los niveles de radiación al resto del follaje (Snaydon 1991) y sólo una parte de ellas alcanzan su potencial fotosintético, lo que hace que bajo estas condiciones se alcance la saturación lumínica a intensidades superiores.

Por otra parte, Keulen (1987) señaló que en condiciones de campo las hojas están orientadas en diferentes direcciones y la intensidad de radiación a las cuales la mayoría de ellas están expuestas son mucho más bajas que cuando están dispuestas en un plano horizontal y parte de la energía que llega es dispersada por la misma vegetación, a través de la reflexión y transmisión (Wisiol y Herketh 1987).

Esta situación hace que entre especies que posean vías bioquímicas similares para la fotosíntesis presenten diferencias en la actividad fotosintética en su crecimiento y desarrollo (Lemaire 1995), atribuyéndose esto a las diferentes características anatómicas (Kaiser 1989) y propiedades ópticas que presentan los follajes en las plantas forrajeras (Squire 1993 y Sinoquet y Caldwell 1995).

Además, la arquitectura del césped también modifica la calidad de la luz en su interior, provocan variaciones en las respuestas morfológicas a través de su ciclo de crecimiento (Varler - Grancher y Gautier 1995), las cuales se manifiestan de forma diferente en dependencia de la especie de planta; cuyos rasgos fundamentales son tasa de aparición,

elongación y el tamaño final de los órganos, tasa de senescencia y altura de la planta, entre otras (Sinoquet y Cruz 1995).

La duración del período luminoso es otro factor muy relacionado con la intensidad y calidad de la radiación que puede afectar directamente el crecimiento. Suárez y Herrera (1986) señalaron que los días cortos del período invernal, unido a la baja intensidad de radiación son una de las causas fundamentales de la disminución de la productividad de los pastizales, alegando además que este comportamiento es variable en dependencia de la especie de pasto.

Se ha argumentado por diferentes autores que las especies más afectadas por la duración del día son las pertenecientes al género *Digitaria*, las que reducen marcadamente su tasa absoluta de crecimiento en los meses donde la duración del día es entre las 10-13 horas (Cruz y Moreno 1992 y Primavesi 1993).

En otras especies como *B. humidicola*, *C. dactylon*, *C. plectostachyus* y *P. maximum*, cv Makueni, Tergar et al (1988) informaron una disminución significativa en su productividad durante los días cortos en los meses de diciembre y enero en las regiones montañosas de Puerto Rico.

La radiación solar también ejerce su influencia en otros procesos metabólicos de la planta que determinan en su composición química, ya sea por cambios en la intensidad como en la calidad de la luz. Herrera (1986) informó que el aumento en la intensidad de la luz, favorece los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles en la planta, mostrando un comportamiento inverso con el resto de los constituyentes solubles y estructurales, siempre que otros factores no sean limitantes.

Más recientemente Buxton y Fales (1994) señalaron que en las regiones tropicales la reducción de la intensidad de radiación por el efecto de la sombra cambia la composición química de los forrajes y en especial sus componentes celulares, aunque las respuestas son variables según la combinación de especies.

Wilson (1993b) encontró un aumento en el contenido y rendimiento de nitrógeno en *Panicum* y *Chloris* de un 17 y 36%, respectivamente, mientras en *Cenchrus*, este disminuyó en 4% cuando los niveles de radiación disminuyeron un 50%. En *Cynodon nlemfuensis*, la reducción de la radiación mejoró en 2.3 unidades porcentuales la proteína bruta, sin variar los componentes estructurales y la digestibilidad de la materia orgánica (Anon 1994).

No obstante, Hernández y Simón (1994) señalaron que la reducción en la intensidad luminosa por el sombreado, mejora la digestibilidad de la materia seca debido a una disminución en el contenido de pared celular.

Buxton y Fales (1994) argumentaron que las variaciones producidas en la calidad de los pastos debido a la radiación están más relacionadas con los cambios anatómicos y morfológicos que por el incremento o disminución de algunos de sus constituyentes químicos.

Precipitaciones

El volumen de agua caída por las precipitaciones y su distribución a través del año ejercen efectos notables en el crecimiento y calidad de los pastos debido a su estrecha relación con los factores bioquímicos y fisiológicos que regulan estos procesos biológicos de gran complejidad en los pastos (Baruch y Fisher 1991).

El agua es un componente esencial en las células de las plantas; casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia (Balbín 1988), además se requiere para el mantenimiento de la presión de turgencia y la difusión de solutos en las células (Lösch 1995) y suministra el hidrógeno y oxígeno que están involucrados durante el proceso fotosintético (Buxton y Fales 1994).

Tanto el exceso como el déficit de precipitaciones puede provocar estrés en los cultivos forrajeros. En el caso del primero, generalmente ocurre en los suelos mal drenados durante la estación lluviosa o en las regiones donde las precipitaciones son altas durante todo el año. Su efecto fundamental radica en que causa anoxia en las raíces, afectando su respiración aeróbica, absorción de minerales y agua (Buxi et al 1994) y si este se prolonga, en especies no

tolerantes, disminuye la asimilación y traslocación del carbono (Sojka 1992) y se producen cambios metabólicos que implican la activación de la respiración anaeróbica (Drew 1992), lo cual implica una menor eficiencia energética y bioproductividad en las plantas (Baruch 1994b).

Por otra parte, modifica la distribución y producción de la biomasa, la tasa de crecimiento y concentración de minerales en las plantas, aspecto que fue demostrado por Baruch (1994a) en *H. rufa*, *A. gayanus cv CIAT 621*, *B. mutica* y *E. polystachya* en condiciones de inundación durante 20 a 25 días.

Sin embargo, el estrés por sequía es más común en las regiones tropicales (Chinchilla et al 1990), el cual afecta el comportamiento fisiológico y morfológico de las plantas. El efecto depende de su intensidad y el estado de crecimiento y desarrollo de la planta (Sobrado 1991).

Entre los efectos más sensibles se destacan: la reducción de la expansión celular motivado por una disminución en la presión de turgencia, cierre estomático, la transpiración y por ende la fotosíntesis (De Armas et al 1988) aunque, en este último con efectos directos en los procesos enzimáticos y transporte electrónico (Louguet et al 1993, Irigoyen et al 1992a, Antolín y Sánchez-Díaz 1993), contenido de clorofila y la estructura de las membranas, las cuales a su vez afectan la respiración, aspecto confirmado por Echenique y Curvetto (1991).

El déficit hídrico modifica la partición de la biomasa entre la parte aérea y radicular en las plantas (Baruch 1994b), disminuye el área foliar (Sobrado 1991 y Vadell y Medrano 1992) y su duración (Valero et al 1993) asociado a un incremento en la senescencia y como consecuencia de la abscisión de las hojas (Lösch 1995).

Por otra parte, bajo estas condiciones de estrés se producen importantes cambios metabólicos que en muchas especies se consideran como adaptativas (Sánchez et al 1993), los cuales se caracterizan por una disminución de la síntesis de proteínas, aumento en la concentración de aminoácidos libres, especialmente prolina, glicina, betaína, dipoliaminas y azúcares (Irigoyen

et al 1992b, Sánchez y Aguirreola 1993, Moolineau 1995) y una disminución en la velocidad de síntesis del RNA (Balbín 1988 y Lösch 1995).

Estos cambios metabólicos, generalmente, tienen pocos efectos sobre la calidad de las plantas y los efectos beneficiosos que se señalan están relacionados con el proceso de crecimiento. En una revisión efectuada por Buxton y Fales (1994) informaron que el aumento en la calidad de los pastos debido al estrés hídrico está asociado a cambios morfológicos en las plantas tales como: reducción en el crecimiento de los tallos y aumento en la proporción de hojas, elementos característicos en el retraso de la madurez de las plantas.

Se ha informado por Deetz et al (1991) que el estrés hídrico disminuye la concentración de la pared celular en las hojas y tallos de los forrajes, aunque de forma variable en sus componentes estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), atribuible esto último a la necesidad de la planta de mantener altos valores de carbohidratos en formas solubles durante los ajustes osmóticos.

El efecto de las precipitaciones en el comportamiento de estos procesos morfológicos, bioquímicos y fisiológicos relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastos dependen de múltiples factores que están asociados al ambiente, al suelo y la especie de planta. En este sentido se ha señalado por Keulen (1987) que, el crecimiento de los vegetales es una función de la humedad disponible en el suelo y que este a su vez varía en dependencia de la cantidad y distribución de las precipitaciones, de la estructura y pendiente de los suelos, de los valores de radiación y temperatura, así como del área cubierta por la vegetación.

Los trabajos de Blanco y Roche (1990) y Sinsin (1992) encontraron que las variaciones en la acumulación de masa seca de gramíneas tropicales forrajeras están determinadas de forma altamente significativa por las lluvias caídas.

Estos resultados nos indican que en los períodos donde existe un déficit hídrico en el balance entre las precipitaciones y la evapotranspiración se puede presentar una notable reducción en el crecimiento, productividad y calidad de los pastos, situación que frecuentemente ocurre en

el período poco lluvioso (noviembre - abril) bajo nuestras condiciones. No obstante, este comportamiento es variable de acuerdo con la región del país tanto, en cantidad como en su distribución a través del año (Barranco et al 1990).

Es importante señalar que aunque se hayan discutido de forma independiente los efectos de los principales elementos climáticos en el crecimiento y la calidad de los pastos, estos actúan de forma conjunta con estrechas relaciones e interrelaciones en dependencia de la época del año. Con el conocimiento que actualmente se tiene de ellos, es posible explicar adecuadamente las variaciones que se producen en la productividad de los pastizales bajo nuestras condiciones.

Sin embargo, se debe continuar profundizando en sus efectos fisiológicos, aspectos aún poco estudiado en nuestras instituciones científicas, sobre todo en las variables velocidad del viento y humedad relativa por sus estrechas relaciones con los procesos de adsorción y transporte del agua por los pastos.

Algunos factores de manejo que influye en el crecimiento de los pastos.

El crecimiento y la calidad de los pastos pueden variar considerablemente de acuerdo con el manejo a que son sometidos, con efectos favorables o no en dependencia de la especie de planta y las condiciones edafoclimáticas donde se desarrollan y se destacan entre ellos la fertilización mineral, el riego, la edad, la altura de corte o pastoreo, la carga animal y el tiempo de estancia entre otros, los cuales serán descritos a continuación.

Fertilización y riego

Los elementos minerales en los pastos forman parte de múltiples compuestos que poseen una relación directa con los diferentes procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastos, debido a que estos forman parte de la estructura micromolecular de la unidad fotosintética, así como de diversos compuestos y cofactores que regulan el metabolismo energético y proteico de las plantas, ya sea como activador de reacciones enzimáticas, transportador u osmoregulador (Crespo y González 1986, Mesa y Hernández 1989).

De todos los elementos químicos los que más frecuentemente son limitantes para el crecimiento y la calidad de los pastos en los suelos ganaderos del país son el N, P y K (Paretas 1989), de ahí las respuestas notables obtenidas cuando son aplicados racionalmente como fertilizantes en forma mineral u orgánica.

Dependiendo de la especie, estado de desarrollo y órgano de la planta, el contenido de nitrógeno requerido para un óptimo crecimiento puede variar entre 2 a 5% del peso seco de la planta (Horst 1986). Una fracción sustancial del N-total en las hojas está asociado con las enzimas fotosintéticas, en las plantas C₃ entre el 50 al 55% de la proteína soluble (RUBISCO), mientras en las C₄ entre el 20-35% (RUBISCO y PEP-carboxilasa), de ahí la relación propuesta por Sinclair y Hirose (1989), Osaki et al (1993) y Wojcileska (1994) entre la tasa fotosintética y el contenido de nitrógeno foliar.

Gomide (1989b) señaló que la adición de nitrógeno en *Chloris gayana* incrementó la tasa fotosintética hasta niveles de 60 mg CO₂/dm² y por ende la acumulación de masa seca en la planta. No obstante, esto puede variar en dependencia de la especie de planta. Así, Fernández (1991) encontró un incremento en el peso de *Paspalum* y *Brachiaria* a medida que el nitrógeno aumentó, pero con un comportamiento diferente en relación con el contenido de N-NH₄ libre. *Paspalum* registró un máximo alrededor de los 20 μmol/g N, mientras que en *Brachiaria* no lo alcanzó en el intervalo estudiado (10-40 μmol/g N). Almeida y Monteiro (1995) encontraron semejante respuesta en el *Cynodon dactylon coast-cross-1*, con una relación estrecha entre nitrógeno y la pérdida de masa seca en la planta.

Estos resultados sugieren que no siempre son proporcionales los aumentos de masa seca en la planta debido a un aumento en la concentración de nitrógeno, lo cual puede explicarse por una disminución en la tasa fotosintética asociado a una reducción de la iluminación o cambios en la composición de ésta, motivado por un aumento en el sistema foliar (Lemaire 1995) o a otros factores metabólicos relacionados con la fotosíntesis, respiración y distribución de asimilatos en la planta (Cordoví 1994).

Los trabajos conducidos en el país en relación al efecto del nitrógeno, el crecimiento y productividad de pastos del género *Cynodon*, han reseñado que los rendimientos se incrementan proporcionalmente con los niveles de nitrógeno, hasta el punto a partir del cual aumento de la dosis de nitrógeno disminuye la eficiencia de su utilización, en términos de kg MS/kg N aplicado (Ramos 1983, Mendoza et al 1989, Brunet et al 1990, Clavel et al 1991, Ramos et al 1993a), cuyos valores en *C. nlemfuensis* están entre los 35-50 kg MS/kg N.

Por otra parte, el nitrógeno posee múltiples funciones en otros mecanismos que controlan el crecimiento de las plantas, particularmente el radicular y aéreo, en el desarrollo morfológico de sus hojas y tallos, así como en su sistema asimilativo (Squire 1993, Clavero y Soto 1994).

La composición química de la planta y en especial sus componentes solubles y estructurales también varían con las dosis de nitrógeno. Herrera (1986) encontró en el *Cynodon dactylon* coast cross-1 un aumento en el tenor de proteína bruta y una reducción en los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), lo cual mejoró la digestibilidad de la materia seca. Situación similar informa Ramos et al (1987), Alvin et al (1996), Herrera (1996) en *Cynodon nlemfuensis*, lo cual parece ser rasgo que caracteriza al género *Cynodon*. No obstante, en otras gramíneas tropicales se señala semejante comportamiento, González et al (1992a) en especies del género *Pennisetum*, González et al (1992b) en *Cenchrus ciliaris* y Keftasa (1990) en *Chloris gayana* Kunth.

Sobre el contenido de carbohidratos solubles la literatura informa respuestas variables a la adición de nitrógeno. Sin embargo, Herrera (1983) encontró un ligero incremento en el contenido de los solubles en alcohol y agua, asociado a un incremento en los procesos de síntesis, sobre todo, cuando la temperatura no fue elevada.

Fernández y Pereyra (1995) señalaron que cuando los niveles de nitrógeno en las plantas exceden sus requerimientos nutricionales, los carbohidratos solubles disminuyen y se ajustan a una ecuación potencial ($y=ax^{-b}$) independientemente de las condiciones de temperatura e iluminación en que se desarrolle.

Con relación al fósforo y al potasio sus principales resultados en el cultivo y la explotación de los pastos se centran en la respuesta que ellos manifiestan a su adición en forma de fertilizantes. En este sentido Crespo et al (1986) informaron que la respuesta está en dependencia del tipo de suelo, especie de planta, método que se emplea en su aplicación y el nivel de nitrógeno en la fertilización.

El fósforo y el potasio son dos elementos básicos en la nutrición de los pastos (Remy y Hernández 1988). El primero desempeña un papel directo en su metabolismo al estar vinculado con compuestos orgánicos portadores de energía en forma de ATP; elementos básicos en la síntesis de proteínas, grasas e hidratos de carbono en la planta, así como de elementos estructurales (fosfolípidos), nucleoproteínas, DNA y RNA que desempeñan funciones vitales como constituyente de membranas celulares, división celular y síntesis de proteína (Horst 1986).

El potasio, aunque no constituye un elemento estructural de las plantas, es importante en el metabolismo del nitrógeno en los pastos (Remy y Hernández 1988) con funciones básicas como: activador enzimático, regula los procesos de transporte por membrana (Taiz y Zeiger 1991), en la fotosíntesis y transporte de carbohidratos y regula el sistema hídrico a través del control de la apertura y cierre estomático (De Armas et al 1988).

En general, las respuestas encontradas a la adición de estos fertilizantes son bajas. Crespo et al (1986) informaron que cuando sus contenidos en los suelos Ferralítico Rojo son de 3.5 a 24 mg de P_2O_5 y $K_2O/100$ g, respectivamente y de 1.5 a 2.0 mg P_2O_5 y 14 mg de $K_2O/100$ g de suelo en los pardos, la adición de fertilizantes fosfóricos y potásicos no aumentaron el crecimiento y rendimiento de los pastos en forma marcada, lo cual se confirma en los trabajos de Pacheco et al (1989). No obstante, estos comportamientos están muy relacionados con el del nitrógeno en la fertilización, argumentándose en la literatura que a medida que se incrementa el nitrógeno su respuesta aumenta.

En los últimos años, motivado por la ausencia de estos recursos en nuestro país, se estudian diferentes alternativas para restituirle al suelo los elementos necesarios para el crecimiento y

desarrollo de las plantas a través de diferentes vías como: el reciclado de nutrientes, la utilización de biofertilizantes y el empleo de productos residuales, entre otras, cuyos resultados son alentadores en términos de rendimiento, pero su influencia en el fisiologismo de las plantas aún es objeto de estudio.

En el epígrafe donde se analizó el efecto de los factores climáticos en el rendimiento de los pastos se argumentó la influencia que ejerce el agua en sus principales procesos fisiológicos. Sin embargo, las respuestas esperadas de su aplicación a través del riego en nuestras condiciones son variables en dependencia del régimen de precipitaciones, temperatura, la radiación y el manejo (Suárez y Herrera 1985). De ahí que la interpretación de sus resultados no se puedan separar de los de las condiciones del clima, suelo y el manejo.

La mayoría de los estudios realizados sobre los efectos del riego en los pastizales en el país estuvieron encaminados hacia respuestas en los rendimientos. Existe poca información sobre su efecto en el fisiologismo y la composición química de la planta (Herrera 1986). Los principales resultados obtenidos se informan en los trabajos de Herrera (1984) y Suárez y Herrera (1985).

Edad y altura de corte o pastoreo

En la utilización de los pastos y forrajes, la altura y el momento de la cosecha constituyen elementos básicos en su manejo, por la influencia que estos ejercen en su comportamiento morfofisiológico y productivo. Numerosos experimentos se han realizado donde se estudia la edad y altura de corte o pastoreo con el propósito de profundizar en los diferentes mecanismos relacionados con la defoliación y el rebrote así como en sus respuestas, los cuales están directamente relacionados con la acumulación y distribución de los asimilatos en sus diferentes órganos, con el balance de reservas y velocidad de rebrote.

Bajo condiciones de corte, Ramos et al (1987) en un estudio dinámico del crecimiento de *Cynodon nlemfuensis* con tres niveles de nitrógeno (0, 200 y 400 kg N/há/año) y tres edades de corte encontraron que, en la medida que aumentó la edad de corte la altura y la

acumulación de masa seca aumentó de forma significativa, recomendándose cortar entre la 5 y 6 semanas con dosis de 200 a 400 kg N/há/año, ya que permitió alcanzar los máximos valores de densidad y rendimiento.

En *Cynodon dactylon* coast cross-1, Herrera y Hernández (1985) informaron similar comportamiento en ambas estaciones del año y alcanzó su máxima productividad por unidad de área en lluvias entre las semanas 3 y 4 de rebrote con valores de 155.2 kg MS/há/día y en el poco lluvioso entre las semanas 5 y 7 con 117.1 kg MS/há/día.

Tergar et al (1988) evaluaron tres frecuencias de cortes (35, 45 y 55 días) en el rendimiento de *C. dactylon* coast cross-1, *C. nlemfuensis*, *D. Pentzsi* y *P. maximum* en un suelo oscuro plástico gleyzado en Puerto Rico; informaron que a los 35 días de edad sólo *C. dactylon* coast cross-1 y *D. pentzsi* expresaron el máximo crecimiento con valores de hasta 62.0 Kg MS/há/día, mientras que el resto lo hicieron a los 45 días con 63, 64.5 y 47.6 KgMS/há/día para *C. nlemfuensis*, *P. maximum* y *C. plectostachyus*, respectivamente.

En estudios más recientes, Escobedo et al (1992) en *Panicum maximum* encontraron que la acumulación de masa seca total y sus componentes estructurales variaron significativamente con la edad de rebrote y señalaron como momento óptimo para su utilización entre 5 y 6 semanas de rebrote en lluvia y seca, respectivamente.

En especies del género *Pennisetum*, Martínez (1995) informó que estas manifiestan un crecimiento rápido desde edades muy tempranas y alcanzan su máxima velocidad a las 4 semanas y su rendimiento máximo a las 20 semanas con valores de 23.0 a 35 t MS/ha, dependiendo de la variedad.

La tabla I-2 muestra el comportamiento de la tasa de crecimiento y el máximo rendimiento para diferentes especies tropicales bajo riego y fertilización en dos tipos de suelo en nuestro país, cuyos resultados demuestran que cada especie presenta un comportamiento particular en su dinámica de crecimiento con respuestas variables según el tipo de suelo y condiciones de manejo.

En condiciones de pastoreo la dinámica de crecimiento no sólo depende de las variaciones del clima y el suministro de nutrientes sino de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables en dependencia del hábito de crecimiento, mecanismos de propagación, persistencia y del sistema de manejo empleado en su explotación (Noir-Meir 1992).

En sistemas rotacionales Blanco (1995) en el estudio del crecimiento de *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus*, encontró similares respuestas en la acumulación de masa seca según la edad de rebrote, pero con diferencias en su cinética de crecimiento, así como en las relaciones con sus componentes morfológicos. El porcentaje de hojas, el perímetro y diámetro de las macollas fueron las variables que más se correlacionaron.

En *Cynodon nlemfuensis*, Zambrano (1993) informó un aumento en la masa seca total y el de sus componentes morfológicos con el aumento de la edad y a partir de los ajustes encontrados en los cambios de masa seca total, Torres (1995) señaló que la máxima velocidad de crecimiento se registró en la 3 y 4 semana con valores de 196.3 y 50.44 kg MS/há/día en lluvia y seca, respectivamente.

TABLA I-2 TASA DE CRECIMIENTO DIARIO Y EL MÁXIMO DE RENDIMIENTO DE ALGUNAS GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS EXPLOTADAS EN NUESTRO PAÍS (ADAPTADO DE ALVAREZ ET AL 1997).

<i>Especies</i>	<i>Fertilización</i>	<i>Riego</i>	<i>Tasa de crecimiento</i>	<i>Máximo rendimiento</i>	
			<i>KgMS/há/día</i>	<i>Edad , días</i>	<i>tMS/há</i>
Epoca de lluvia:					
<i>N. wightii</i> ²	+	-	76.4	56	3.6
<i>M. sativa</i> ¹	+	-	70.7	51	2.5
<i>L. leucocephala</i> ¹	+	-	236.4	74	7
<i>L. leucocephala</i> ¹	-	-	130.6	72	5.5
<i>B. brizanta</i>	-	-	58.1	98	2.8
	+	-	130.7	92	4.6
	++	-	161.1	98	16.0
<i>P. maximum</i> ¹	-	-	26.1	35	1.3
Epoca de seca:					
<i>N. wightii</i> ²	+	+	43.7	62	2.9
<i>M. sativa</i> ¹	+	+	185	49	3.7
<i>L. leucocephala</i> ¹	+	-	60.1	77	2.2
<i>L. leucocephala</i> ¹	-	-	60.1	77	2.2
<i>B. brizanta</i>	-	-	2.1	70	0.1
	+	-	4.5	63	0.2
	++	-	18.5	70	0.7
<i>P. maximum</i> ¹	-	-	16.1	42	0.5

1-Suelo Ferralítico Rojo 2-Suelo Oscuro Plástico Gleysado.

+ 25kgN/há/ciclo.

Mileras y Machado (1995) bajo condiciones de manejo semejantes encontró que el rendimiento de masa seca de esta especie no varió de forma significativa con el aumento del

tiempo de reposo, aunque sus mayores valores se lograron entre los 50 y 59 días de rebrote, con una tasa de crecimiento promedio de 73.3 kg MS/há/día.

El aumento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y la digestibilidad de los pastos (Sandoval 1993, Gandera 1994 y Clavero et al 1995), lo cual hace que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad.

Es oportuno señalar que bajo condiciones de pastoreo estos cambios en el tiempo se producen de forma diferente y está relacionado directamente con la cantidad y composición estructural del material residual después del pastoreo. Sin embargo, su utilización a edades tempranas también provoca efectos negativos no sólo por la baja concentración de materia seca y nutrientes (Romero 1993) sino por poseer un contenido de reservas en las partes bajas de los tallos y raíces de la planta que no le permite un adecuado rebrote y crecimiento vigoroso después del corte o el pastoreo (Pinheiro 1990, Senra 1993).

Teniendo en consideración los aspectos antes discutidos es importante buscar un adecuado balance entre el rendimiento, la composición química y el contenido de reservas en las partes bajas y subterráneas de los pastos, que permitan una máxima persistencia y utilización.

La altura de corte o pastoreo es un elemento determinante en la dinámica de crecimiento de los pastos por su estrecha relación con la remoción de los puntos de crecimiento que ocurren durante la cosecha y el balance de carbohidratos de reservas.

En revisiones efectuadas por Ramos (1983) y Alfonso y Gerardo (1993) informaron que cuando el corte o pastoreo se efectúa a bajas alturas, el crecimiento vegetativo se afecta severamente en la primera fase o etapa de crecimiento, debido a que la planta no dispone de un área foliar remanente capaz de efectuar una fotosíntesis activa que le permita una adecuada conversión de energía lumínica en biomasa, dependiendo el crecimiento en esta etapa de las reservas orgánicas de la planta.

La morfología y el hábito de crecimiento de las especies tienen una gran influencia en la interrelación entre la defoliación, el IAF residual y la capacidad de interceptación de la luz, con respuestas diferentes en cada especie de acuerdo con el manejo impuesto (Butt et al 1992).

En un estudio efectuado por Paez et al (1995) donde evaluaron diferentes frecuencias (15, 30, 45 y 60 días) y alturas de cortes (20, 40 y 60 cm) en el crecimiento y distribución de la biomasa aérea de *Panicum maximum*, señalaron que las alturas de 40 y 60 cm proporcionaron una mayor fracción residual de hojas y por ende un área fotosintéticamente activa y una menor movilización de fotoasimilatos desde las raíces.

En especies de hábito de crecimiento rastreras se ha informado comportamientos similares. No obstante, Primavesi (1993) y Mislevy y Pate (1996) señalaron que estas pueden ser cosechadas a bajas alturas y de forma frecuente sin que afecte su dinámica de crecimiento, productividad y persistencia, debido a las características que presenta su sistema asimilativo y la mayor cantidad de puntos de crecimiento no afectados por el corte o los animales en el pastoreo.

Clavero (1993) discrepó sobre la aplicabilidad del índice de área foliar (IAF) como indicador de la capacidad de rebrote en especies donde se hace menos crítico para el crecimiento inicial, debido a que gran parte de las reservas orgánicas pueden ser utilizadas para el mantenimiento de estas estructuras y de esta forma, los asimilatos disponibles para la formación de los nuevos tejidos, son afectados por un período de tiempo más prolongado.

Es importante señalar que los efectos de la altura de corte o pastoreo en el crecimiento de los pastos son más severos, tanto a corto o a largo plazo, cuando se realizan muy cerca de la superficie del suelo y de manera frecuente.

Carga y tiempo de estancia.

En los sistemas de producción basado en pastos, la carga animal es la variable más importante en el manejo que determina en la productividad por animal y por área (Mott 1960, Jérez 1983, Rodríguez et al 1991, Igil et al 1995) y su efecto fundamental es a través de los cambios que se

producen en la disponibilidad y el consumo de los pastos con influencias marcadas en la estructura y composición química de la planta, lo cual repercute directamente en su fisiologismo.

En los trabajos donde se estudió la influencia de estos factores en el crecimiento y productividad de los pastizales, comúnmente el término que se utiliza es intensidad de pastoreo, referido como la cantidad de material residual después del pastoreo (Hart, et al, 1993), nivel de oferta de pasto (Hernández, et al, 1990) y la cantidad de animales que pastan simultáneamente durante una ocupación, (Voisin, 1963; Pinheiro, 1990; y Senra, 1993) debido a la relación que estas poseen con el grado de intensidad con que son defoliados los pastizales y la capacidad de rebrote de los pastos.

No obstante, es oportuno señalar que el término intensidad de pastoreo (UGM días/há) no indica una relación entre el pasto y el animal como lo hace la presión de pastoreo, la cual nos expresa la cantidad de masa seca disponible de pasto por cada 100 Kg de peso vivo por día (Senra 1996).

Noir- Meir, (1992) informó que el aumento en la intensidad de pastoreo reduce el área foliar residual y por ende el crecimiento del pastizal, a través de una menor tasa de crecimiento y una mayor necesidad en la movilización de las reservas, situación que varía en dependencia de la especie de planta y el grado de intensidad con que son defoliados.

Fales et al (1995) encontraron en *Dactylis glomerata* (L) y *Poa pratensis* (L) manejados bajo un sistema rotacional con tres intensidades de pastoreo (35; 49 y 53 vacas días / há) un efecto positivo en la tasa de crecimiento y acumulación de masa seca neta y en la calidad, asociado esto último a una reducción en la cantidad de material senescente y área rechazada por los animales en el pastoreo, cuando se aumenta la intensidad de pastoreo. En especies tropicales Turner y Seastedt, (1993) encontraron similares respuestas y destacaron el papel negativo que desempeña una alta frecuencia de pastoreo cuando los niveles de intensidad son altos, principalmente en la acumulación de las reservas y en la biomasa aérea de las plantas. Por otra parte, informaron la capacidad que poseen estas especies para compensar los efectos de la

alta intensidad de pastoreo y señalaron el aumento de la tasa de expansión foliar, índice de área foliar y asimilación neta como respuesta a la alta intensidad de defoliación; situación similar encontró Chacón-Moreno et al (1995) en *Panicum maximum*.

Maraschin (1996) señaló que los efectos de la defoliación en la fotosíntesis, fijación de carbono y translocación y utilización de los carbohidratos de reserva son de carácter transitorio, cuya duración en *Cynodon dactylon* puede alcanzar hasta 7 días; además argumentó que para que ocurra un balance positivo en la asimilación del carbono debe estar reestablecida la capacidad fotosintética del pastizal en sus hojas remanentes y en crecimiento después del pastoreo, así como la presencia de zonas meristemáticas activas que le permitan a la planta la formación de un nuevo sistema foliar.

González y Yanes (1995) en *Cynodon nlemfuensis* informaron que los efectos más marcados de la intensidad de pastoreo en el rendimiento de la biomasa ocurrieron cuando las condiciones climáticas fueron favorables para el crecimiento del pastizal y registró los mayores contenidos cuando los niveles de intensidad fueron altos con valores de proteína bruta y digestibilidad de la materia orgánica en sus hojas y tallos de hasta 14.06, 8.04 y 47.43 y 40.42%, respectivamente

Bajo nuestras condiciones Reyes et al (1995) informaron similar comportamiento en esta misma especie en las variables de rendimiento de biomasa y en su estructura morfológica, al aumentar la intensidad de pastoreo desde 150 hasta 450 UGM días / há. Del Pozo et al (1997a y b) encontraron un efecto favorable en el desarrollo morfológico y composición química en sus hojas y tallos bajo semejantes condiciones experimentales y argumentaron la necesidad de manejar la intensidad de pastoreo y la edad de rebrote como un sistema debido a las interacciones encontradas entre ambos efectos para cada indicador estudiado.

Esto último esclarece en parte los resultados contradictorios informados en la literatura sobre el efecto de la intensidad de pastoreo en el comportamiento productivo de los pastizales, ya que en su gran mayoría parten de diseños experimentales donde no consideran el estado fisiológico de la planta como un efecto.

Por otra parte, debemos señalar que las respuestas productivas en los pastizales por el aumento de la intensidad de pastoreo no son proporcionales con el nivel de oferta a los animales, de ahí que dicha técnica deba manejarse de forma tal que no comprometa el equilibrio suelo-planta-animal en los sistemas y de esta forma aprovechar las mejoras que ella produce en los indicadores morfofisiológicos y de calidad en los pastizales, independientemente de las que ofrecen a los suelos por el aporte de orina y excreta.

En relación al tiempo de estancia y ocupación la información es más limitada y la existente está relacionada con su efecto en la producción animal, cuyos resultados principales en los experimentos en producción de leche en nuestras condiciones se informan por Senra et al (1985), quienes argumentaron que independientemente de los días de ocupación la variación en la producción de leche diaria estará más relacionada con la disponibilidad y calidad de los pastos al entrar los animales al potrero; ya que no ocurrirán disminuciones en la producción hasta que la oferta no esté por debajo del límite de máxima selección y consumo. Además, este autor señaló (Senra 1993) que el tiempo de ocupación podrá ser de 6 a 7 días y los ligeros efectos del consumo de los rebrotes tiernos podrá ser compensado, permitiéndole el tiempo de reposo óptimo al pastizal.

Crecimiento y desarrollo de los pastos.

Cinética de crecimiento

Bajo condiciones ambientales no limitantes el crecimiento de los pastos, expresado a través del aumento de peso seco o altura, describe una curva sigmoide (Voisin 1963) en la cual se distinguen tres fases o estado fisiológico como resultado de las diferentes velocidades con que se desarrolla el proceso de crecimiento.

La primera se caracteriza por ser lenta y su duración depende de la especie y el grado de intensidad con que fue defoliado, ya sea por corte o por los animales en el pastoreo y está relacionado con la capacidad de utilización de su reserva, el desarrollo de su sistema

asimilativo y la distribución de los asimilatos en sus diferentes órganos (Alfonso y Gerardo 1993) y a partir de su representación se le denominó fase logarítmica (Torres 1985).

En la segunda fase se produce un incremento notable en el área foliar con un balance positivo entre la fotosíntesis y la respiración. Aquí el crecimiento se hace relativamente constante e independiente de la variable que se mide (Fase lineal), la cual expresa la tasa máxima de crecimiento del cultivo (Marín 1989), cuya duración depende de la especie de planta.

En la última, el crecimiento se realiza con una menor intensidad hasta alcanzar su máximo rendimiento, momento a partir del cual predomina la pérdida de masa seca. Regularmente, en esta etapa se produce una mayor acumulación de tallos, inflorescencias y de material muerto en los pastizales (Baruch et al 1989).

No obstante, es oportuno señalar que bajo condiciones de pastoreo es frecuente encontrar simultáneamente estas fases como resultado de la no existencia de una homogeneidad en las edades fisiológicas entre los diferentes individuos del pastizal (Parsons y Penning 1988), de esta forma el crecimiento dependerá del balance que se establece entre crecimiento, la senectud y el material muerto (Romero, 1993).

Análisis del Crecimiento

Los primeros estudios del análisis del crecimiento se efectuaron a principio de siglo, cuyas bases científicas y análisis fisiológicos fueron descritos por Watson (1952) y ampliados posteriormente por Radford (1967), Hunt (1978, 1982) y utilizada por múltiples investigadores para cuantificar los componentes del crecimiento de los cultivos a partir de variables con una simple interpretación fisiológica. Generalmente, se basan en la medición frecuente de la masa seca del material vegetal (P) y su sistema foliar (A) (Torres, 1984), cuyos procedimientos para la estimación de sus principales índices en el análisis de población o comunidades de plantas se muestran en la tabla I-3 y se definen como:

Tasa de crecimiento del cultivo (TCC). Es la ganancia en masa seca de una comunidad de plantas por unidad de superficie y tiempo.

Tasa de crecimiento relativo (TCR). Expresa el incremento de peso seco por unidad de material vegetal presente y de tiempo.

Índice de área foliar (IAF). El área foliar de un cultivo por unidad de área de suelo

Tasa de asimilación neta (TAN). Expresa la ganancia neta de asimilatos, fundamentalmente fotosintético, por unidad de área foliar en el tiempo.

Duración del área foliar. (DAF). Expresa la magnitud y persistencia del área foliar durante el período de crecimiento.

Relación de área foliar (RAF). Representa la proporción del material asimilativo por unidad de masa seca vegetal presente.

Área foliar específica (AFE). Magnitud del área de las hojas por unidad de peso seco de ellas.

Duración de la biomasa (DBM). Representa el tiempo que las plantas mantienen activa su masa seca, el cual se considera útil para estimar las pérdidas por respiración de mantenimiento en el tiempo, en función de la biomasa y de la temperatura.

Existen otros índices de crecimiento que se basan en la relación de algunas de estas variables con indicadores internos de la planta vinculados con el proceso fotosintético como son: el contenido de pigmentos clorofílicos (Costa y Costas 1989) y el nitrógeno foliar (Watson 1952; Hunt 1978; Fernando y Pereira 1995), considerado por Garnier et al (1995) como productividad del nitrógeno expresado en: incremento de masa seca de la planta por unidad de

TABLA I-3 PRINCIPALES ÍNDICES DE CRECIMIENTO QUE SE DERIVAN DE LAS MEDIDAS DE PESO SECO Y ÁREA FOLIAR (ADAPTADO DE LÓPEZ, 1991)

<i>Índices</i>	<i>Métodos de Estimación</i>	
	<i>Clásico</i>	<i>Valor instantáneo</i>
Tasa de crecimiento del cultivo (TCC)	$TCC=1/Sx(P_2-P_1)/(T_2-T_1)$	$1/Sxdp/dt$
Tasa de crecimiento relativo (TCR)	$TCR=(\ln P_2 -\ln P_1)/(T_2-T_1)$	$1/Px dp/dt$
Índice de área foliar (IAF)	$IAF=(A_2+A_1)/2x(1/S)$	A/S
Tasa de asimilación neta (TAN)	$TAN=(P_2-P_1)/(T_2-T_1)x(\ln A_2-\ln A_1)/(A_2-A_1)$	$1/Ax dp/dt$
Duración del área foliar (DAF)	$DAF=(A_2+A_1)- (T_2-T_1)/2$	-
Duración de la biomasa (DBM)	$DBM=[(P_2+P_1)/2] (T_2-T_1)$	-
Relación de área foliar (RAF)	$RAF=[A_2/P_2+A_1/P_1]/2$	A/P
Area foliar específica (AFE)	$AFE=(A_2/P_2+A_1/P_1)/2$	A/PH

donde: P=masa seca T=tiempo A=área foliar PH=masa seca de hojas S=unidad de superficie de terreno.

nitrógeno foliar en el tiempo, los cuales se han utilizado con éxitos en el análisis del crecimiento de algunos cultivos.

En general, estos índices constituyen indicadores básicos para profundizar en la fisiología del crecimiento y la producción de los cultivos, así como para visualizar y definir los mecanismos a través de los cuales se explica la acción limitante de cualquiera de los factores de crecimiento.

Su utilización en los cultivos forrajeros ha sido más limitada y en los casos en que se ha aplicado ha sido bajo condiciones controladas y no en pastoreo, probablemente por no disponerse de métodos y procedimientos de trabajos que permitan efectuar una adecuada evaluación de las variables de crecimiento, donde los factores de manejo y ambientales determinan en una mayor complejidad en el análisis de los resultados.

La medición de los cambios de biomasa y en el sistema asimilativo de los cultivos forrajeros resulta compleja debido a que generalmente se requiere de muestreos frecuentes en los que se necesita de gran dedicación, personal auxiliar, abundantes recursos y medios, sobretodo aquellos que se explotan bajo las condiciones de pastoreo (Lantigua 1985)

En la actualidad se disponen de diferentes métodos de muestreos en pastos para determinar su rendimiento, los cuales han contribuido a incrementar la precisión en los trabajos experimentales, donde se involucran estas medidas como variables. No obstante, aún se trabaja en la búsqueda de métodos indirectos de carácter no destructivo en los estudios de crecimiento, entre estos se encuentran los desarrollados por Fulkerson y Slack (1993), Causton (1994) y Buerkert et al (1995).

En la medición del área de la hoja se presenta una situación similar y sus principales métodos fueron descritos por Sinoquet y Andriu (1993) y señalan como el de mayor aplicación a las condiciones de campo por su sencillez, rapidez y exactitud es el que utiliza como variables las medidas largo y ancho de la hoja, lo cual se confirma en los trabajos de Mesa y Avila (1992) bajo nuestras condiciones.

Estos métodos adquieren importancia actualmente en los estudios de análisis de crecimiento de los pastos, ya que los mismos utilizan pocos recursos y en su mayoría se conforman de procedimientos simples, los cuales pueden ser aplicables para estudios fisiológicos bajo condiciones de campo, con la posibilidad de efectuar mediciones en una misma planta o población de éstas sin que impliquen la destrucción del vegetal.

Métodos de análisis del crecimiento

El clásico fue uno de los métodos más antiguos y utilizado para el análisis del crecimiento. Sin embargo, en el cálculo de sus índices Torres (1985) y Pooter y Lewis (1986) le señalan varios inconvenientes, tales como: las afectaciones que se presentan en la medición de la tasa de crecimiento relativo (TCR) debido a factores ambientales y de muestreo, la necesidad de que exista una relación lineal entre las variables de rendimiento y el área foliar y la dificultad de evaluar estadísticamente la diferencia entre los índices.

A partir de los años 60 como solución a esta problemática se presentó por diferentes autores el método funcional, el cual emplea el análisis de regresión para el ajuste de los datos primarios en el tiempo a través de funciones matemáticas (Causton y Venus 1981) con un alto grado de utilización en la actualidad, atribuido a las múltiples ventajas que este posee, tales como: suministra una idea clara del comportamiento de los diferentes variables del crecimiento sin fluctuaciones de naturaleza causal, se pueden comparar diferentes tratamientos desfasados en el tiempo y el método incluye el análisis estadístico de la información (Causton y Venus 1981; Torres 1984 y Pooter 1989).

Para la representación algebraica de la dinámica de crecimiento de las plantas se han empleado diferentes expresiones lineales y no lineales, las cuales se han aplicado con éxitos en los estudios de análisis del crecimiento y por su analogía con dicho comportamiento se destacan las expresiones polinomiales de 2^{do} y 3^{er} grado con y sin transformación en algunos de sus términos (Bardsley 1993 y Fernández 1996).

Estas expresiones son sumamente útiles, si el objetivo se corresponde más al campo de la estimación que al de interpretación biológica de sus parámetros (Burguillo 1993);

además, utiliza un método matemático simple para el ajuste de sus parámetros con facilidades de trabajo computacional (Poorter y Garnier 1996).

La inclusión de un número superior de parámetros en estas expresiones corren el riesgo de incrementar los errores en la estimación y dificultan su interpretación. Torres (1984) señala que hasta tres ó cuatro parámetros en una función de crecimiento son suficientes para reproducir de forma general la dinámica de una variable de crecimiento en un cultivo con la exactitud requerida.

Aunque estas expresiones son apropiadas para diferentes situaciones, algunas variables no se conectan entre sí por una simple relación lineal por lo que se necesitan de funciones no lineales. No obstante, para la estimación de sus parámetros requieren de métodos iterativos complejos (Aguila et al 1995) y en ocasiones las asintóticas resultan inadecuadas para reflejar el comportamiento en su última fase donde se producen pérdidas de masa seca debido al predominio de los procesos relacionados con la senescencia con respecto al crecimiento, situación común en los pastizales permanentes.

En los últimos años se ha trabajado en la aplicación de expresiones algebraicas para la representación del crecimiento en especies de forrajes explotadas en ecosistemas tropicales. En la tabla I-4 se reseñan algunos de los trabajos representativos por especies en los cuales se confirma la ventaja del empleo del método funcional para el estudio del crecimiento de los pastos tropicales.

Poorter (1989) y más recientemente Soto (1994) informaron que cuando el método funcional no se utiliza adecuadamente se incrementan los errores en la estimación e interpretación de resultados, sobre todo cuando las variables están asociadas a cambios climáticos.

TABLA I-4 ALGUNAS DE LAS ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES EN LAS QUE SE HA APLICADO EL MÉTODO FUNCIONAL PARA LA REPRESENTACIÓN DEL CRECIMIENTO.

<i>Especie</i>	<i>Autores</i>
Gramíneas:	
<i>Saccharum officinarum</i>	Delgado et al (1988)
<i>Cynodon dactylon</i>	Herrera et al (1986); Overman y Angley (1988); Overman et al (1989) y Menchaca et al (1990a).
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Menchaca et al (1990b); Torres (1995)
<i>Brachiaria brizanta</i>	Duarte et al (1994)
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	Duarte et al (1994)
<i>Digitaria decumbens</i>	Cruz y Moreno (1992)
<i>Panicum maximun</i>	Alvarez et al (1992), Gomide y Gomide (1997)
<i>Zea mayz</i>	Polanco y Ramirez (1993)
<i>Sorghum bicolor L. Moerch</i>	Cruz et al (1992)
<i>Pennisetum purpureum</i>	Duarte et al (1994) y Martínez (1995)
Leguminosas:	
<i>Medicago sativa</i>	Sharratt et al (1986)y Fick (1994)
<i>Cannavalia ensiformis</i>	Marín (1989 y 1996)
<i>Glycine max</i>	Valero et al (1993) y Hundack y Patterson (1995)
<i>Leucaena leucocephala</i>	Alvarez et al (1994)

Pooter (1989) y Pooter y Garnier (1996) señalaron como solución a estos casos la combinación de ambos métodos de análisis del crecimiento denominado como alternativo, el cual aprovecha las ventajas de ambos y permite reducir la fluctuaciones erráticas que se produce a través del crecimiento.

En la actualidad este método es objeto de evaluación y aún poco utilizado, quizás por el grado de subjetivismo que se introduce en la selección de la expresión que mejor representa el comportamiento de la variable del crecimiento, así como en la magnitud en que se quiere reducir las variaciones en estas por factores aleatorios.

Por otra parte, algunos autores trabajan en la formulación de expresiones matemáticas que la hacen más flexibles a condiciones variables del clima. En este sentido se destaca el trabajo de Thornley (1990) el cual permite explicar biológicamente los cambios que se producen en la tasa de crecimiento y expansión foliar de un cultivo cuando las condiciones ambientales no son estables.

Es importante señalar que el uso de un diseño experimental y un proceso de muestreo (toma y procesamiento de las muestras) apropiado, así como una correcta selección en la función que la representa, constituyen elementos claves para el éxito del método funcional para el análisis de crecimiento de un cultivo.

Debemos destacar que el estudio del crecimiento y desarrollo de los pastos es un proceso complejo, donde intervienen múltiples factores que en su mayoría son incontrolables, como son los de suelo y clima, los cuales en determinada medida pueden limitar la aplicación del método funcional y la posibilidad de efectuar una correcta interpretación fisiológica de los resultados cuando no se toman en consideración para su aplicación.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

Clima y suelo del área experimental

Clima

El Instituto de Ciencia Animal está ubicado en el municipio de San José de las Lajas, provincia Habana, en los 22° 53' de latitud norte y a los 82° 02' de longitud oeste a 92 m sobre el nivel del mar. La tablaII-1 presenta las características térmicas, régimen de precipitaciones y humedad relativa promedio en los últimos 27 años.

La temperatura media anual de la región es de 24.17°C, con los valores más altos en los meses de junio (26.28°C), julio (26.79°C) y agosto (26.60°C), en los cuales se registran máximos entre las 31.96 a 32.56°C.

Los meses de enero y febrero presentan los menores valores de temperatura media (20.88 y 21.44°C, respectivamente) con mínimas por debajo de los 16°C y en algunos días con registros de 5 a 10°C.

La precipitación anual es de 1328.27 mm y en los meses de mayo a octubre cae el 74.35% de las precipitaciones anuales, con un promedio mensual de 164.6 mm, mientras que de noviembre a abril ocurre el 25.65%, con promedio por meses de 56.8 mm.

La humedad relativa promedio anual es de 79.59% y sus valores extremos se presentan en febrero (76.34%) y junio (82.62%).

En los últimos años se han presentado algunos cambios climáticos caracterizados por registros de temperatura mínima por debajo de 14°C y máximas entre los 33 y 34°C, así como los volúmenes de precipitaciones no sobrepasan los 50 mm en la mayoría de los meses poco lluviosos. No obstante, las variables climáticas en cada período experimental se encuentran en el rango de los valores históricos.

TABLA II-1 ALGUNAS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS PREDOMINANTES EN EL ÁREA EXPERIMENTAL ENTRE LOS AÑOS 1969-1996

<i>Meses</i>	<i>Temperatura, °C</i>			<i>Precipitaciones mm</i>	<i>Humedad relativa, %</i>
	<i>Máxima</i>	<i>Mínima</i>	<i>Media</i>		
Enero	26.81	14.71	20.88	39.21	78.16
Febrero	27.71	15.61	21.44	48.47	76.34
Marzo	28.90	16.67	22.35	55.91	76.79
Abril	30.39	17.80	24.02	82.43	75.29
Mayo	31.58	19.86	25.30	146.31	79.91
Junio	31.96	21.56	26.28	189.74	82.62
Julio	32.36	21.69	26.79	178.63	79.73
Agosto	32.56	21.93	26.60	169.29	81.37
Septiembre	31.73	21.39	25.98	198.54	81.43
Octubre	30.73	20.19	24.97	104.73	81.27
Noviembre	28.94	18.48	23.41	82.60	82.07
Diciembre	26.93	16.46	21.99	32.01	80.07
Epoca seca	28.28	16.62	22.35	340.63	78.12
Epoca lluvia	31.82	21.10	26.00	987.64	81.1
Promedio	30.05	18.86	24.17	-	79.6
Acumulado	-	-	-	1328.23	-

Suelos

El suelo donde se desarrollaron los trabajos experimentales es Ferralítico Rojo Compactado (ISACC 1978), bastante uniforme en todo su perfil y de rápida desecación (Anon 1994).

En la tabla II-2 se muestran sus propiedades químicas, las cuales están en correspondencia con la forma de explotación, con niveles medios de materia orgánica y el pH ligeramente ácido.

TABLA II-2 VALORES MEDIOS DE LAS PRINCIPALES PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO EN LAS ÁREAS EXPERIMENTALES

<i>Indicadores</i>	<i>Parcelas</i>		<i>Áreas de pastoreo</i>		<i>Método analítico</i>
	<i>Media</i>	<i>ES</i>	<i>Media</i>	<i>ES±</i>	
	±				
pH en agua	6.30	0.13	5.7	0.11	Potenciométrico
Materia orgánica ,%	3.69	0.01	4.0	0.17	Walkley-Black
N-total, %	0.22	0.03	0.31	0.01	Kjeidahl
N-orgánico total, %	0.18	-	0.20	-	(1)
N-mineral total, %	0.03	-	0.11	-	(2)
Fósforo asimilable, ppm	28.57	2.06	17.13	3.18	Oniani (1964)
Potasio asimilable, %	0.02	0.03	0.01	0.004	Maslova (AcONH ₄ 1N)
Calcio asimilable ,%	0.26	0.01	-	-	Complejometría (AcONH ₄ 1N)
Calcio total ,%	-	-	2.75	0.20	Complejometría
Magnesio asimilable ,%	0.03	0.03	0.23	0.02	Complejometría (AcONH ₄ 1N)

(1) **N-orgánico total=MO% x 0.05.**

(2) **N mineral total=N total - N orgánico total.**

El contenido de nitrógeno total se considera de bajo a mediano para la obtención de altos rendimientos (Crespo 1981), con predominio de sus formas orgánicas (N-orgánico total). La concentración de fósforo es alta en las áreas de corte y en el límite de nivel crítico en los de pastoreo (MINAGRI 1982). Similar patrón presentó el potasio sólo que en condiciones de pastoreo se encuentra entre los niveles bajos a medios (MINAGRI 1982).

Los contenidos de calcio y magnesio fluctúan entre los rangos normales informados para este tipo de suelo, aunque en las áreas de pastoreo el contenido de magnesio es superior, aspecto que se considera normal.

En general, estos suelos presentan una baja densidad aparente (1.1-1.3 g/cm³), una alta porosidad total (50-60%) con una estructura granular media (Gálvez et al 1996), lo cual favorece el movimiento de agua en el suelo y su aireación, aspectos básicos para el crecimiento de las plantas (Febles et al 1995).

Descripción de la especie. *Cynodon nlemfuensis*. Pasto estrella

Esta planta se introdujo en Cuba en 1973 procedente de la estación experimental de Bodles, Jamaica y se difundió de forma rápida en las empresas ganaderas del país, aún sin finalizar los trabajos de evaluación.

Es una gramínea no rizomatoza de hábito de crecimiento en sus tallos rastreros y semierecto. Sus estolones se caracterizan por ser fuertes y robustos con una longitud de hasta 5 metros, con una distancia y grosor en los entrenudos de hasta 15.2 y 0.50 cm cuando se riega y fertiliza con 400 kg N/há/año (Ramos et al 1987) y una coloración rojo vino. No obstante, puede variar su tonalidad en dependencia de las condiciones climáticas, la edad y el estatus de nitrógeno en la planta.

Su sistema radicular es profuso y profundo (Skerman y Riveros 1992) y puede alcanzar hasta 2 metros de profundidad, cambiando su densidad por estratos de suelo de acuerdo a las condiciones de humedad (Suárez y Herrera 1985).

Se desarrolla bien en climas tropicales y subtropicales, con precipitaciones desde 500 a 900 mm y limita severamente su crecimiento cuando las temperaturas descienden por debajo de los 11°C (Anon 1995).

Es una planta fotoperiódica de días cortos y florece entre los meses de noviembre a febrero. Su inflorescencia es de 4 a 9 racimos de 4 a 7 cm de largo cada una, con espiguillas sentadas y distribuidas en dos hileras en un sólo raquiz (Skerman y Riveros 1992). Su semilla es estéril y es una especie diploide.

Se adapta a una amplia gama de suelos (Paretas 1990), aunque prefiere los fértiles, con un amplio rango de pH (Paretas et al 1989). No obstante, su crecimiento y productividad varía según las condiciones climáticas y de manejo donde se desarrolla.

Responde de forma adecuada a la fertilización mineral y al riego (Cordoví 1994 y Herrera 1996) y puede alcanzar rendimientos de 24 t MS/há/año con un 40% de su producción en seca, cuando se fertiliza con 400 kg N/há/año y se riega con una norma de 500 m³/há con una frecuencia de 21 días.

Se caracteriza por presentar un contenido de pared celular relativamente alto y en especial durante el período lluvioso (78%), con una digestibilidad de la materia seca entre 50 y 60%.

Se ha informado por Herrera (1996) que posee características cianogénicas y aunque en nuestras condiciones es poco frecuente que muestre niveles tóxicos, éste puede presentarse cuando convergen altas dosis de nitrógeno, intensas precipitaciones y baja intensidad lumínica.

Responde bien al corte y pastoreo y en este último a defoliaciones frecuentes e intensas cuando crecen bajo condiciones no limitantes. En nuestras condiciones se ha manejado con cargas medias a altas de hasta 5 vacas/há sin afectar su crecimiento y persistencia con mejoras en su calidad, debido a los cambios que se producen en la composición estructural del césped (Jérez et al 1987, Pereira y Lamela 1995 y Milera 1996).

En los sistemas de bajos insumos mantienen su composición botánica pero con una baja productividad, lo cual no le permite ser manejada con las cargas utilizadas en los sistemas convencionales (3.0-3.5 UGM/há) en pastoreo rotacional (Valdés et al 1995).

Metodología experimental

Experimento en parcelas

Se utilizó un área de pasto estrella previamente establecida, con más de 95 % de pureza dividida en parcelas experimentales con un área cosechable de 10 m².

Durante el período experimental (mayo 1992 - abril 1993) se aplicó una fertilización basal de 100 y 200 kg/há/año de P_2O_5 (superfosfato triple) y K_2O (cloruro de potasio), respectivamente y se distribuyó el 50% al inicio de cada estación del año. El nitrógeno (nitrato de amonio) se fraccionó a razón de 50 kg/há por cada ciclo de crecimiento (equivalente a 200 Kg N/há/año), dosis en la cual se obtienen las mayores respuestas en términos de Kg MS/kg N aplicado en los suelos rojos (Ramos et al 1987 y Ramos et al 1993a). En el período seco se aplicó riego por aspersión a razón de 500 m³/há cada 21±3 días.

Previo al inicio de cada ciclo experimental las parcelas se cortaron con una segadora para uniformar el rebrote y entre éstos se ofreció un período mínimo de tiempo que garantizara, de conjunto con la distribución aleatoria de las edades dentro de cada réplica, que el corte de las parcelas se efectuaran nunca antes de seis semanas de reposo en cada tratamiento entre ciclos de crecimiento.

Antes del corte en cada semana se cosecharon 10 plantas previamente marcadas al azar por tratamiento en cada réplica. En sus hojas se midió el largo desde la lígula hasta el ápice por el haz y el ancho en el punto medio longitudinal y en sus tallos, el largo y el diámetro en los entrenudos definidos.

El material verde cosechado en cada corte se pesó y se tomaron muestras paralelas de 200 g por cada tratamiento y réplica y se fraccionaron en sus componentes estructurales para su posterior procesamiento y análisis químico.

Experimentos en pastoreo

Los trabajos experimentales se desarrollaron en áreas representativas de pasto estrella con más de un 90% de pureza, manejadas durante tres años con dos métodos de pastoreo: pastoreo rotacional con 12 cuarterones (PR-12) y el pastoreo racional Voisin (PRV) con 72 subdivisiones, caracterizados como de baja y alta intensidad de pastoreo, respectivamente, bajo condiciones de secano y sin fertilización mineral.

Se utilizaron 27 vacas por cada método de pastoreo, con un peso vivo promedio de 480 kg, divididas en dos grupos (producción y seco) pastando en línea, para una carga global de 2.9 UGM/há y una intensidad de pastoreo de 80 UGM días/há para el PR-12 y de 203 UGM días/há en el PRV.

En el PR-12 las áreas se manejaron con dos días de estancia por grupo y un tiempo de ocupación de 4 días durante todo el año, mientras en el PRV se efectuó con 1 y 2 días de estancia y ocupación, respectivamente.

Los animales permanecieron como promedio 16 horas en las áreas de pastoreo (5 p.m. a 5 a.m. y 6 a.m. a 10 a.m.) y en las instalaciones se les ofreció agua, sales minerales ad libitum y alimentos complementarios acorde con sus requerimientos.

Entre cada ciclo de crecimiento las áreas experimentales se incorporaron a la rotación de la unidad de acuerdo con su fisiologismo, con el propósito de uniformar el crecimiento del pasto y ofrecerle un reposo, ya que como el método de muestreo empleado es destructivo puede comprometer la persistencia del pasto en el área.

Por no disponerse de una metodología apropiada para el estudio morfofisiológico del crecimiento y desarrollo de esta especie bajo condiciones de pastoreo, se hizo necesario estandarizar un proceso de muestreo previo al desarrollo de los experimentos que garantizara representatividad de las medidas relacionadas con el rendimiento y su morfología, que no afectara la estructura de sus órganos aéreos (hojas y tallos) y permitiera fluidez y calidad en las mediciones.

Sobre la base de sus resultados (Del Pozo et al 1996a) se organizó el proceso de muestreo de forma tal que la duración en la toma, procesamiento y mediciones de las muestras no fuera superior a las 4 horas con el personal disponible (5 técnicos).

Se cosecharon cada semana 10 muestras de 0,25 m² por tratamiento en cada réplica de forma sistemática con el empleo del método de corte y pesaje de las muestras (Senra y Venereo 1986). Cada muestra de pasto (100 g MV) se separó en hojas, tallos y material

muerto. En cada fracción por muestra se tomaron 10 g de hojas y 15 g de tallos y se midió el largo y ancho de cada hoja y el largo y el diámetro de cada entrenudo definido de forma similar al experimento de corte.

En todos los experimentos, cada muestra se pesó y se introdujo en una estufa de circulación de aire a 60°C hasta peso constante para determinar el contenido de materia seca. Las muestras se molinaron, tamizaron (1mm) y se conservaron en recipientes de cristal tapados herméticamente a temperatura ambiente para su posterior análisis químico.

Con el peso fresco obtenido en los diferentes muestreos realizados en cada experimento y el contenido de materia seca del pasto se calculó el rendimiento de materia seca total (RMST) y el de sus componentes estructurales: hojas (RH) y tallos (RT) expresados t MS/há.

Metodología para el análisis del crecimiento

En todos los trabajos experimentales se utilizó el método funcional (Radford 1967 y Hunt 1978) de análisis del crecimiento. Los datos primarios de RMST, RH, RT y el área foliar (AF) de ambos ciclos por épocas se ajustaron a las expresiones matemáticas más empleadas para caracterizar el crecimiento de esta especie sobre la base de los trabajos de Menchaca (1989) y Torres (1995) en condiciones de corte y pastoreo.

La ecuación que fundamentalmente se utilizó fue la polinomial de 3^{er} grado, cuya expresión general viene dada por: $W_{ij} = \beta_0 + \beta_1 t_i + \beta_2 t_i^2 + \beta_3 t_i^3 + E_{ij}$ donde:

W_{ij} = Variables dependientes (rendimiento, área foliar)

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$ = Parámetros de la expresión

t_i = Edad de rebrote (sem)

E_{ij} = Error residual, normal e independientemente distribuido con media cero y varianza σ^2 .

No obstante, en algunos casos se utilizaron expresiones polinómicas de hasta 2^{do} grado para caracterizar la dinámica de uno de sus componentes morfológicos y área foliar.

A partir de las expresiones que describen el comportamiento de las variables rendimiento de masa seca total y área foliar se calculó la tasa de crecimiento del cultivo (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y la duración del área foliar (DAF) a través de:

$$\text{TCC} = dw / dt$$

$$\text{TAN} = 1/\text{AFt} \cdot dw/ dt \quad \text{donde: AFt= Área foliar total m}^2/\text{há}$$

$$\text{DAF} = \int_i^{i+1} f(t) dt \quad i= 2,3,4,\dots,11 \text{ semanas}$$

$$\text{donde: } f(t) = \text{IAF}$$

Estimación del área foliar

Para la estimación del área de cada hoja se utilizó la expresión (Del Pozo et al 1995, datos no publicados):

$$\text{AH} = 4.93 + 0.75 (\pm 0.010) L \times a \quad r^2 = 0.99^{***}$$

Donde:

$$\text{AH} = \text{Area de la hoja, mm}^2$$

$$L = \text{Largo de la hoja, mm (desde la lígula hasta el ápice)}$$

$$a = \text{Ancho de la hoja, mm (punto medio)}$$

y se ajustó a partir de la medición del área real en 100 hojas representativas de los diferentes estados de desarrollo de la planta en un planímetro electrónico DELTA-T MK-2 con una exactitud de $\pm 1\%$.

Con los valores de peso seco (g) y área de las hojas (m^2) muestreadas por tratamiento en los experimentos de corte y pastoreo se determinó el peso específico foliar (PEF), variable que se utilizó para el cálculo del IAF en cada semana según la expresión propuesta por Cruz y Moreno (1992).

$$\text{IAF} = \frac{\text{Peso seco de las hojas, g/m}^2}{\text{Peso específico foliar, g/m}^2}$$

Donde: Peso específico foliar (PEF)

$$\text{PEF} = \frac{\text{Peso seco de hojas muestreadas, g}}{\text{Area de las hojas muestras, m}^2}$$

El área de las hojas muestreadas (AHs) en m² se calculó mediante la siguiente expresión :

$$\text{AHs} = \frac{\text{No. de hojas x AH}}{1 \times 10^6}$$

El área foliar total en m²/há (AFt) se calculó a partir de:

$$\text{AFt} = \text{IAF} \times 10000$$

Análisis químico

Los análisis químicos se realizaron en muestras duplicadas por tratamientos y por paralelos. El contenido de proteína bruta y fibra bruta se determinó por AOAC (1965), la digestibilidad de la materia orgánica según Kesting (1977) y los carbohidratos solubles totales se calcularon a partir de la suma de los solubles en alcohol y agua, determinados por las técnicas Johnson et al (1964) y Ford y Williams (1973).

Los análisis químicos se realizaron por paralelos en muestras por tratamiento y por réplica. Los resultados se expresan como porcentaje en base seca.

Análisis estadístico

Los datos morfológicos y compuestos químicos se analizaron estadísticamente a través de análisis de varianza y de regresión. Las medias se compararon por la dócima de Duncan (1955).

Los criterios utilizados para la definición de la expresión de mejor ajuste en los análisis de regresión fueron: coeficiente de determinación, la varianza del error, el análisis de los residuos, la significación de los parámetros y el comportamiento de algunas de las variables del crecimiento.

Para la estimación de los parámetros de las expresiones se utilizó el Paquete Estadístico Statgraphics Versión 5.

CAPITULO III: ESTUDIO DEL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL PASTO ESTRELLA CON Y SIN ADICION DE FERTILIZANTE NITROGENADO.

El efecto de la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote en el comportamiento productivo y la calidad en especies del género *Cynodon* ha sido una temática abordada por Herrera (1981), Ramos (1983) y Ramos et al (1987) cuyos resultados han hecho posible que en la actualidad se cuente con conocimientos básicos en el manejo de estos factores para incrementar la producción y la calidad en estas especies forrajeras.

Sin embargo, en sus evaluaciones no consideraron los múltiples cambios morfológicos y procesos fisiológicos que determinaron, en sus diferentes respuestas a través de su ciclo de crecimiento, el papel que desempeña sus estructuras morfológicas en la formación de la biomasa, ni la eficiencia biológica con que se realiza.

Por ello, en el presente capítulo nos proponemos caracterizar la dinámica de crecimiento y desarrollo del pasto estrella con y sin fertilizante mediante indicadores morfofisiológicos.

Materiales y Métodos

Tratamiento y diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con tres réplicas donde la parcela principal fue el nivel de nitrógeno (0 y 50 kg/há/ciclo) y las subparcelas las edades de rebrote desde 2 hasta 12 semanas. Los datos se analizaron estadísticamente según análisis de varianza correspondiente y regresión por período estacional (Seca y Lluvia).

Procedimiento

Las parcelas experimentales se cortaron a una altura de 5 cm desde la 2^{da} hasta la 12^{ma} semana con una frecuencia semanal. Esto se repitió dos veces por época para un total de cuatro ciclos en el año.

La toma, procesamiento y análisis de las muestras se describieron en el capítulo II.

Resultados

En ambas estaciones del año no se encontró interacción entre los factores en estudio para el rendimiento de materia seca total y aumentó ($P < 0.05$) con el nivel de nitrógeno y la edad de la planta, ajustándose con la edad a un polinomio de tercer grado (figura III-1). La máxima acumulación de masa seca se alcanzó entre las semanas 11 y 12 con valores de 1.18, 2.89 t MS/há para la seca y de 2.73, 5.37 t MS/há para la lluvia con 0 y 50 kg N/há/ciclo, respectivamente.

Para cualquier edad y época del año el rendimiento de materia seca total fue superior cuando se suministró nitrógeno y sus diferencias fueron más evidentes a partir de la 3ra y 5ta semana para la lluvia y seca, respectivamente.

El rendimiento de hojas y tallos en ambas épocas del año no mostró interacción entre los factores en estudio. En ambos casos aumentó ($P < 0.05$) con el nitrógeno y la edad. El rendimiento de hojas se relacionó con la edad de forma diferente según el estatus de nitrógeno, mientras que el de los tallos se ajustó a un polinomio de tercer grado (figura III -2).

La adición de nitrógeno aumentó la acumulación de masa seca de ambos órganos y las diferencias entre los tratamientos fueron mayores en los tallos que en las hojas. En el primero estas se hicieron más evidente desde la 5^{ta} semana y lograron valores de 0.97 t MS/há en la 11^{na} semana y en el segundo variaron en un rango más estrecho.

El rendimiento de tallos (RT) sólo manifestó un máximo (extremo) a las 11 semanas cuando se adicionó nitrógeno en la época de seca (1.61 tMS/há).

La distribución del crecimiento de los componentes del rendimiento presentó comportamientos particulares en cada dosis de nitrógeno. En el nivel 0, en todas las edades, el rendimiento de hojas superó al de tallos excepto las dos últimas semanas en

la estación lluviosa, mientras que cuando se aplicó nitrógeno predominó el componente tallos a partir de la 6^{ta} y 5^{ta} semana de seca y lluvia, respectivamente.

Las dimensiones de los tallos estuvieron influenciadas por el nivel de nitrógeno y la edad de rebrote de forma independiente en ambas épocas del año. El largo y el diámetro se relacionaron linealmente con la edad (tabla III-1). Y los mayores valores se presentaron en la estación de lluvias.

El largo, ancho y área de las hojas aumentó ($P < 0.05$) con el suministro de nitrógeno y la edad de rebrote, en ambas estaciones del año (tabla III-2). Sus mayores dimensiones se registraron en la época de lluvias a partir de la 10^{ma} semana exceptuando el área de la hoja que lo hizo a la 12^{da} semana.

El índice de área foliar (IAF) se ajustó ($P < 0.001$), con excepción de 50 kg N en la época de seca a un polinomio de tercer grado (figura III-3). La aplicación de nitrógeno mejoró el índice hasta alcanzar valores de 3.76 y 5.92 a la 12 semana en seca y lluvia, respectivamente.

La duración del área foliar (DAF) mostró un comportamiento similar al IAF (figura III-4). La adición de nitrógeno aumentó los valores de este indicador con registros de hasta 3.4 y 6 semanas en seca y lluvia, respectivamente.

La tasa de asimilación neta (TAN) mostró un comportamiento inverso al IAF y la DAF (figura III-5) y alcanzó los valores más elevados en las primeras etapas del crecimiento, con respuestas diferentes al suministro de nitrógeno. En el período seco cuando no se fertilizó el mayor valor se registro en la 2da semana (51.6g MS/m²/semana) y esto ocurrió en la 5ta semana (36.9 g MS/m²/semana) cuando se aplicó nitrógeno y en lo adelante superó a 0 kg N. En la lluvia este valor se alcanzó a la 3ra y 2da semana (60.8 y 128.1 g MS/m²/semana) para 0 y 50 kg. N, respectivamente.

En el figura III-6 se presentan los cambios en la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) durante la ontogenia. El momento donde se alcanza la máxima velocidad de crecimiento

mostró un comportamiento diferente al suministro de nitrógeno en cada época del año y la mayor productividad se registró cuando a la planta se le suministró nitrógeno, con aumentos semanales de 0.360 y 0.663 t MS/ha en la semana 7 y 5 de seca y lluvia, respectivamente.

El contenido de proteína bruta en ambas épocas del año estuvo afectada ($P < 0.001$) por interacción nitrógeno x edad y los mayores contenidos se presentaron en la 2^{da} semana cuando se adicionó nitrógeno, con valores de 15.78 y 19.36% para seca y lluvia, respectivamente. Con excepción de la dosis 50 kg. N en la época lluviosa su contenido disminuyó de forma lineal con la edad de rebrote (figura III-7), con coeficientes de determinación en los ajustes de hasta 0.96.

En ambas épocas del año y dosis de nitrógeno el contenido de fibra bruta aumentó linealmente ($p < 0.001$) con la edad de rebrote (tabla III-3). La no adición de nitrógeno aumentó ($p < 0.05$) su contenido con tenores de hasta 30 y 36.6 % en la semana 12 en seca y lluvia, respectivamente.

La digestibilidad de la materia orgánica en la seca estuvo influenciada por la interacción ($P < 0.01$) N x edad y se relacionó ($P < 0.001$) con la edad a una ecuación cuadrática, expresando su mayor valor a la 6^{ta} semana con ambas dosis de nitrógeno (tabla III-4). En la estación lluviosa el nitrógeno también mejoró ($P < 0.05$) este indicador y disminuyó ($P < 0.001$) con la edad de forma lineal.

Los carbohidratos solubles totales en la estación seca fueron afectados ($P < 0.001$) por la interacción nitrógeno x edad de rebrote y se relacionó con esta última de forma diferente según el nivel de nitrógeno alcanzando los valores máximos a la 5^{ta} y 6^{ta} semana para 50 y 0 kg. N, respectivamente (figura III-8), mientras que en la lluvia fueron influidos por los factores independientes. La edad disminuyó ($P < 0.001$) su contenido pero sin diferir significativamente con la dosis de nitrógeno y se ajustó con la edad ($P < 0.001$) a una ecuación cuadrática.

Discusión

Es bien conocido que el crecimiento y la calidad de los pastos se modifican en correspondencia con los cambios en la concentración de nitrógeno en los suelos cuando no existen otros elementos minerales deficitarios (Crespo 1981) y al cubrir sus necesidades nutricionales manifiestan sus potencialidades, siempre que las condiciones ambientales (clima) no sean limitantes. Esto se fundamenta en la influencia positiva que este elemento ejerce en los procesos fisiológicos y bioquímicos básicos relacionados con el crecimiento del cultivo (Wojcieszka 1994 y Fernández y Pereyra 1995).

La ausencia de interacción entre el nitrógeno y la edad en la mayoría de las variables estudiadas puede estar asociada a los niveles de nitrógeno contrastantes empleados en el experimento (0 y 50 kg. N/há/ciclo) ya que este fue diseñado para el estudio de las respuestas morfológicas y bioquímicas que experimenta esta especie bajo condiciones limitantes o no de nitrógeno para expresar su potencial de crecimiento.

El crecimiento del pasto estrella expresado mediante la producción de materia seca presentó una tendencia similar, independiente del nivel de nitrógeno, en ambas épocas del año y se corresponde con la curva sigmoide de crecimiento (polinomio de tercer grado) informada por otros autores (Voisin 1963 y Senra 1993).

Similar comportamiento presentó la acumulación de masa seca de los tallos, mientras que las hojas no mostraron un patrón definido, con ajustes a expresiones diferentes según el nivel de nitrógeno y época del año, aspecto que, de por sí, constituye un hecho de las diferencias entre los tratamientos (Torres 1984), lo cual pudo estar dado por la variable actividad de crecimiento que presentó el sistema foliar bajo éstas condiciones de explotación.

En ambos períodos experimentales el rendimiento de materia seca total alcanzó sus mayores valores cuando se le suministró nitrógeno y su crecimiento se caracterizó por una rápida acumulación de masa seca desde las primeras semanas hasta obtener sus valores máximos entre las semanas 11 y 12.

El rápido aumento en el peso seco presentado por la planta debido al suministro de nitrógeno puede estar relacionado con la alta capacidad metabólica que esta especie posee en los procesos de movilización y síntesis de sustancias orgánicas para la formación y funcionamiento de sus estructuras (Ramos et al 1993a).

No obstante, su ciclo de crecimiento se desarrolló en un intervalo de tiempo similar que cuando no se adicionó nitrógeno, por lo que su efecto fundamental está dado en el aumento en la tasa de crecimiento (TCC), cuyos valores potenciales fueron de 0.663 y 0.360 t MS/há/sem en lluvia y seca, respectivamente (figura III-6). Similares resultados fueron encontrados por Del Pozo et al (1995a) quienes consideraron al nitrógeno como un efecto multiplicativo sobre la curva de crecimiento en esta especie.

En otras especies como la Bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*) Herrera et al (1986) y en *Brachiaria brizanta* cv CIAT-6780 (marandú) Alvarez et al (1992) encontraron aumentos en la tasa de acumulación de masa seca (TCC) cuando se aplicó similares dosis de N y señalaron que cuando están en correspondencia con sus necesidades nutricionales se reduce el tiempo donde manifiesta su máxima tasa de crecimiento.

En nuestros resultados este comportamiento se presentó en la estación lluviosa, mientras que en la seca la máxima velocidad de crecimiento (TCC) se registró una semana más tarde (figura III-6). Esto puede estar dado por el papel que este nutriente desempeña al estimular el crecimiento vegetativo ya que como el pasto estrella es una planta fotoperiódica de días cortos (Sherman y Riveros 1992), alcanza la fase reproductiva más rápidamente y por ende los cambios en el crecimiento los experimentó de forma más precoz (Del Pozo 1992) como sucede cuando no se fertilizó con nitrógeno.

Las mayores diferencias obtenidas en el rendimiento de materia seca total debido a la adición de nitrógeno a partir de la 3^{ra} y 5^{ta} semana en lluvia y seca, respectivamente pueden estar relacionadas con la mayor capacidad del sistema asimilativo que mostró el pastizal, a partir de estos estadios de crecimiento (figura III-5), lo que le permitió efectuar con mayor eficiencia la conversión de nitrógeno en masa seca (Herrera et al

1986 y Ramos, et al 1993b), expresado en la mayor tasa de reducción del contenido de nitrógeno (proteína bruta) en la planta, con el avance de la edad cuando se suministró nitrógeno (figura III.-7).

La diferente distribución en el crecimiento de los componentes hojas y tallos con relación al nivel de nitrógeno en ambas estaciones climáticas, puede estar asociado a una desigual repartición de los asimilatos entre estos órganos en la planta y sus funciones, los cuales están relacionados con la disponibilidad de elementos nutritivos y entre ellos el nitrógeno.

El mayor rendimiento de los tallos a partir de la 6^{ta} semana de rebrote con la adición de nitrógeno en ambas estaciones del año, parece ser una respuesta morfológica que caracteriza a la especie bajo estas condiciones de manejo ya que cuando no se fertilizó mantiene en su estructura un mayor porcentaje y rendimiento de hojas en toda o en la mayor parte de su ciclo de crecimiento.

Esto se confirma en los trabajos de Ramos et al (1993a) y Cordoví (1994) donde se encontró un aumento en la proporción de tallos en la estructura del césped cuando se suministró nitrógeno y los cortes se realizaron después de la 6^{ta} semana.

El mayor valor de la pendiente en las ecuaciones que relacionó el largo del entrenudo con la edad cuando se adicionó nitrógeno en ambas estaciones (tabla III-1), explican, en parte, el aumento encontrado en el rendimiento de los tallos, sobre todo, en los estados avanzados de su crecimiento y aunque en el diámetro las pendientes fueron similares en el tratamiento con nitrógeno se registró sus mayores dimensiones, los cuales alcanzaron valores de hasta 0.28 a 0.36 cm en la semana 12 en seca y lluvia, respectivamente.

Los valores más bajos en los coeficientes de determinación en el diámetro del entrenudo pueden estar relacionado con la menor variabilidad que mostró este indicador con la edad, el cual no se correspondió con el largo, variable que mejor expresó los cambios en el crecimiento del pastizal.

Algunos autores han relacionado el aumento del largo del entrenudo con los cambios en el contenido de componentes estructurales en el tallo. Herrera et al (1991) consideraron el aumento de fibra bruta como probable causa del incremento en la longitud de los entrenudos en *Cynodon dactylon* *coast cross-1*.

Giménez et al (1994) fundamentan el aumento en la proporción de hojas en *Helianthus annuus* a un menor crecimiento de sus tallos a bajas concentraciones de N en los suelos, como una posible respuesta morfológica a través de la cual compensa la menor tasa de fotosíntesis neta debido a un déficit de nitrógeno.

Es probable que esto explique la prioridad en la distribución de los asimilatos hacia las hojas en esta especie, cuando los niveles de nitrógeno no están en correspondencia con su capacidad metabólica y aunque en el presente trabajo no se logró compensar los niveles obtenidos en la asimilación neta (TAN) cuando se aplicó nitrógeno, esto puede constituir una de las vías utilizadas por las plantas para mantener una adecuada economía de los asimilatos en el proceso de crecimiento y desarrollo (Kraus et al 1994).

Si tomamos como referencia que los tallos, por su naturaleza, poseen una mayor concentración de componentes estructurales en sus tejidos y que para su síntesis requieren de una mayor demanda energética (Blanco 1996y Nelson 1996), esto nos indica que la planta posiblemente trató de reducir los gastos energéticos por respiración para el crecimiento y mantenimiento de este componente morfológico y así lograr los niveles de asimilación neta requeridos fisiológicamente para mantener su integridad metabólica.

Es importante señalar que a través de la respiración, las plantas también obtienen la energía requerida para la biosíntesis de sustancias orgánicas indispensables, su transporte y la toma de iones (De Armas et al 1988, Taiz y Zeiger 1990 y Kraus et al 1994). Cualquier factor interno o externo que implique una reducción en la respiración, disminuirá inevitablemente los rendimientos de los cultivos (Kraus y Vorten 1995 y Kraus 1995).

Es probable que esta sea una de las razones que explique los bajos valores obtenidos en la tasa de crecimiento y rendimiento en el pasto estrella cuando el suministro de nitrógeno no está en correspondencia con sus requerimientos.

Cuando el nitrógeno no es un factor limitante las respuestas se pueden expresar a través de diferentes mecanismos. Entre ellos podemos señalar el aumento del sistema asimilativo de la planta (área foliar) y de la tasa de fotosíntesis (Fernández y Pereyra 1995), debido a su relación con las enzimas que operan en estos procesos en las plantas. Aunque esto sólo representa entre el 20 y 35% de la proteína soluble en sus hojas, se han encontrado relaciones altamente significativas entre la tasa fotosintética y el contenido de nitrógeno foliar (Fernández 1991).

Las dimensiones de las hojas (largo, ancho y su área) se incrementaron con el nivel de nitrógeno a través del período de crecimiento (tabla III-2), con aumentos de hasta 1.76, 0.05; 1.72, 0.07 cm en el largo y ancho de la hoja en seca y lluvia, respectivamente, equivalente a área por hoja en seca de 1 cm² y en la lluvia de 2.04 cm².

El crecimiento de las hojas en las gramíneas templadas con la adición de nitrógeno ha sido un tema ampliamente discutido por Nelson et al (1992), Nelson (1994) y Lemaire (1995) y lo fundamentan en el papel que este elemento desempeña en la división y expansión celular a través de los cambios de turgencia y actividad metabólica.

En pastos tropicales también se informa el efecto positivo del nitrógeno en el crecimiento de sus hojas pero con cambios diferentes en su magnitud. Así Herrera et al (1991) en bermuda cruzada encontraron aumentos en el área de la hoja de 11.06 y 10.43 cm² en la 6^{ta} y 8^{va} semana en lluvia y seca, respectivamente cuando fertilizó con 400 kg N/há/año.

En nuestros resultados el área de la hoja mostró correspondencia con los indicadores de crecimiento estudiados, expresado a través de una mayor longitud en los entrenudos y

acumulación de masa seca, aspecto que quedó demostrado cuando se estudió el papel que desempeñó el sistema foliar en el aumento de los rendimientos de esta especie.

Cuando se analizó la superficie foliar (Índice de Área Foliar) la fertilización nitrogenada también favoreció este indicador, debido no sólo al aumento expresado en el área de las hojas sino en el peso seco de éstas en el pastizal, las cuales constituyen variables básicas para su estimación (Torres 1985, Mesa y Avila 1992 y Alvarez y Fernández 1996, datos no publicados). Las diferencias obtenidas en su rendimiento (figura III-2) explican junto con el área de la hoja las variaciones encontradas en la evolución del índice de área foliar (IAF) con relación al nitrógeno.

En ambas estaciones del año estas diferencias se establecieron desde las primeras semanas, hasta alcanzar sus valores máximos entre las semanas 11 y 12, sólo en la estación poco lluviosa el tratamiento con nitrógeno presentó un comportamiento atípico, quizás por no completar aún su dinámica de crecimiento lo cual se corrobora en la relación que mostró la acumulación de masa seca de las hojas (figura III-2) con la edad.

En los trabajos de Duru (1989), Duru et al (1989), Torres y Alvarez (1991) y Alvarez et al (1997) se han encontrado similar tendencia aunque con valores distintos dependiendo de la especie, morfología, arquitectura de la planta, condiciones ambientales y de manejo empleado. Los valores obtenidos en nuestro trabajo en ninguno de los casos fueron superiores a 6 y los más altos se alcanzaron en la estación lluviosa cuando se suministró nitrógeno.

El crecimiento de las plantas está influenciado no sólo por las dimensiones del sistema asimilativo (IAF) y por la velocidad de asimilación (TAN), sino por la duración del funcionamiento del sistema foliar (DAF) (Balbín 1988 y Valero et al 1993) la cual expresa la capacidad de la planta de producir y mantener a lo largo de su ciclo de crecimiento la superficie foliar activa.

Los análisis efectuados para el IAF relativo a su variación con la edad y su respuesta al nitrógeno son válidas también para la DAF por el grado de relación que estos presentan,

aunque sus interpretaciones fisiológicas diferentes. La adición de nitrógeno aumentó la duración del área foliar y se correspondió con una mayor producción de masa seca total, lo cual está asociado a los incrementos registrados en los valores de superficie foliar y a su mayor persistencia.

Tomando como base que la TAN se relaciona de forma inversa con el índice de área foliar (Hunt 1978, Torres 1985 y De Armas et al 1988) es posible explicar el comportamiento variable expresado por este índice (TAN) con relación al nitrógeno en ambas estaciones del año.

En la estación lluviosa, a partir de la 3^{ra} semana en el tratamiento donde se aplicó nitrógeno la TAN presentó valores cercanos a cuando no se adicionó. Esto puede estar dado por una menor eficiencia en el aparato fotosintético o a un aumento en los gastos energéticos por concepto de respiración de mantenimiento.

De acuerdo con los resultados, los valores de IAF fueron de 1.5 a 2.0 veces superior y pudo incidir en que la radiación lumínica no fuera distribuida adecuadamente en los diferentes estratos de la planta, limitando así a las hojas inferiores de la energía suficiente para mantener la eficiencia del aparato fotosintético (Marín 1989 y Lemaire 1995) y como la asimilación neta en la planta es la resultante de la contribución relativa del balance que se establece entre el suministro y la demanda de carbono de cada parte del sistema asimilativo, esta se afectó cuando los valores de IAF comenzaron a limitar los niveles de radiación. En la estación poco lluviosa esta situación no se presentó, probablemente por el menor desarrollo alcanzado en el área foliar, el cual no superó a 3.6.

Cuando se compara el comportamiento de las variables de rendimiento (figuras III-1 y 2) con el IAF y la DAF (figuras III-3 y 4) en el tiempo se observa que en la mayoría de las variantes estudiadas existe correspondencia entre ellas, lo que nos indica la función que desempeña tanto el tamaño y la duración del sistema asimilativo en el aumento de la masa seca en esta especie, siempre que estén dentro de los límites fisiológicos que no afecten la utilización de la energía solar (Lemaire, et al 1987, Clavero, et al 1994). No

obstante, la eficiencia con que se produce (TAN) depende de los procesos fisiológicos que se desarrollan en la planta en relación con la disponibilidad del nitrógeno y la época del año.

Así, en la estación poco lluviosa los aumentos de masa seca por unidad de sistema asimilativo (TAN) en el nivel 0 N se desarrollan con una menor eficiencia con el aumento de la edad debido fundamentalmente a un mayor gasto energético por concepto de respiración en relación con la actividad fotosintética, lo cual se corrobora en los valores más bajos registrados en el contenido de carbohidratos solubles totales en la planta (figura III-8). Sin embargo, con la adición de nitrógeno el comportamiento fue diferente, con un balance favorable en la síntesis de carbohidratos solubles por la planta, cuyas dinámicas mostraron un comportamiento sincrónico (figuras III-5 y 8).

En la época de lluvia en ambas dosis de nitrógeno los aumentos en el rendimiento de masa seca total, y el de sus componentes con la edad de rebrote se efectuaron con una menor eficiencia (TAN) y a expensas de una movilización de carbohidratos solubles (figura III-8), siendo esto más evidente en el nivel 0 N.

Estos comportamientos fisiológicos en la planta se reflejan en los cambios que experimentaron los componentes estructurales expresados como fibra bruta (tabla III-3) y proteína bruta (figura III-7) con la edad y el nivel de nitrógeno en las dos estaciones del año debido a la relación que estos constituyentes poseen con el contenido de carbohidratos solubles, siempre que no existan factores limitantes (Taiz y Zeiger 1991 y Moore y Hatfield 1994).

En ambas estaciones del año la no adición de nitrógeno implicó un mayor contenido de fibra bruta, esto hace, desde el punto de vista energético que el proceso de crecimiento se realice a un costo más elevado y por ende con una menor eficiencia, lo cual ayuda a explicar los bajos niveles de asimilación neta y el contenido de carbohidratos solubles registrados en el pastizal bajo estas condiciones de manejo.

Cuando el nitrógeno no constituyó un elemento limitante para expresar su potencial de crecimiento los cambios ontogénicos de la TAN y el contenido de carbohidratos solubles mostraron correspondencia, pero con comportamientos diferentes según la época del año.

El aumento inicial en la concentración de carbohidratos solubles en la estación poco lluviosa, cuando se adicionó nitrógeno, puede estar asociado al menor crecimiento y síntesis de los compuestos estructurales experimentado por la planta, probablemente debido a las bajas temperaturas presentada en esta época del año (22°C), la cual se caracterizó con valores por debajo de los 15°C en el 33% de los días de su ciclo de crecimiento, elemento este que pueden limitar la síntesis de carbohidratos estructurales.

Por otra parte, a medida que avanza la edad la actividad metabólica tiende a ser menor y con ello el contenido proteico, cuyos valores en el presente trabajo se reducen en 0.6 y 0.9 unidades porcentuales por semanas para 0 y 50 kg N, respectivamente (figura III-7). Esto hace que el consumo de fuentes carbonadas por esta vía metabólica disminuya como resultado de la madurez en la planta y por ende tienden a aumentar su concentración en forma estructural, lo cual explica el comportamiento inverso que mostraron estos constituyentes en nuestros resultados.

La reducción que experimentó su contenido en la segunda mitad del ciclo de crecimiento en ambos tratamientos pudo estar relacionado con la disminución que sufrió la asimilación neta en la planta, los cuales mostraron correspondencia entre ellos y cuyas razones pueden estar dadas por una disminución en la actividad fotosintética y un aumento en los gastos energéticos por concepto de respiración para el mantenimiento, debido a un incremento en el contenido de carbohidratos estructurales (FB) en la planta (tabla III-3).

Además, en esta fase de crecimiento se produce un aumento en el número de inflorescencia en el pastizal, en las que se acumulan importantes cantidades de asimilatos. Esto nos ayuda a explicar, en parte, la reducción que sufrió el contenido de carbohidratos solubles en las partes vegetativas del pastizal.

En la estación lluviosa, la reducción fue superior y alcanzó valores promedios de 0.8 y 1.09% por semanas (figura III-7) con una tendencia similar a la dinámica de los carbohidratos solubles totales, manteniendo entre ellos una relación estrecha. Esto confirma lo informado anteriormente con relación a la utilización de estos compuestos solubles en la síntesis de constituyentes estructurales en la planta con el aumento de la edad cuando las condiciones ambientales son favorables para el crecimiento

La digestibilidad es uno de los indicadores de la calidad que más se relaciona con los cambios en los componentes estructurales y solubles de la célula vegetal (Herrera 1981, Keftasa 1990, Devendra 1995 y Santana y McDowel 1996). Esto se reafirma en nuestros resultados al presentar un comportamiento inverso con el contenido de fibra bruta (tabla III-4).

No obstante, el aumento de este indicador hasta la 6^{ta} semana (valor máximo) en la época de seca en ambos niveles de nitrógeno puede estar relacionado con el comportamiento de los carbohidratos solubles debido a la correspondencia que estos presentaron en relación con la edad y el nivel de nitrógeno, lo cual parece ser una característica inherente al género *Cynodon* bajo las condiciones de manejo estudiadas debido a su similitud con los resultados de Herrera et al (1985) en bermuda cruzada-1 (*Cynodon dactylon Coast cross-1*). Por otra parte, en esta época se registraron los menores tenores de fibra bruta, lo cual corrobora lo planteado anteriormente sobre la influencia de los componentes solubles y en especial los carbohidratos en los cambios de digestibilidad de la materia orgánica de esta especie en la estación poco lluviosa.

En términos generales, el pasto estrella mostró respuestas morfofisiológicas diferentes de acuerdo con el suministro de nitrógeno y expresó sus potencialidades cuando este no constituyó un elemento limitante para su crecimiento, expresado a través de un mayor desarrollo en sus estructuras morfológicas, tamaño y duración de su sistema foliar, un aumento en la acumulación de masa seca y asimilación neta.

Sin embargo, los aumentos de masa seca por unidad de sistema asimilativo (TAN) debido a los cambios en el IAF no fueron proporcionales. Esto nos hace pensar que existen problemas de eficiencia de utilización de la energía lumínica o ineficiencia en la transferencia de energía química en el proceso fotosintético con el aumento de la edad de la planta, lo cual puede constituir una hipótesis de trabajo en futuras investigaciones que permitan esclarecer estos mecanismos a través de métodos y procedimientos específicos que se requieren en estos trabajos.

Los resultados obtenidos evidencian que el estatus de nitrógeno en la planta establece diferencias marcadas en el metabolismo de los carbohidratos solubles y estructurales y por ende en el metabolismo energético de esta especie, cuando su concentración es baja el proceso de crecimiento se realiza a un costo energético superior.

Este comportamiento junto con los cambios morfológicos mostrados, es posible que sea una de las respuestas que expliquen la baja productividad de los pastizales cuando los niveles nutricionales no están acorde con sus requerimientos, siempre que no existan otros factores limitantes. Se debe continuar profundizando en estudios de balance energético bajo condiciones controladas que ayuden a explicar dichas respuestas.

Por otro lado, bajo estas condiciones de explotación después que se alcanza la máxima tasa de crecimiento los incrementos de masa seca en la planta se hacen menos eficientes y a expensas de una mayor utilización de los carbohidratos solubles de reservas, con valores bajos en el contenido de proteína bruta y digestibilidad de la materia orgánica. El mejor balance entre los indicadores estudiados cuando el nitrógeno no fue limitante (50 Kg. N) se registró en la 5^{ta} y 7^{ma} semana para lluvia y seca, respectivamente, mientras que para el nivel 0 N en una semana más tarde en las dos épocas del año.

En el presente capítulo se han descrito elementos fundamentales en el análisis del crecimiento de esta especie, las cuales han permitido profundizar en su fisiologismo de acuerdo con su perfil nutricional y la época del año. Sin embargo, se corren riesgos en extrapolar de ellas información para pastoreo debido a las diferencias que introducen los animales en sus diversas estructuras cuando son defoliados, es por ello que se decidió

realizar su estudio en estas condiciones y bajo dos intensidades de pastoreo en el próximo capítulo.

CAPITULO IV: ESTUDIO MORFOFISIOLOGICO DEL CRECIMIENTO DEL PASTO ESTRELLA MANEJADO BAJO DOS INTENSIDADES DE PASTOREO.

En los últimos años dos hipótesis han sido utilizadas por diferentes autores para explicar el crecimiento de los pastizales como respuesta a la intensidad con que son defoliados. Una de ellas argumenta que el rebrote depende de las reservas acumuladas en la raíz y en la base de sus tallos y la otra, que la tasa de crecimiento posterior al pastoreo depende fundamentalmente de la síntesis de sustancias orgánicas a partir de la fotosíntesis en el material remanente (Younger 1972, Gomide 1989b y Senra 1996).

Sin embargo, la eficiencia fotosintética del material residual puede ser muy variable (Assuero et al 1993) y depende de la especie, composición estructural y hábito de crecimiento de la planta, capacidad de interceptación y eficiencia de utilización de la luz por un sistema asimilativo (Alfonso y Geraldo 1993).

Esto motivó que en las regiones tropicales se hayan adoptado diferentes normas de manejo para las áreas de pastoreo sin tener en consideración suficientemente el fisiologismo de sus especies y las múltiples relaciones que se establecen entre estas, el animal, el suelo y el clima, los cuales son elementos básicos para el diseño de sistemas de pastoreo y hasta en algunos casos han tratado de utilizar resultados de áreas de corte en aspectos donde existen grandes diferencias.

Por lo antes expuesto y la limitada información disponible sobre el fisiologismo del crecimiento del pasto estrella bajo condiciones de pastoreo se decidió estudiar el comportamiento de su crecimiento y desarrollo en condiciones de baja y alta intensidad de pastoreo a través de indicadores morfofisiológico.

Materiales y Métodos.

Tratamiento y diseño experimental

Los dos experimentos se realizaron simultáneamente en cuartones representativos por cada sistema con un área de 7500 y 1250 m² para baja y alta intensidad,

respectivamente, en el período comprendido entre julio 1994 y septiembre 1995. En ambos casos se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 réplicas donde los tratamientos fueron las edades de rebrote desde 1 hasta 8 en lluvia y 10 semanas en seca. Los datos se procesaron matemáticamente según el análisis de varianza correspondiente y de regresión por época del año.

Procedimiento

En el Capítulo II aparece descrita la metodología en la toma, procesamiento y análisis de las muestras. Esto se repitió dos veces por época para un total de 4 ciclos por año.

Resultados

Para facilitar la expresión de los resultados, estos se dividieron en baja y alta intensidad de pastoreo.

Baja intensidad de pastoreo

El rendimiento de materia seca total (RMST) y el de sus componentes hojas (RH) y tallos (RT) variaron con la edad de rebrote en las dos épocas del año y se ajustaron ($p < 0.001$) a una ecuación de tercer grado (figura IV-1). Los mayores rendimientos se alcanzaron en la estación lluviosa y las mayores acumulaciones de masa seca total (RMST), hojas (RH), y tallos (RT) se registraron entre las 6 y 7 semanas en las dos épocas del año con valor de 3.20; 0.50; 1.22 y 3.86; 1.84; 1.54 t MS/há para RMST, RH, y RT, en seca y lluvia, respectivamente.

El patrón de distribución del rendimiento de las hojas y los tallos por época del año fue diferente. En la seca la mayor contribución al rendimiento fue del tallo, mientras que en la lluvia lo hizo la hoja.

La velocidad de crecimiento del pastizal (TCC) mostró sus valores más altos en la tercera semana con 0.243 y 0.599 t MS/há/semana en la seca y lluvias, respectivamente y su reducción fue mayor en la estación lluviosa, alcanzando valores negativos a partir de la séptima semana (figura IV-2).

En ambas épocas del año el largo del entrenudo varió ($P < 0.05$) con la edad entre 4.53 y 5.66 y de 3.40 a 6.31 cm en la seca y lluvia para 1 y 9 semanas, respectivamente. Mientras que el diámetro del tallo sólo lo hizo ($P < 0.001$) en la seca pero en un rango entre 0.19 y 0.22 cm (tabla IV-1).

El largo, ancho y área de la hoja variaron ($P < 0.01$) con la edad de rebrote. En la estación lluviosa las mayores dimensiones se registraron en la 7^{ma} semana sin diferir de 5^{ta} semana. En la seca, el largo, ancho y área de la hoja no variaron ($p < 0.01$) a partir de la 5^{ta} semana (tabla IV-2).

En las dos épocas del año el IAF se ajustó ($P < 0.001$) con la edad de rebrote a una expresión de 3^{er} grado (figura IV- 3) con valores máximos de 7^{ma} y 6.5 semana (0.86 y 2.58) en seca y lluvia, respectivamente.

La duración del área foliar presentó similar comportamiento que el IAF en las dos estaciones del año (figura IV - 4) y sus valores variaron en la seca desde 0.11 a 0.82 semanas y en la lluvia desde 0.13 a 2.35 semanas.

En la figura IV - 5 se muestra el comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) según la edad de rebrote. En las dos época sufrió una reducción con la ontogenia y sus mayores sus valores se obtuvieron en la 1^{ra} semana con 11.43 y 46.3 g MS/m²/semana para seca y lluvia, respectivamente.

El contenido de proteína bruta varió con la edad de rebrote en las dos épocas del año y se ajustaron ($p < 0.01$) a ecuaciones de tercer grado (Figura IV- 6). En la seca mostró su mayor contenido (7.10%) en la 3^{ra} semana, mientras que en la lluvia (9.00%) fue en la 4^{ta} semana.

La fibra bruta y digestibilidad de la materia orgánica variaron ($P < 0.05$) con la edad (tabla IV-3). En la estación de lluvias se presentaron los menores contenidos de fibra y los mayores de digestibilidad de la materia orgánica.

La figura IV-7 muestra la dinámica de los carbohidratos solubles totales en las dos estaciones del año y se ajustó ($p < 0.001$) en ambos casos a una expresión polinómica de 3^{er} grado. La mínima (8.18%) y máxima (10.18%) concentración se registraron en las semanas 3 y 6, respectivamente, en la estación seca, mientras que en la lluvia se alcanzaron en las semanas 2 y 6 con tenores de 1.57 y 4.61%, respectivamente.

Alta intensidad de pastoreo

En ambos períodos estacionales el rendimiento de materia seca total (RMST), hojas (RH) y tallos (RT) se ajustaron ($P < 0.001$) con la edad a una expresión de tercer grado (Figura IV-8).

La máxima acumulación de la masa seca total (RMST) y el de sus componentes morfológicos (RH y RT) se alcanzó en la estación seca entre la 7^{ma} y 8^{va} semana con valores de 2.86, 0.55 y 1.11 t MS/há mientras que en la lluvia fue en la 6^{ta} semana con 5.31, 2.07 y 2.67 t MS/há para RMST, RH y RT, respectivamente. En ambas estaciones del año el rendimiento de tallos (RT) fue superior al de las hojas con excepción de las semanas 6 y 7 en la lluvia.

El largo y el diámetro del entrenudo en las dos épocas del año variaron ($P < 0.05$) con la edad de rebrote (tabla IV-5). Los mayores valores del largo se alcanzaron a partir de la 3^{ra} y 5^{ta} semana en seca y lluvia, respectivamente, mientras que el diámetro no mostró un patrón de respuesta definido, aunque con diferencias ($p < 0.01$) entre las edades.

El largo, ancho y el área de la hoja aumentaron ($P < 0.001$) con la edad de rebrote en las dos estaciones del año (tabla IV-6). En la época de seca las mayores dimensiones se registraron en la 9^{na} semana (9.35, 0.50 cm y 3.50 cm² para el largo, ancho y área de la hoja, respectivamente) y en la lluvia en la 5^{ta} con un área de 6.63 cm², sin diferir ($p < 0.001$) de la 7^{ma} semana (6.41 cm²).

El índice de área foliar varió con la edad y en ambas épocas del año se ajustó ($P < 0.001$) a un polinomio de 3^{er} grado (figura IV-9) con su mayor dimensión (1.00 y 2.53) en las semanas 8 y 7 de seca y lluvia, respectivamente.

La figura IV-10 muestra el comportamiento de la duración del área foliar en ambas estaciones del año, cuyos valores fluctuaron desde 0.07 a 1.00 y de 0.16 a 2.50 semanas en la estación de seca y lluvia, respectivamente.

La tasa de asimilación neta (TAN) disminuyó con el aumento de la edad en ambas estaciones del año (figura IV-11) hasta alcanzar valores negativos a partir de la 8^{va} y 6^{ta} semana en seca y lluvia, respectivamente, y mostró sus mayores diferencias en las dos primeras semanas de rebrote.

La velocidad de crecimiento (TCC) varió con la edad de la planta en las dos estaciones del año y registró su mayor productividad en la 4^{ta} y 3^{ra} semana con una tasa de 0.229 y 0.927 t MS/há/semana en seca y lluvia, respectivamente y obtuvo valores negativos en las dos últimas semanas de su ciclo de crecimiento (figura IV-12).

El contenido de proteína bruta en ambas épocas del año y se ajustó ($p < 0.01$) a una ecuación de 3^{er} grado (figura IV-13). En la seca el valor máximo se alcanzó en la 4^{ta} semana (6.26%) mientras que en la lluvia se registró un máximo y un mínimo en la 2^{da} y 5^{ta} semana con valores de 8.42 y 7.45%, respectivamente.

El comportamiento de la fibra bruta y la digestibilidad de la materia orgánica aparecen en la tabla IV-7. Ambos indicadores estuvieron influenciados ($P < 0.05$) por la edad de rebrote en las dos estaciones del año. La fibra bruta alcanzó el menor contenido en la 5^{ta} (34.26%) y 3^{ra} semana (30.65%) en seca y lluvia, respectivamente, mientras que la digestibilidad de la materia orgánica obtuvo los valores máximos en seca (55.0%) en la 7^{ma} sin diferir de la 5^{ta} y 9^{na} semana y en la lluvia (66.18%) en la semana 3.

El contenido de carbohidratos solubles se afectó con la edad en ambas estaciones del año ($P < 0.001$) (figura IV-14), pero mostraron un comportamiento diferente. En la estación seca se ajustó a una ecuación de 3^{er} grado con valores mínimos (6.69%) y máximos (8.60%) en la 2^{da} y 7^{ma} semana, respectivamente, mientras que en la lluvia la relación fue lineal y con una menor concentración.

Discusión

El ajuste encontrado a la expresión polinomial de tercer grado en ambas intensidades de pastoreo y épocas del año, confirman lo informado en el Capítulo III con relación al comportamiento sigmoideal en el crecimiento de esta especie, a pesar de presentarse bajo condiciones de pastoreo una relación diferente entre el crecimiento y la senectud de los componentes estructurales que la forman (Parsons et al 1983).

La cinética de crecimiento se caracterizó por presentar comportamientos particulares en cada época del año y su expresión fue diferente en cada intensidad de pastoreo. En el sistema con baja intensidad los valores de máximo rendimiento y tasa de crecimiento se alcanzaron a edades similares en las dos estaciones del año, mientras que en el sistema con alta intensidad fueron a edades diferentes (figura IV-2 y IV-12).

Independiente del marcado efecto que producen los elementos climáticos en el comportamiento de la tasa de crecimiento y en la formación de los rendimientos en los pastos bajo nuestras condiciones, aspecto discutido en el Capítulo III, existe una relación entre éstos y el grado de intensidad con que son defoliados (Primavesi 1993 y Paéz et al 1995), lo cual puede estar dado por la cantidad de material fotosintéticamente activo en la materia verde residual y el grado de utilización de sus reservas después del pastoreo (Pezo et al 1992, Romero 1993 y García Trujillo 1995).

Aunque no fue objeto de nuestro trabajo comparar el efecto de la intensidad de pastoreo, es posible que esto explique el comportamiento particular presentado en la duración de los ciclos de crecimiento de esta especie entre las diferentes épocas del año.

Esto nos indica que cuando el grado de intensidad de utilización es más elevado, las diferencias entre épocas en la duración del período de crecimiento son mayores, lo cual concuerda con lo informado por García Trujillo (1989) y con los resultados del Anon (1994) al estudiar los ciclos de rotación en el pasto estrella bajo dos sistemas de manejo durante tres años de explotación.

En ambas intensidades de pastoreo los valores de rendimientos por edad y ritmos de crecimiento alcanzados coinciden con los resultados de Funes et al (1993), Cruz (1995), Mileras y Machado (1995) y Del Pozo et al (1995b) en condiciones de manejo similares en el pastoreo, aunque aún por debajo de su potencial cuando se utilizan altas dosis de fertilización (Del Pozo et al 1995a)

La diferente distribución en el crecimiento de las hojas y los tallos que se presentó en el sistema con baja intensidad de pastoreo entre las épocas del año, parece ser una respuesta morfológica relacionada con el grado de utilización del pastizal, ya que cuando se maneja con una alta intensidad presentó patrones similares, con un predominio en el rendimiento de los tallos en la mayor parte de su ciclo de crecimiento.

Estos resultados están en correspondencia con lo señalado por Ramos et al (1993a), Valdés et al (1995), Reyes et al (1995) y Guevara et al (1996), quienes argumentaron que su distribución puede variar en función de la época del año y el sistema de manejo empleado en su explotación.

No obstante, durante la estación de seca, en ambos sistemas el rendimiento de los tallos fue superior, motivado por una menor producción de hojas y no a un aumento en el crecimiento de los tallos, cuyo comportamiento puede explicarse através del cambio que mostró la longitud del entre nudo en el período de crecimiento, debido a la relación que estos poseen (Herrera et al 1991).

En nuestros resultados en la época de seca la longitud de los entrenudos sólo aumentó en 0.9 y 1.2 cm en 9 semanas, cuando se manejó con baja y alta intensidad de pastoreo, respectivamente, mientras que en la lluvia presentó una mayor variación con valores algo superiores cuando se utilizó alta intensidad de pastoreo (tablas IV-1 y IV-5) y en ambos casos mostraron correspondencia con las variables de crecimiento estudiadas.

El diámetro del entrenudo en las dos estaciones del año variaron en un rango más estrecho y en algunos casos no mostró un patrón definido con la edad, lo cual puede

estar relacionado con la existencia en el pastizal de brotes con diferentes estados de crecimiento y desarrollo en una misma edad cronológica bajo éstas condiciones de manejo.

La superioridad de las hojas con respecto a los tallos en el sistema con baja intensidad de pastoreo durante la estación lluviosa puede ser una respuesta al menor grado de utilización del pastizal, lo cual hace que mantenga una mayor proporción de hojas a expensas de una mayor heterogeneidad de las edades fisiológicas en los diferentes brotes del pastizal, situación que no ocurrió con la de alta intensidad de pastoreo debido al mayor grado de defoliación.

Como en el balance de fertilidad no se presentaron diferencias entre las áreas durante el período experimental (Crespo 1997, datos no publicados) nos ayuda a explicar que dicha respuesta está más asociada con el grado de utilización del pastizal que a un déficit de nitrógeno como sucedió en el Capítulo III.

No se descarta la posibilidad de que este efecto está enmascarado por no tener en consideración las respuestas inmediatas que se producen en el crecimiento y la composición estructural del pasto, por la deposición de la orina y las bostas en el pastizal (Flores 1994 y Crespo et al 1995), esto se corrobora en los trabajos de Reyes et al (1996) y Del Pozo et al (1997) (datos no publicados) cuando estudiaron los rendimientos y la composición estructural de esta especie bajo diferentes intensidades de pastoreo.

En ambos sistemas de manejo, el largo, ancho y área de la hoja aumentaron ($P < 0.01$) con la edad. En la estación lluviosa a partir de la 5^a semana los aumentos en sus dimensiones no fueron significativos, mientras que en la época de seca ocurrió a partir de la 7^{ma} semana sólo en el sistema de baja intensidad.

En términos generales, el sistema de alta intensidad de pastoreo presentó valores altos en las dimensiones de las hojas independientemente de la época del año, lo cual puede

explicarse como una respuesta morfológica de la planta para aumentar las posibilidades de intersección de la luz solar y por ende la síntesis de asimilatos requeridos por no disponer de un área foliar residual y de reservas aéreas suficientes para su crecimiento.

Bajo estas condiciones de manejo el área de la hoja también mostró correspondencia con los indicadores del crecimiento estudiado y se evidenció a través de una mayor acumulación de masa seca en la planta, sobre todo en el período lluvioso donde manifestó sus mayores dimensiones.

El índice de área foliar (IAF) también se ajustó ($P < 0.001$) con la edad a un polinomio de 3^{er} grado y presentó un comportamiento estacional en ambos sistemas de manejo con valores en el período lluvioso de 2.5 a 2.8 veces superior al período seco.

Se destaca que durante la estación de seca su magnitud no alcanzó la unidad, lo que pudiera ser una consecuencia del posible efecto de las bajas precipitaciones en el desarrollo del sistema foliar de esta especie bajo estas condiciones de manejo, por su relación directa con el estado hídrico de la planta. Este comportamiento puede estar dado por el menor tamaño que registraron sus hojas (tablas IV-2 y IV-6) así como en la biomasa foliar (figuras IV-1 y IV-8), los que forman parte de su estimación (Capítulo I).

Hsiao y Jing (1987), Barker et al (1989), Vadell y Medrano (1992) y Sánchez y Aguirreolea (1993) señalaron que el crecimiento foliar es el proceso más sensible al déficit hídrico y a que su disminución en las plantas puede deberse tanto a una reducción en el tamaño normal de las hojas como en el número de éstas.

Similares respuestas obtuvieron Baruch (1994b) en *Andropogon gayanus*, *Hyparrhenia rufa*, *Echinochloa polystachya* y *Brachiaria mutica* y Páez et al (1995) en *Panicum maximum* cuando los niveles de humedad están por debajo de sus requerimientos hídricos, quienes lo consideran como una respuesta de la planta para disminuir las pérdidas por transpiración y así mantener sus funciones metabólicas bajo estas condiciones (Sánchez et al 1993).

González y Páez (1995) encontraron en *Panicum maximum* que el déficit hídrico afectó considerablemente el área foliar (IAF) y la duración del área foliar (DAF) y como consecuencia la producción de masa seca por el grado de relación que éstas poseen, sobre todo en la fase media y final de su crecimiento donde las demandas de agua son mayores.

La duración del área foliar (DAF) presentó similar comportamiento con respecto a la edad (figuras IV-4 y IV-10) en ambas intensidades de pastoreo y sus variaciones estacionales se corresponde con los cambios en el índice de área foliar (IAF).

Esto nos indica que en la estación poco lluviosa los bajos valores de IAF no pueden ser compensados por una mayor DAF, estrategia que otros cultivos utilizan para incrementar la producción de biomasa cuando las condiciones de crecimiento no son apropiadas (Balbín 1988), situación que explica, en parte, la baja bioproductividad obtenida en la estación de seca debido a la estrecha relación que se establecen entre ellas.

Cuando las condiciones climáticas son favorables la superficie foliar se mantiene durante un período mayor de tiempo, lo cual favorece la actividad fotosintética y por ende la formación de los rendimientos en el pastizal como sucedió en la estación lluviosa en ambas intensidades.

Bajo estas condiciones de manejo, también la tasa de asimilación neta (TAN) disminuyó con el aumento de la edad en las dos intensidades de pastoreo y sus valores fueron diferentes a los registrados en el Capítulo III, cuestión muy relacionada con la cantidad y estructura en el material remanente y la capacidad de movilización y uso de las reservas en la formación de la biomasa.

En la estación lluviosa en el sistema con baja intensidad, el proceso de crecimiento durante las primeras semanas se realizó con una mayor tasa de asimilación neta (TAN) y estuvo dado en parte, por la contribución que realizó la movilización de sus

reservas (carbohidratos solubles totales), (figura IV-7) los cuales mostraron un comportamiento inverso con la tasa de crecimiento del pastizal (figura IV-2).

Con alta intensidad, el proceso se efectuó, fundamentalmente, a partir de la fotosíntesis neta después de la primera semana de rebrote, ya que los carbohidratos solubles totales durante todo el período de crecimiento no sufrieron una reducción (Figura IV-14). Es posible que bajo estas condiciones el balance positivo en la acumulación de carbohidratos solubles en la parte aérea de la planta haya ocurrido en los primeros siete días de rebrote y probablemente a expensas de una movilización de las reservas radiculares. Esta respuesta en la planta quizás explique el aumento registrado en su sistema asimilativo desde las primeras semanas de rebrote.

Chacon-Moreno et al (1995) informaron similares respuestas en *Panicum maximum* cuando aumentó la intensidad de defoliación y argumentaron que los incrementos en los niveles de asimilación fueron debido a un mayor crecimiento del sistema foliar, ya que la fotosíntesis no varió de forma significativa entre los tratamientos.

En pasto estrella, Del Pozo et al (1997b) encontraron una mayor área foliar específica y número de hojas por planta a medida que el pastizal se manejó de forma más intensa (150 vs 450 UGM/días/há) desde las primeras semanas de rebrote. Estos resultados nos evidencian que la planta desarrolló estos cambios morfológicos como estrategia para compensar los bajos niveles de asimilación neta (TAN) cuando son defoliados intensamente.

En la estación de seca ambos sistemas presentaron semejantes tendencias, probablemente con una mayor dependencia de sus reservas en el de baja intensidad. Esto se confirma por la reducción que sufrieron los carbohidratos solubles totales en las primeras 2 y 3 semanas de rebrote para baja y alta intensidad de pastoreo, respectivamente (figuras IV-4 y IV-8).

Este mismo comportamiento lo informó Gomide (1989a), Primavesi (1993) y Becerra y Avendaño (1992) al caracterizar la relación entre ambos indicadores en el proceso de

crecimiento de los pastos tropicales. Además, señalaron que sólo ocurre un balance positivo en la dinámica de las reservas después que la planta alcanza la máxima tasa de crecimiento y en correspondencia con el sistema asimilativo (IAF) cuando las condiciones ambientales no son limitantes, aspecto que se evidenció en nuestros resultados.

En esta especie, la acumulación de carbohidratos solubles comenzó a edades más tempranas (figuras IV-7 y IV-14) asociado posiblemente a una alta capacidad metabólica en la síntesis y transporte de sustancias orgánicas lo que se refleja en la estación de seca donde se produjo una mayor acumulación de carbohidratos solubles en ambos sistemas de manejo, motivado fundamentalmente por la combinación de los factores climáticos que resultaron favorables para su almacenamiento, expresado por una disminución en el crecimiento y la síntesis de compuestos estructurales.

Busso et al (1990) observaron que las plantas después de un período prolongado de sequía acompañado de bajas temperaturas, acumulan una mayor cantidad de carbohidratos no estructurales y lo fundamentan sobre la base del papel que desempeña el contenido de agua en la planta para la síntesis, traslado y almacenamiento de los carbohidratos solubles en los sitios de consumo.

Por otra parte, Romero et al (1996) encontraron una relación inversa entre la temperatura y el almacenamiento de carbohidratos debido a la relación que posee esta variable climática con la dinámica de los procesos enzimáticos y la permeabilidad de las membranas, condiciones fisiológicas básicas en los procesos de síntesis y transporte (Taiz y Zeiger 1991).

Soares et al (1992) en *Brachiaria decumbens* informaron también un comportamiento estacional en la concentración de carbohidratos solubles y lo caracterizan como necesario para mantener su persistencia, sobre todo, en los sistemas que intensifican su manejo en la estación lluviosa.

El mayor contenido de fibra bruta durante la estación seca en ambos sistemas (tablas IV-3 y IV-7) está asociado a la mayor acumulación de material muerto y tallos de rotaciones anteriores y no a una mayor síntesis de este componente estructural, lo cual confirma que durante esta época del año predominó el proceso de acumulación de carbohidratos solubles en el pastizal.

En términos generales, bajo éstas condiciones de explotación, también las curvas de rendimiento, índice de área foliar mostraron un comportamiento sincrónico, lo cual nos corrobora el papel que desempeña el tamaño y la duración del sistema foliar en la formación de los rendimientos en esta especie. Sin embargo, este se realizó con una menor eficiencia con el aumento de la edad, cuyas causas fueron diferentes según las condiciones en que se desarrolló el proceso de crecimiento

En la estación lluviosa la reducción en la tasa de asimilación neta puede explicarse, por una probable disminución en la actividad fotosintética y a un aumento simultáneo en la respiratoria por la síntesis de compuestos orgánicos y sus estructuras, debido a la mayor actividad de crecimiento (TCC) que mostró el pastizal, mientras que en la poco lluviosa se deba a un mayor gasto energético por concepto de respiración de mantenimiento. Esto último se confirma en la mayor acumulación de carbohidratos solubles que se produjo en la planta en esta época del año.

Si tenemos en consideración que los procesos de síntesis y acumulación de carbohidratos solubles de reservas son dependientes de energía y que en la época de seca se produce su mayor acumulación, gran parte de los asimilatos producidos por la planta en el proceso fotosintético se destinan como fuente de energía para estas funciones y de esta forma se incrementan los gastos energéticos en la planta. A esta situación se adiciona el predominio de los tallos en el rendimiento de masa seca en el pastizal, que por sus características son importantes sitios de consumo de asimilatos.

Aunque en la estación lluviosa la condición fisiológica es diferente, también fue energéticamente costoso, quizás por no disponer de suficiente nitrógeno para desarrollar su potencial metabólico lo que pudo influir en un mayor contenido de

carbohidratos estructurales (tablas IV-3 y IV-7). Esto se corresponde en cierta medida con la hipótesis planteada en el Capítulo III, donde se señala que cuando no se dispone de un suministro de nitrógeno aumenta la concentración de estos compuestos.

Bajo estas condiciones de explotación, también el contenido de proteína bruta en las dos épocas del año reflejó el grado de actividad metabólica de la planta y mostró un comportamiento inverso al contenido de fibra bruta lo cual refleja el grado de utilización que la planta hace de estas fuentes para la síntesis de sus componentes estructurales con el avance de la edad (Keftasa 1990).

En nuestros resultados los cambios con la edad presentaron una respuesta en correspondencia con la contribución relativa que hace cada componente morfológico del pastizal al contenido de proteína bruta. Primeramente, aumentó hasta alcanzar sus valores máximos para después disminuir con tasas diferentes según la época del año y la intensidad de pastoreo. Al final del período de crecimiento, los cambios en el contenido de proteína bruta con la edad mostraron comportamientos particulares y muy estrechamente relacionado con los cambios en la estructura del pastizal. En la época de lluvia en el sistema de alta intensidad se presentó un incremento en su concentración, asociado con la aparición de nuevos brotes vegetativos (figura IV-6).

Estos resultados nos evidencian la baja actividad de crecimiento presentada en el pastizal durante la época de seca así como su pobre valor nutricional, situación que parece estar fundamentalmente dado por los cambios morfológicos entre los que se destaca el predominio de la senescencia de las hojas, órgano donde mayor disminución del contenido de proteína bruta ocurre atribuible a este proceso (Herrera 1986, Ramos et al 1990, Reyes et al 1995 y Del Pozo et al 1996b).

Semejante tendencia presentó la digestibilidad de la materia orgánica en los dos sistemas de manejo (tablas IV-3 y IV-7) y muy influenciado por el contenido de los componentes estructurales (FB) los cuales se caracterizaron por presentar una relación opuesta independientemente del período de crecimiento (Herrera 1981,

Demarquilly 1989, Keftasa 1990, Denium 1992 y Pedroso y Torres 1995).

Los porcentajes de digestibilidad de materia orgánica obtenidos fueron muy similares para las dos intensidades de pastoreo y oscilaron entre 45.0 a 58.4 y 62.1 a 66.81% para seca y lluvia, respectivamente con una mayor variabilidad entre edades en la seca debido a la dinámica con que se producen los cambios en sus diferentes componentes estructurales y no quizás propiamente a la edad como un elemento que introduce cambios en el estado de desarrollo de la planta.

No obstante, González y Yanes (1995) encontraron similar respuesta al evaluar diferentes presiones de pastoreo en el comportamiento de este indicador en el pasto estrella, aunque con valores absolutos algo inferiores debido a la técnica empleada para su determinación.

De acuerdo con el análisis de los resultados podemos plantear que el método de explotación por pastoreo produce cambios morfológicos y fisiológicos en esta especie con particularidades según la intensidad de pastoreo, tales como, la duración del ciclo de crecimiento, distribución del crecimiento de sus órganos, desarrollo de su sistema asimilativo y en la dinámica de utilización y acumulación de sus reservas (carbohidratos solubles), lo cual nos indica que los resultados obtenidos en los experimentos de parcelas de corte no son extrapolables totalmente a pastoreo.

Cada época del año presentó comportamientos particulares en las variables de rendimiento y morfológicas, caracterizada la época de seca por una mayor acumulación de tallos con rendimientos de hojas que no superaron los 500 kg MS/há en el momento de máximo rendimiento, lo cual determinó junto con la menor dimensión de sus hojas, en un tamaño y duración de su sistema asimilativo que no sobrepasó la unidad.

En la estación lluviosa se presentó similar comportamiento en la acumulación de la masa seca y la cinética de crecimiento en ambos sistemas pero con la tendencia a ser algo superior en el de alta intensidad, a pesar de presentarse en ambos casos similares

valores en el tamaño y duración de su sistema foliar.

Con excepción del sistema de alta intensidad de pastoreo en la estación de lluvias, el crecimiento inicial se realizó posiblemente a expensas de la movilización de sus reservas aéreas, cuya duración fue variable, pero no superior a las 3 semanas, con una rápida recuperación y proporcional al IAF y la DAF.

No obstante, este se desarrolló con una baja eficiencia, ya que los incrementos en el IAF y la DAF no fueron proporcionales con los aumentos del rendimiento, motivado por las condiciones fisiológicas bajo las cuales este se desarrolló, caracterizado por el aumento en la acumulación de carbohidratos solubles en los sitios de consumo, así como síntesis y mantenimiento de componentes estructurales, procesos que por su naturaleza son dependientes de energía. Es probable que bajo estas condiciones de manejo también se presenten problemas de eficiencia en la utilización de la energía lumínica o en su transformación en forma química en la medida que avanza la madurez de la planta, lo cual repercutió en el patrón de respuestas de las variables del rendimiento.

Estos resultados nos ratifican la necesidad de profundizar en la fisiología del rebrote de esta especie y en especial en el balance de utilización de la energía, con el propósito de obtener información básica que permita junto a la ya existente efectuar un manejo eficiente de ella en el pastoreo.

Por otra parte, debemos señalar que los índices fisiológicos y bioquímicos utilizados mostraron ser buenos indicadores para el análisis del crecimiento de esta especie, ya que permitieron caracterizar su fisiologismo bajo estas condiciones de explotación, lo cual constituye un elemento de carácter metodológico que puede ser utilizado en los estudios de manejo de pastizales que incluyen en su análisis el crecimiento y la productividad de los pastos.

En ambos sistemas de manejo después que se alcanza la máxima tasa de crecimiento, los carbohidratos solubles totales aumentaron en la planta con la edad y mostraron

correspondencia con la acumulación de masa seca total, aunque con un balance desfavorable en la tasa de asimilación neta y en el resto de los constituyentes químicos estudiados en la planta.

De acuerdo con nuestros resultados, la mejor relación entre estos indicadores en la estación lluviosa se registraron en la 4^{ta} semana en ambos sistemas de manejo, mientras que en la seca en la 6^{ta} y 7^{ma} semana para el de baja y alta intensidad de pastoreo, respectivamente, aspectos que pudieran ser utilizados para seleccionar los momentos adecuados de cosecha de esta especie bajo condiciones de explotación semejantes a las utilizadas en el presente trabajo.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados alcanzados y las condiciones donde se desarrollaron los experimentos se concluye que:

1.- En la explotación por corte la no adición de nitrógeno disminuyó los niveles de asimilación neta, el contenido de carbohidratos solubles y el crecimiento de sus tallos, condición que coincidió con una mayor acumulación de hojas en el rendimiento de masa seca total en la mayor parte de su ciclo de crecimiento, alternativa utilizada por la especie para compensar los bajos niveles de asimilación neta asociado a una baja nutrición nitrogenada.

2- La disponibilidad de nitrógeno en la planta estableció diferencias en el metabolismo de los carbohidratos solubles (CHST) y los estructurales (FB) y por ende en su metabolismo energético. Cuando éste no se aplicó, el proceso de crecimiento se realizó con un costo energético superior, expresado en las respuestas que presentaron la tasa de asimilación neta (TAN) y los carbohidratos solubles totales (CHST) a través del período de crecimiento.

3- Bajo condiciones de explotación por corte no es conveniente utilizar el pastizal después que se alcanza la máxima tasa de crecimiento ya que los aumentos en el rendimiento de masa seca por unidad del sistema asimilativo se realiza con una menor eficiencia (TAN) y una disminución en el contenido de carbohidratos solubles, proteína bruta y la digestibilidad de la materia orgánica con el aumento de la edad.

4- En ambas intensidades de pastoreo, en la estación poco lluviosa, la dinámica de crecimiento del pastizal se caracterizó por un mayor rendimiento de tallos que de hojas, un tamaño (IAF) y duración de su sistema foliar (DAF) que no sobrepasó la unidad, una mayor acumulación y utilización de los carbohidratos solubles en sus órganos aéreos durante el período de crecimiento.

5- En ambos sistemas de manejo en pastoreo en la época de lluvia, la cinética de crecimiento presentó similar tendencia en la acumulación de masa seca, pero con un patrón diferente en la distribución de la biomasa, utilización y acumulación de los carbohidratos solubles, los cuales mostraron correspondencia con el tamaño (IAF) y la duración del sistema asimilativo (DAF).

6- En condiciones de pastoreo, la mejor relación entre los indicadores morfofisiológicos y bioquímicos estudiados en el pasto estrella se registró en la cuarta semana en lluvia para ambos sistemas de manejo, mientras en seca fue en la 6^{ta} y 7^{ma} semana para baja y alta intensidad de pastoreo, respectivamente.

7- En las diferentes condiciones de explotación estudiadas la tasa de asimilación neta (TAN) y el contenido de carbohidratos solubles (CHST) mostraron ser buenos indicadores para el análisis del crecimiento de esta especie y de conjunto con el resto de los índices morfofisiológicos y bioquímicos estudiados permitieron definir el momento de utilización de esta especie.

RECOMENDACIONES

- 1.- Aplicar la metodología de análisis del crecimiento utilizada en el presente trabajo de tesis para su estudio en otras especies tropicales de similar forma de crecimiento así como en aquellos de hábito erecto.
- 2- Sobre la base de las respuestas encontradas en la tasa de crecimiento (TCC) y el contenido de carbohidratos solubles (CHST) con el desarrollo de la planta, se recomienda profundizar en el estudio de la fisiología del crecimiento y el rebrote de los pastos tropicales y preferentemente en el balance energético.
- 3- Emplear la tasa de crecimiento (TCC), tasa de asimilación neta (TAN) y los carbohidratos solubles (CHST) para caracterizar fisiológicamente el crecimiento del pasto estrella bajo diferentes condiciones de explotación.
- 4- Utilizar la tasa de asimilación neta (TAN) y el contenido de carbohidratos solubles (CHST) en los estudios y diseño de sistemas de explotación en esta especie, que para definir junto con las otras variables morfológicas y bioquímicas evaluadas, los mecanismos a través de los cuales se explica la acción limitante de los factores de manejo estudiados.
- 5- La utilización del pasto debe realizarse cuando aún se alcanzan valores altos en la tasa de crecimiento, siempre que la cantidad de carbohidratos solubles totales supere al registrado después de la defoliación y los niveles de asimilación neta (TAN), proteína bruta y la digestibilidad sean fisiológicamente aceptables, lo cual garantiza su productividad y adecuado valor de consumo.

BIBLIOGRAFIA

- Aguila, B., Machin, L.M. y Torres, Verena. 1995. Método para el ajuste de modelos no lineales útiles en la dinámica de crecimiento en Poblaciones. En: Evento XXX Aniversario ICA. La Habana, Cuba. Sp.
- Akin, DE. , Wilson, J.R y Windham, W.R. 1983. Site and rate of tissue digestion in leaves of C3, C4 and C3/C4 intermediate *Panicum* species. *Crop Science* 23: 147-155.
- Alexandre, Gisele y Cruz, P. 1992. Reorientación de la temática de investigación sobre sistemas a base de pastos en las Antillas. Revisión y Proposiciones. En: IX Seminario científico nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF Indio Hatuey, Matanzas. Resúmenes, pp 179 - 180.
- Alfonso, L. y Gerardo, V. 1993. Manejo y utilización sostenibles de pasturas, Medellín, Universidad Nacional. 307 p.
- Almeida, C.R. y Monteiro, F.A. 1995. Resposta de *Cynodon dactylon cv Coast cross-1* a níveis de nitrogenio em solucao nutritiva. En: Congresso Brasileiro de Ciencias de Solo, Resumos 2: 743 -744.
- Alvarez, A., Fernández, A., Ismael, J. y Monzote Marta.1992. Curvas de crecimiento de gramíneas y leguminosas en la Zona Occidental de Cuba. En: IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF Indio Hatuey, Matanzas. Resúmenes. pp 57.
- Alvarez, A.; Monzote Marta y Cordovi, E. 1994. Relaciones entre la radiación solar y el crecimiento de varias leguminosas forrajeras en condiciones tropicales. En: 90 Aniversario de la E.E. Agronómica INIFAT. VII Jornada Científica INIFAT-MINAGRI, pp 12-13.
- Alvarez, A., Monzote Marta y Cordovi, E.y Fernández, A. 1997. Growth model for different tropical pastures in ecosystem. En: XVIII International Grassland Congress. Canada, sp.
- Alvin , M.J., Resende, H. y Deandrade, M.B. 1996. Efeito da frecuencia de cortes e do nivel de nitrogenio sobre a producao e qualidade da materia seca do *C. dactylon coast cross*. En: Anais do workshop sobre o potencial forrageiro do genero *Cynodon*. EMBRAPA / CNPGL. Brasil. pp 45-56.
- Anon. 1994. Situación Actual de las investigaciones que se desarrollan en el Pastoreo Racional Voisin en el Instituto de Ciencia Animal. (Mimeo) 30 p.
- Anon, 1995. Información básica de pastos. Revista de la Fundación desde el Surco. Pastos y Pastoreo. Ecuador. 80:70.

- Antolin, M.C. y Sánchez-Díaz, M. 1993. Effects of temporary droughts on photosynthesis of alfalfa plants. *Journal of Experimental Botany*. 44 (265): 1341 - 1349.
- AOAC. 1965. En *Official methods of analysis of AOAC 10th de Assoc. of official Agricultural Chemists*. Washington, D. C. 457 pp.
- Assuero, S.G., Escuder, C.J; Andrade, F.; Fernández O. y Fernández, H. 1993. Efecto del pastoreo sobre la tasa de acumulación neta de pasturas de *Lotus corniculatus*. *Turrialba*. 42(2) 224 - 230.
- Ayala, J.R., Sistachs, M. y Herrera, R.S. 1989. Methodology to determine planting time in king grass (*Pennisetum sp*). Using historical climatic indices. En: XVI International grassland Congress, Nice, France, pp 561-562.
- Balbín, M. Irene. 1988. Cambios fisiológicos de la caña de azúcar ante el déficit hídrico. Tesis. ISCAH - UH. La Habana. (Tesis de Doctorado en Ciencias) 191p.
- Bardsley, G.W. 1993. Modelización Matemática y ajuste de datos por ordenador en ciencias de la vida. Universidad de Salamanca. 1-2. Abril pp.16 - 30.
- Barker, D.J., Chu, A.C.P. y Korte, C.J. 1989. Ryegrass herbage yield components and their response to water deficit stress. En: XVI International Grassland Congress, Nice. France, pp 503-504.
- Barranco, Grisel.; Paretas, J. J. y Suárez, J. J. 1990. Características generales y regionales del clima de Cuba. En: *Ecosistemas y regionalización de los pastos*. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes MINAGRI, pp. 43 - 64.
- Barrientos, A., Herrera, R.S., Padilla, C., Ramos, N., Izquierdo, R., Díaz, D., Fernández, D., Funes. F. y Nápoles, G. 1985. Evaluación de variedades de *Cynodon* introducidas en Cuba. La Habana. Dirección información científica técnica, ISCAH, 88p.
- Baruch, Z. 1994a. Response to drought and flooding in tropical forage grass. I. Production and allocation of biomass leaf growth and mineral nutrients. *Plant and Soil*. 164: 87 - 96.
- Baruch, Z. 1994b. Response to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil*. 164: 97 - 105.
- Baruch, Z y Fisher, M. J. 1991. Factores climáticos de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el crecimiento. En: *Establecimiento y renovación de pasturas. Conceptos, experiencia y enfoques de la investigación*, Red de Investigación y Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT. Colombia pp. 103-142.

- Baruch, Z., Hernández, A.B. y Montilla, M.G. 1989. Dinámica de crecimiento, fenología y repartición de biomasa de gramíneas nativas e introducidas de una sabana neotropical. *Ecotropicos* 2(1): 1-13.
- Becerra, J. y Avedaño, J.C. 1992. Efecto de la severidad de defoliación sobre la producción sobre la producción de forrajes y los carbohidratos de reservas en especies forrajeras tropicales. *Técnica Pecuaria en México*. 30: 125-132.
- Bidlack, J.E. y Buxton, D.R. 1992. Content deposition rates of cellulase and lignin during regrowth of forage grasses and legumes. *Canadian Journal Plant Science*. 72: 809 - 818.
- Blanco, F. 1995. Dinámica de crecimiento y variación de las reservas en *Panicum maximum*. En: Informe final de etapa. Método de manejo de pastizales (Estudio del PRV) EEPF. Indio Hatuey. (Mimeo). 35pp
- Blanco, F. 1996. Fisiología del crecimiento y el desarrollo. En: Fundamentos de la producción de pastos. Maestría en Pastos y Forrajes. Univ. Matanzas.(Mimeo). 20 p.
- Blanco, F. y Roche, R. 1990. Relaciones entre el clima y el rendimiento de tres pastos rastreros bajo la influencia de la fertilización nitrogenada. *Pastos y Forrajes*. 13: 47 - 52.
- Brunet, E; Avila, A; Rios, C y Almaguer, J. 1990. Respuesta de cuatro gramíneas a la fertilización con nitrógeno bajo condiciones de regadío. *Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica*. 13(1): 16-24.
- Buerkert; A. Lawrence, P. Willians, P. y Marschner, H. 1995. Non-destructive measurement of biomass in millet, cowpea, groundnut, weeds and grass swards using reflectance and their application for growth analysis. *Expl. Agric*. 31: 1-11.
- Burguillo, F.J. 1993. Como hacer ajustes de datos a ecuaciones matemáticas. Aspectos básicos que hay que tener en cuenta. En: Modelización matemática y ajustes de datos por ordenador en Ciencias de la vida. Universidad de Salamanca 1-2 del Abril pp 1-15.
- Busso. C.A; Richards, J.H y Chatterton. 1990. Nonstructural carbohydrates and spring regrowth of two cool-season grasses. Interaction of drought and clipping. *L. Range Manage* 43(4): 336 - 343.
- Butt, N.M; Donar, G.B y Southward, M.G; Pipper, D. y Mohamand, H. 1992. Effect of defoliation on plant growth of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) *Annals of Arid Zone (India)* 31(1):19:24.
- Buxi, Th. C., Kennedy, R. A. y Rupho Mary. 1994. Energetic of plant growth under anoxia: Metabolic adaptations of *Oryza sativa* and *Echinochloa phyllopogon*. *Annals of Botany* 74: 445-455.

- Buxton, D.R. y Fales, S.L. 1994. Plant environment and quality. En: Forage Quality Evaluation and Utilization. Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, Madison, USA, pp. 155-199.
- Causton, D.R. 1994. Plant growth analysis: A note on the variability of Unit Leaf Rate (Net Assimilation Rate) within a sample. *Annals of Botany* 74: 513 - 518.
- Causton, D.R y Venus J.C. 1981. The biometry of plant growth. Edited Edward Arnold, London, 307 pp.
- Chacon-Moreno, E., Nada, F. y Sarmiento, G. 1995. Intercambio gaseoso, nitrógeno foliar y optimización en el manejo del *Panicum maximum* (Tipo común) sometido a diferentes frecuencias de cortes. *Turrialba*. 45(1-2) 19-26.
- Chinchilla, G; Carrillo. P. Agudelo, O y Rojas, H. 1990. Tolerancia de la soja (*Glycine max (L) Moer*) a la sequía. *Revista del Instituto Colombiano Agropecuario* 25: 283 - 292.
- Clavel, M., Paretas, J. J., Suárez, J. J. y Fernández, D.y Hernández, I. 1991. Diferentes niveles y formas de aplicar el nivel de nitrógeno en cuatro gramíneas tropicales *Agrotécnica de Cuba*. 23 (1-29) 16-20.
- Clavero, C.T. 1993. Efecto de la defoliación sobre el crecimiento, área foliar e intercepción de la luz en pastos tropicales. *Revista Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia*. 10(1)57:67.
- Clavero, T., Ferrer, O. y Pérez, J.J. 1995. Contenido mineral del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum cv Mott*) bajo diferentes condiciones de defoliación. En: XXXV Reunión Científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos pp. 263-266.
- Clavero, T., Quintero, C.F., Pérez, J.J., Pacheco, Doloriza. 1994. Dinámica y estructura de energía en un ecosistema pastizal. II Estudio del Pasto buffell (*Cenchrus ciliaris, L.*) *Revista de la Agronomía Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia* 11(3): 265-272.
- Clavero, T. y Soto, C. 1994. Respuesta del pasto elefante enano (*Pennisetum purpureum cv Mott*) a la fertilización. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*. 11(3): 241-328.
- Cordovi, E. 1994. Estudio del comportamiento agronómico de *Cynodon nlemfuensis* y *Brachiaria purpurascens* en vertisuelo de la provincia Granma. Tesis, ICA. La Habana (Tesis de Doctorado en Ciencias) 137p.
- Costa, C y Costas, J.A. 1989. Índice de clorofila en Soja. *Turrialba* 3(1):85-90.

- Crespo, G. 1981. Respuesta de la Pangola (*Digitaria decumbens Stent*) y Guinea (*Panicum maximun Jack*) al fertilizante nitrogenado a través del año. Tesis. ICA, La Habana, Cuba, (Tesis de Doctor en Ciencias) 158p.
- Crespo, G. 1985. Variación de la respuesta de los pastos tropicales al fertilizante nitrogenado durante el año II. Pangola (*Digitaria decumbens Stent*) sin irrigación. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 19(3): 297-305.
- Crespo, G., Arteaga, O., Hernández, Yolanda., Rodríguez Idalmis. 1995. Mantenimiento de la fertilidad de los suelos ganaderos sin participación de los fertilizantes químicos. En: Evento XXX Aniversario del ICA, La Habana. pp 50-54.
- Crespo, G., Arteaga, O. y López Mirta. 1986. Nutrición de Pastos. En: En los Pastos en Cuba. Producción, Editorial EDICA. pp 345.
- Crespo, G. y González, S. 1986. Algunos factores que afectan el contenido de microelementos en los pastos y recomendaciones de aplicaciones. Revista de Ciencia y Técnica en la Agricultura. Pastos y Forrajes. 9(1): 35-50.
- Cruz, C.L. 1995. Presupuesto forrajero en explotaciones ganaderas. En: Curso Taller Pastoreo de Alta Densidad con Bovinos y Ovinos. F. M. V. y Zootécnia. Universidad Nacional Autónoma, México. pp 14-22..
- Cruz, R., Herrera, R.S. Santa Cruz, Lissett, García, M. y Tuero, R.1992. Estudio fisiológico del sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*, L. Moerch). Época de seca. En: IX Seminario Científico Nacional I. Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF. "Indio Hatuey", Matanzas. Resúmenes. pp 68.
- Cruz, P. y Moreno, J.L.1992 Crecimiento potencial comparado de una gramínea natural (*Dichanthium aristatum*) y una cultivada (*Digitaria decumbens Stent*) sometida a variaciones fotoperiodicas. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 26: 323-330.
- Curnu, A, Besle, J.M. Mosoni, P. y Brenet, E. 1994. Lignin-carbohydrate complexes in forages: structure and consequences in the ruminal degradation of cell-wall carbohydrates. Reprod. Nutr. Dev. 34: 385-398.
- De Armas, R.V., Ortega, D.E. y Rodez, Rosa. 1988. Fisiología vegetal. Editorial Pueblo y Educación, Cuba, 321p.
- Deetz, D.A., Hung. H.G. y Buxton, D.R. 1991. Water deficit effects on in vitro digestibility of cell wall neutral sugar from alfalfa stems harvested at three maturities. Journal Dairy Science. 74(1): 184.
- Deinum, B. 1992. News concepts of effect of age on digestibility of grass. Proceeding of the 14 th General Meeting of European grassland Federation,Lahti, Finland, p 571-573.. .

- De la Rosa, N.A., Guerrero, M.G. y Losada, M. 1992. Fotosíntesis: Sol, Agua, Tierra y Aire. Mundo Científico. 138 (13): 744-755.
- Delgado, D., Soto, E., García, V. y Díez, Milagro. 1988. Capacidad de producción de biomasa y su modelación en seis variedades de caña. Ciencia y Técnica en la Agricultura. 33: 46.
- Del Pozo, P.P. 1992. Introducción al estudio del modelado de la dinámica de crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Tesis. ICA, ISCAH, La Habana (Tesis de Especialista). 104p
- Del Pozo, P.P., Herrera, R. S. y Fernández, Lucia. 1995a. Modelado del crecimiento del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). Modelo multiplicativo con control de curva de crecimiento y nivel de nitrógeno. En: Evento 95 Aniversario de la Enseñanza de la Agronomía en Cuba, ISCAH, La Habana, pp 139.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R.S., García, M., Cruz, Ana M., Fraga, Nidia y Romero, Aida. 1995b. Estudio morfofisiológico del crecimiento del pasto estrella bajo diferentes métodos de explotación. En: Evento XXX Aniversario del ICA, La Habana, Cuba, pp 29.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R.S., García, M., Cruz, Ana M., Fraga, Nidia y Romero, Aida. 1996a. Estandarización del proceso de muestreo para el estudio morfofisiológico del crecimiento y desarrollo del pasto estrella. Logro científico. ISCAH. La Habana, Cuba.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R.S., García, M., Cruz, Ana M., Fraga, Nidia y Romero, Aida. 1996b. Análisis del crecimiento y desarrollo morfofisiológico del pasto estrella bajo diferentes métodos de explotación. En: X Seminario Científico de Pastos y Forrajes. EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Resúmenes p 15.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R. S., García, M., Cruz, Ana M., Romero, Aida, Blanco, L. 1997a. Efecto de la intensidad de pastoreo y la edad de rebrote en la calidad del pasto estrella. En: Evento 90 Aniversario de la F. M. Veterinaria ISCAH. La Habana. pp. 49.
- Del Pozo, P.P., Herrera R.S., García, M., Cruz, Ana M., Romero, Aida, Blanco, L. 1997b. Efecto de la intensidad de pastoreo y la edad de rebrote en el desarrollo morfológico del pasto estrella. En: Evento 90 Aniversario de la F. M.V. ISCAH. La Habana. pp. 48.
- Demarquilly, C. 1989. The feeding value of forage En: XVI Congress International Grassland Congress, Nice, France. pp 1817-1823.
- Devendra, C. 1995. Composition and Nutritive value of Browse legumes. En: Tropical legumens in Animal Nutrition. Edited by J.P.E. D'Mello and C. Devendra. CAB International. pp 49 - 66.

- Drew, M.C. 1992. Soil aereation and plant root metabolism. *Soil Science*. 154: 259-268.
- Duarte, J.M., Pezo, D.A. y Arze, J. 1994. Crecimiento de tres gramíneas forrajeras establecida en cultivos intercalado de maíz (*Zea mays*, L.) Vigna (*Vigna unguiculata*, (L) Walp). *Pasturas Tropicales*. 16 (1):8-14.
- Ducan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F. tests. *Biometrics*. 11:1.
- Duru, M. 1989. Variability of leaf area index extension rate on permanent grassland. En: XVI Congress International Grassland, Nice, France. pp 501-502.
- Duru, M., Langlet, A. y Rouzies, S. 1989. Stand characteristic of irrigated cocksfoot regrowth and leaf area increasing. En: XVI International Grassland Congress, Nice, France pp 509-600.
- Echenique, C.V. y Curveto, N.R. 1991. Resistencia a la sequía y temperaturas extremas. En: El Pasto Lloron, Su Biología y Manejo Editado por CERZOS y Dpto de Agronomía. Universidad del Sur. Argentina pp. 217-250.
- Escobedo, J.O., Ramírez, L. y Armendariz, I. 1992. Frecuencia de corte y valor nutritivo del Pasto quinea (*Panicum maximum*) en el oriente de Yucatán, México. En: IX Seminario científico Nacional y I. Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. Resúmenes, 197p.
- Fales, S.L., Muller, L.D., Ford, S.A., O'Sullivan, M., Hoover, R.J., Holden, L.A.; Lanyon, L.E y Buckmaster, D.R. 1995. Stocking rate affects production and profitability in a rotationally grazed Pasture System. *Journal Production Agriculture*. 8(1):88-96.
- Febles, J.M., Febles, G. y Herrera, M. 1995. Protección de Ecosistemas Agrícolas. En: II Curso Internacional de Agricultura Orgánica, ICA, La Habana. Cuba. 22-26.
- Fernández, Lucía. 1996. Modelos que describen la dinámica de procesos biológicos en las Ciencias Agropecuarias. Tesis. Dpto. Matemática Facultad de Mecanización ISCAH. (Tesis de Maestría en Ciencias en Matematica Aplicada) 68 p.
- Fernández, M. S.1991. Effects of enviromental stress on the relationship of free amino-N to Fresh weight of rice plant. *Journal Plant Nutrition* 14: 1151.
- Fernández, M. y Pereyra, R.O. 1995. Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition. *Critical Review in Plant Sciences* 14(2) 11-148.
- Fick, G.W. 1994. Simulation of alfalfa Production in the northeast for dairy systems analysis. *Soil Crop and Atmospheric Sciencies*. Cornell production. University USA. 13 p

- Flores, G.A. 1994. Significado de las excreciones del ganado en pastoreo en el sistema suelo-planta-animal. Material de Estudio. Universidad Rómulo Gallegos. República de Venezuela. 144 p.
- Ford, C.W y Williams, W.T 1973. In vitro digestibility and carbohydrate composition of *Digitaria decumbens* and *Setaria anceps* grown at different levels of nitrogen fertilizer. Australian Journal Agricultural Research. 34:309.
- Fulkerson, W.J. y Slack, Katrina 1993. Estimating mass of temperate and tropical pastures in the subtropics. Australian Journal of Experimental Agricultural. 33: 865-869.
- Funes, F. 1977. Introducción y evaluación inicial de gramíneas en Cuba. Tesis. ICA. La Habana, Cuba. (Tesis de Doctorado en Ciencias). 156 p
- Funes, F., Febles, G y Pérez Infante, F. 1986. Los Pastos y el desarrollo ganadero en Cuba. En: Los Pastos en Cuba. Tomo I. Producción. Editorial EDICA pp 1-24.
- Funes, F., Monzote, Marta., Alvarez, A., Ismael, J. y Fernández, A. 1993. Dinámica de crecimiento del pasto estrella. (*Cynodon nlemfuensis*) bajo Pastoreo Racional Voisin I. Encuentro de Agricultura Orgánica, ISCAH, Resúmenes, pp. 43.
- Furbank, R.T., Jenkins, C.L.D. y Hatch. M.D. 1990. C4 Photosynthesis quantum requirement, C4. Acid overcyclin and Q-cycle involment. Australian Journal Plant Physiology. 17: 1-17.
- Gálvez, G., Jordan, H., Crespo, G., Castillo, E., Cino, Delia., Febles, G., García, R., García Trujillo, R., Molina, A., Reyes, J., Senra, S., Febles, J. M., Cuesta, S., Alonzo, C., Duran, J. L. y Fernández, L. 1996. Estudio de sistemas de pastoreo y su influencia de sistemas en la relación suelo-planta-animal. En: X Seminario Científico del INCA, La Habana, Cuba. pp 50.
- Gandera, F. 1994. Productividad primaria de pastizales de la región occidental de corrientes. Argentina. Dialogo XL Utilización y Manejo de pastizales. PROSICUR. IICA pp 197-205.
- García Trujillo, R. 1989. Milk production systems pastures in the Latin American tropics. En: Feeding Dairy Cows in the Tropics. FAO. Thailand 3-7 July, Roma. Italy, FAO.
- García Trujillo, R. 1995. Manejo de los pastizales en el trópico. En: Los Animales en los Sistemas Agroecológicos. ICA. ACAO, pp53-66.
- García Trujillo, R., Jordan, H., Crespo, G. y Reyes, J. 1994. Manejo de pastizales en el trópico. Bases y Perspectivas. En: Sistemas de Producción Animal Sostenible. Maestría Agroecología. ISCAH. (Mimeo). 18p.

- García Trujillo, R., Muñoz, E y Fraga, L.M. 1995. Bases para una producción sostenible en el trópico. En: II Curso Internacional de Agricultura Orgánica. ICA. La Habana, Cuba. 22-26 Mayo.
- Garnier, E., Gobin, O. y Poorten, H. 1995. Nitrogen Productivity depends on photosynthetic nitrogen use efficiency and on nitrogen allocation within the plant. *Annals of Botany*. 76: 667-672.
- Gímenez, Carmen., Connor, D.J. y Rueda, F. 1994. Canopy development, photosynthesis and radiation-use efficiency in sunflower in response to nitrogen field. *Crops Research* 38: 15-27.
- Gomide, J. A. 1989a. Aspectos biológicos - económicos da adubacao de pastagens. En: Simposio sobre Ecosistema de Pastagens - Funep, Brazil. pp. 237 - 270.
- Gomide, J.A. 1989b. Morphological and physiological growth aspect of three tropical grasses. En: XVI International grassland Congress, Nice, France pp. 481-482.
- Gomide, A. y Gomide, C.A.M. 1997. Morphogenesis and growth analysis of *Panicum maximum* cultivars. En: XVIII International Grassland Congress. Canada, pp1583.
- González, A., Esquiarte, J.A. y Hernández, R. 1992 a. Producción intensiva del Zacate Taiwan con aplicación de riego y fertilización. En: IX. Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes EEPF Indio Hatuey, Matanzas, pp 159.
- González, A., Esquiarte, J.A. y Rodríguez, R. 1992b. Comportamiento del zacate Buffel con programas de fertilización continua. En: IX Seminario científico Nacional y I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Resúmenes pp 162.
- González, Eugenia y Paéz Alejandra. 1995. Efecto del hídrico aplicado durante diferentes etapas del desarrollo de *Panicum maximum*. *Revista Facultad de Agronomía (Luz)* 12: 79-93.
- González, B. y Yanes, O. 1995. Efecto de la presión de pastoreo y fraccionamiento del nitrógeno sobre el rendimiento y el valor nutritivo de la materia seca del pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en la época húmeda. *Revista Facultad de Agronomía (Luz)* 12: 353 - 363.
- Guerrero, M.B. y Losada, M. 1991. Fotosíntesis: Aspectos fisiológicos y de estrés. En: Fijación y movilización biológica de nutrientes Vol I. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, 188 p.
- Guevara, J.C., Stasi, C.R. y Estevez, O.R. 1996. Effect of cattle grazing on range perennial grasses in the Mendoza Plain Argentina. *Journal of Arid Environment*. 34 (2) 205-213.

- Hart, R.H., Bissin, T., Samuel, M. y Waggoner, J.W. 1993. Grazing systems pasture size and cattle grazing behavior, distribution and gains. *Journal Range Manage.* 46: 81-87.
- Hatch, M.D. 1992. C4. Photosynthesis: An unlikely process full surprise. *Plant Cell Physiology*, 33(4): 333-342.
- Hernández, D., Carballo, Mirta, Mendoza, C., Robles, F. y Fung Carmen, 1990. Efecto de la oferta de materia seca sobre el consumo y la producción de leche de vacas pastando *Chloris gayana cv. Callide*. En: VIII. Seminario Científico Técnico de Pastos y Forrajes EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. Resúmenes, pp 122.
- Hernández, I. y Simon, L. 1994. Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. Taller Internacional "Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas. 44 pp.
- Herrera, J.P. 1984. Regimen de riego de algunas gramíneas forrajeras en la región occidental de Cuba. Tesis, ICA, ISCAH. La Habana (Tesis de Doctorado en Ciencias) 246p.
- Herrera, R.S. 1981. Influencia del fertilizante nitrogenado y la edad de rebrote en la calidad del pasto bermuda cruzada (*Cynodon dactylon cv Coast cross-1*). Tesis. ICA, ISCAH, La Habana, (Tesis de Doctorado en Ciencias.) 141p
- Herrera, R.S. 1983. Respuesta de la bermuda de cruzada a la fertilización nitrogenada y edad del rebrote. III Compuestos hidrocarbonados. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 17: 191-200.
- Herrera, R.S. 1986. La calidad de los Pastos. En: *Los Pastos en Cuba. Tomo II Utilización*. Edición EDICA, La Habana, Cuba, pp 59-116.
- Herrera, R.S. 1996. El género *Cynodon* para la producción forrajera en Cuba. En: *Anais Workshop sobre o potencial forrageiro do género Cydodon*. EMBRAPA/ CNPGL Brasil p153-166.
- .Herrera, R.S. y Hernández, Yolanda, 1985. Efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de *Cynodon dactylon cv coast-cross-1*. I Rendimiento de materia seca. Proteína bruta y Porcentaje de hojas. *Pastos y Forrajes* 8(2): 227-237.
- Herrera, R.S. y Hernández, Yolanda, 1986. Efecto de la fertilización nitrogenada en la calidad de *Cynodon dactylon cv coast cross-1*. III. Componentes estructurales y digestibilidad. *Pastos y Forrajes*. 9: 65-70.
- Herrera, R.S., Hernández, Yolanda y Dorta, Norma, 1991. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y la edad de rebrote. VIII. Desarrollo morfológico. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 25:293-298.

- Herrera, R.S., Ramos, N., Henández, Yolanda, 1985. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote, digestibilidad y contenido de sílice. *Revista Cubana de Ciencias Agrícola* 19:207-214
- Herrera, R.S., Ramos, N. y Hernández Yolanda. 1986. Respuesta de la bermuda cruzada a la fertilización nitrogenada y edad de rebrote. V Rendimiento de materia seca, hojas. Proteína bruta y eficiencia de utilización del nitrógeno. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 20: 193-201.
- Horst, M. 1986. Funtion of mineral nutrients, Macronutrients. En: *Mineral nutrition and yield response*. Edited by W. G. Bair Antrin, Northean Freland, pp 155-172.
- Hsiao, T.C. y Jing, J. 1987. Leaf and root expansive growth in response to water deficits. En: *Physiology of cell expansion during plant growth*. Soc. Plant. Physiol. pp 180-192
- Hundack, C.M. y Patterson, R.P. 1995. Análisis del crecimiento vegetativo de una planta de soya introducida resistente a la sequía. *Crop Sciences* 35: 464-471.
- Hunt, R. 1978. Growth analysis of populations and comunities. En: *Plant Growth Analysis*. Edition Edward, Arnold, London, 66p.
- Hunt, R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. University Park Press, Baltimore, Maryland. 248 p.
- Igil, P.A., Alawa, J.P., Um unna, M.N. y Chionuma, P. 1995. Regeneration of *Stylosanthes hamata* on pastures subjected to grazing at different stockig densities and cropping *Journal Appied Animal. Research*. 8: 171-184.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. y Sánchez-Díaz. M. 1992a. Phosphoenol pyruvate carboxilase, malate and alcohol dehydrogenase activities in alfalfa (*Medicago sativa*) nodules under water stress *Physiologia Plantarum* 84: 61-66.
- Irigoyen, J.J., Emerich, D.W. y Sánchez-Díaz. M. 1992b. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugar in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) *Plants. Physiologia Plantarum*. 84: 55-60.
- ISACC. 1978. Segunda clasificación genética de los suelos cubanos. Edición ACC. Ciudad de la Habana. 25p.
- Jérez, Irma. 1983. Comportamiento de vacas lecheras con diferentes cargas en gramíneas tropicales. Tesis. ICA. ISCAH. La Habana. (Tesis de Doctorado en Ciencias) 215p.
- Jérez, Irma., Rivero, J. L. y Pérez, I. 1987. Evaluación de tres gramíneas tropicales. IV Efecto de la carga en la producción de materia seca y algunos indicadores de la calidad. *Revista cubana de Ciencia Agrícola*. 21(3): 213-245.

- Jimenez, P. S. 1996. Las plantas C4 de Canarias y sus posibles uso como pastos. En: Acta de XXXV Reunión científico de la sociedad española para estudio de los pastos. pp 157-171.
- Johnson, G., Lambert, C., Johnson, D.K.Y. Sunderwieth, J. 1964. Colorimetric determination of glucose, fructose and sucrose in plant material using a combination of enzymatic and chemical methods. Journal Agricultural Food Chemical. 12: 216.
- Kaiser, C.J. 1989. C4 grass with legumens: on energy efficient biomass system. En: XVI International Grassland Congress, Nice. Pp 457-458.
- Keftasa, B.D. 1990. Effects of developmental stages and nitrogen application on yield and nutritional value of Rhodes grass. Science, Crop Production Science 7 Uppsata, Swedish, Univ. of Agricultural Sciencie. 22p.
- Kesting, J. 1977. Über navera ergahnissezar verbesslarung deer in vitro metemder zur schat zungder verlau linh keit vertragsta gungder gessellschaff Ernaniug der D. Dr Sektion Tiennahrung Lepzing. 1: 106.
- Keulen, H. 1987. Forecasting and estimating effects of weather on yield En: Plant growth modeling for resourse management. Current models and methods, University of Illionis, Boca de Ratón, Florida. pp 105-106.
- Krall, J.P. y Edwards. G.E. 1990. Quantum yield of photosytem II. Electron transport and carbono dioxido fijation in C4 plant. Australian Journal Physiology 17: 578-579.
- Kraus, E. 1995. Yield and respiration of populations of *Lolium perenne* as affected by plant growth conditions. Theses. University Utrecht, Netherlands (Theses Ph Doctor Science) 131 pp.
- Kraus, E., Kolloffel, C. y Lambers, H. 1994. The effect of handling on photosynthesis transpiration and nitrogen and carbohydrate content of population of *Lolium perenne*. Physiol Plant. 91: 631-638.
- Kraus, E. y Vorten, M. 1995. Intra and interpopulation interactions in selected populations of *Lolium perenne* L. grown in mono - and mixed- cultures. En: Yield and respiration of *Lolium* condition. pp 59-77.
- Lantigua, E.A. 1985. CO₂ Assimilation, Herbage production and animal production urder continuos and rotational grazing a two nitrogen levels. Vakgnoep. Lanobouwplan tenteelt en grasslankude medodeling .86p.
- Larronto, J.A. 1989. Las Bases fisiológicas y bioquímicas de la producción de biomasa. Recopilación de trabajos publicados por la Revista de Agronomía Tropical. sp

- Lemaire, G. 1995. Ecophysiological approaches to intercropping. En: Ecophysiology of tropical Intercropping. Editorial INRA, pp 9-25.
- Lemaire, G., Varlet-grancher, G., Gastal, F y Durand, J.L. 1987. Ecophysiological approach to plant growth proceeding to plant growth proceeding of the Eucarpia Fodder Crops Lusignan, France. 12p.
- López. B.L. 1991. Fisiología y Ecología. En su Cultivos Herbáceos Vol-1. Cereales Edición Mundi. Prensa. Universidad de Cordova. Madrid. España, 250p.
- Lösch, R. 1995. Plant water relations. En: Physiology. Progress in Botany. V 56 Springer Forlag Berlin 56: 55- 96.
- Louguet, P., Canale, N., Desagher, N., Contuur, S., Angel, D. y Laffray, D. 1993. Photoplasma tolerance and phosphoenol pyruvate carboxy activity in millet cultivares under controlled water stress. Collegues et Seminars. Ortom, France pp. 219 - 232.
- Maraschin, G.E. 1996. Manejo de Coast-cross-1 SOB pastejo. En: Anais do workshop sobre o potencial forrajeiro do género *Cynodon*. EMBRAPA/CNPGL. Brazil. pp 93-107.
- Marín, D. Ch. 1989. Análisis de crecimiento en *Cannavalia ensiformis (L)* bajo condiciones de campo. Revista de la Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela 15(1-2): 1-15.
- Marín, D.Ch. 1996. Comparación ecofisiologica de los cultivos Tovar y Yarucuy de *Cannavalia ensiformis (L) DC*. Sembrado en dos localidades. I. Análisis del crecimiento. Agronomía Tropical. 46(1) 5-29.
- Martínez, R.O. 1995. Bases Biológicas para el pastoreo en bancos de biomasa. En: Curso Bases biológicas del Pastoreo de alta densidad. CEIET. Universidad Nacional Autónoma de Mexico. Septiembre 1995. Pp 66-77.
- Menchaca, I.E. 1989. Curvas de crecimiento para los pastos estrella y Bermuda Cruzada-1, Universidad de la Habana. Facultad de Matemática y Cibernética. Tesis. C.Habana, (Trabajo de diploma). 45 p.
- Menchaca, I.E., Menchaca. M.A. y Herrera, R.S. 1990a. Modelación del crecimiento en el rendimiento de los pastos estrella y bermuda cruzada. I Modelos no lineales de crecimiento. En: XXV Aniversario, ICA. La Habana. Resúmenes. 38: 54.
- Menchaca, I.E., Menchaca. M.A. y Herrera, R.S. 1990b. Modelación del crecimiento en el rendimiento de los pastos estrella y bermuda cruzada. II Modelos lineales de crecimiento. En: XXV Aniversario, ICA, La Habana Resúmenes. 36: 53.
- Merchen. N. R. y Bourguin, L. D. 1994. Processes of digestion and factors influencing digestion of forage-based by rumiante. En: Evaluation and Utilization. Edited by

- American Society Agronomy Crop Science Soc. of American Madison, USA. p p. 560-612.
- Mendoza, L., Pacheco, O., Juan, R. y Fonseca, I. 1989. Efecto de dosis creciente nitrógeno en el pasto estrella Jamaicano (*C. nlemfuensis*) en un suelo Pardo Grizáceo. Revista Ciencia y Técnica en la Agricultura. Suelos y Agroquímica 2 (3): 7-13.
- Mesa, A. 1996. Fotosíntesis. En: Fundamentos de la producción de pastos. Maestría.Pastos y Forrajes EEPF Indio Hatuey. Univ. Matanzas. 10 p.
- Mesa, A. y Avila Vivian. 1992. Métodos para determinar el área foliar en *Panicum maximun cv. Likoni*. En: IX Seminario científico Nacional I Hispanoamericano de Pastos y Forrajes de la EEPF Indio Hatuey. Univ. Matanzas. pp 70.
- Mesa, A. y Hernández, Marta. 1989. Fertilización fosfórica en pastos tropicales. Pastos y Forrajes 12(1): 1-14.
- Mileras, Milagro, 1991. Manejo y explotación de los astos para la producción de leche. En: Memorias. Utilización de Pastos y Forrajes en la alimentación de rumiantes Universidad Nacional Autónoma de México. FES. Cuatitlan, México. pp 10-16.
- Mileras, Milagro, 1996. Producción de leche a partir de accesiones de especies del género *Cynodon* en Cuba. Anais do workshop sobre o potencial forrageiro do Género *Cynodon*. EMBRAPA/ CNPEL Brasil pp. 167-181.
- Mileras, Milagro y Machado, R. 1995. Efecto de un manejo Rotacional Voisin sobre el comportamiento de algunos indicadores en el pastizal. En: XXX Aniversario del ICA. La Habana, Cuba, pp 7.
- MINAGRI. 1982. Guia para la evaluación de las propiedades físicas y químicas de los suelos, Escala 1: 25000. Dirección generalde suelos. MINAGRI. 150p.
- MINAGRI. 1992. Censo de Pastos Dirección de Pastos y Alimentación MINAGRI (mimeo). 15p.
- MINAGRI. 1996. Informe de la dirección de pastos y forrajes y alimentación MINAGRI (mimeo). 10p
- Minson, D.J. y Wilson, J.R. 1994. Prediction of intake as an element of forage quality. En: Forage quality Evaluation and Utilization, Madison, USA. pp 564 - 612.
- Mislevy, P. y Pate, F.M. 1996. Establiment, management and utilization of *Cynodon* grasses in Florida. Anais do workshop sobre o potencial forrageiro do género *Cynodon*. EMBRAPA/ CNPEL pp 127 - 138.
- Moolineau, C. 1995. Variation in free amino and content of millet leaves under water stress. Abstracts on tropical Agriculture. 20:6.

- Moore, K.J. y Hatfield, R.D. 1994. Carbohydrate and forage quality. En: Forage Quality Evaluation and utilization. Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, MADISON, USA, pp 229 - 280.
- Mott, G.O. 1960. Grazing procedute. Proc. 8th International Grassland Congress Reading, pp 606.
- Nelson, C.J. 1994. Physiology of leaf growth of grasses. En: Proceeding of the general meeting in European Grassland Federation. June 8 - 11. Lahti, Finland. pp 175.
- Nelson, C.J. 1996. Physiology and Developmental Morphogy. Cool-Season Forage Grasses, Agronomy Monograh. No34, American Society of Agronomy, Madison, USA. 38p
- Nelson, C.J. Choi, S. Y., Gastal, F. y Coutts, J.H., 1992. Nitrogen effects on relationships between leaf growth and leaf photosynthesis. En: Research in photosynthesis. Edited by N. Murath. Netherlands. IV. pp 789-792.
- Nelson, C.J. y Moser, L. E. 1994. Plant factors affecting forage quality. En: Forage quality. Evaluation and utilization Edited by American Society Agronomy Crop Science Soc. of American, Madison, USA, pp 115- 156.
- Noir-Meir. 1992. Structure and dynamics of grazing systems on seasonal pastures. En: Food from dry lands. Klumer Academic Publicher Netherlands, pp 7- 24.
- Oniani 1964. Opredelanie podvishij soedenenle fosfora y kalia iz oanoi vitiashi iz krasnost emnij i podsils t ij. Pochv. Gruzii. Agrogimia. sp.
- Osaki, M. , Shinano, T. y Tadane, T. 1993.Effect of nitrogen application of ribulose 1-5 biphosphate carboxilase and chlorophhyll in several field crop. Soil Science Plant Nutrition 39(3):427-436.
- Overman, A.R. y Angley, E.A. 1988. Evaluation of an empirical model of coastal bermuda grass production . Agriculture Systems 28:57-66.
- Overman, A.R. y Angley, E.A. y Wilkinson, S.R.1989. A phenomeno logical model of coastal bermuda grass production. Agricultural systems. 29: 137 - 148.
- Pacheco, O., Avila, A., Curbelo, R. y Ortiz, G. 1989. Fertilización NPK del pasto estrella panameño sobre un suelo ferralítico de ciego de avila. Ciencia y Técnica en la agricultura. Suelos y Agroquímica. 12(3): 29-35.
- Paéz, A., González. M.E., Yrausquin, X., Salazar, A. y Casanova. 1995. Water stress and clipping management effects on guinea grass. I Growth and biomass Allocation. Agronomy Journal 87: 698 - 706.

- Paretas, J.J. 1989. Grass adaptation in Cuba. I. Characterization of the areas dedicated to livestock production. En: XVI International Grassland Congress, Nice, France. pp 231-239.
- Paretas, J.J. 1990. Ecosistemas y regionalización de los Pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAGRI, 178 p.
- Paretas, J.J., Suárez, J.J., Valdéz, L.R. 1989. Gramíneas y leguminosas comerciales y promisoras para la ganadería. Instituto de Investigaciones de pastos y forrajes. MINAGRI, 112 p.
- Parsons, A.J., Leafe, E.L., Collett, B. y Stiles, W. 1983. The physiology of grass production under grazing. I. Characteristic of leaf and canopy photosynthesis of continuously grazed swards. *Journal of Applied Ecology* 20:117-126.
- Parsons, A.J. y Penning, P.D. 1988. The effect of the duration of regrowth in a rotationally grazed sward. *Grass and Forage Science*. 43: 15 - 27.
- Pedroso, Dulce y Torres, Verena. 1995. Nota sobre la predicción de la digestibilidad de la materia orgánica en el pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) utilizando el valor de fibra bruta. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 29: 93.
- Peña, M.P. y Del Pozo, P.P. 1992. Explotación de pastos y forrajes. Tomo II. Ediciones del ISCAH. MES. La Habana, 321p.
- Pereira, E. y Lamela, 1995. Producción de leche en Pastoreo con diferentes ofertas de pastos estrella cv. Tocumen. *Pastos y Forrajes* 18: 151 - 160.
- Pezo, D., Romero, I e Ibrain, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. En: Avances en la producción de leche y carne en el trópico Americano. De. S. Fernández Baca, Santiago de Chile. FAO 47 - 98 p.
- Pinheiro, L.C. 1990. Potencialidad del trópico para la producción animal. En: Evento XXV Aniversario del ICA, La Habana., Resúmenes pp 287 - 295.
- Pinheiro, L.C. 1991. Pastoreo Racional Voisin. En: Curso Superior impartido en la Habana. MINAGRIC. (Mimeo). 25p.
- Polanco, Delia y Ramirez, R. 1993. Análisis del crecimiento de dos variables de maíz bajo la influencia de déficit de oxígeno. *Agronomía Tropical* 43 (5 - 6): 253 - 263.
- Pollock, C.J. 1990. The response of plant to temperature change, *Journal of Agricultural Science* 115: 1- 5.
- Poorter, H. 1989. Plant growth analysis: Toward a synthesis of classical and the functional approach. *Physiología Plantarum* 75: 235 - 244.

- Poorter, H. y Garnier, E. 1996. Plant growth analysis and evaluation of experimental design and computational methods. *Journal of Experimental Botany* V47.
- Poorter, H. y Lewis, C. 1986. Testing differences in relative growth rate and method avoiding curve fitting and pairing. *Physiol Plant.* 67: 223 - 226.
- Primavesi, Ana. 1993. Manejo Ecológico de pastagens en regiones tropicales e subtropicais. 2da Edicac. Nobel. Brasil. 184p.
- Radford, P.J. 1967. Growth analysis formule. Their use and abuse. *Crop Science.* 7: 171.
- Ramos, N. 1983. Contribución al estudio de especies y variedades del género *Cynodon* para la producción de forrajes. Tesis, ICA, ISCAH. La Habana (Tesis de Doctorado en Ciencias) 196 p.
- Ramos, N., Herrera, R.S. y Curbelo, R. 1990. Respuesta de especies y variedades del género *Cynodon* al fertilizante nitrogenado en un suelo vertisuelo. *Boletín Técnico. Serie de Pastos.* 5: 11.
- Ramos, N., Herrera, R.S. y Curbelo, R. 1993a. Efecto de la fertilización nitrogenado en especies y variedades del género *Cynodon* en suelo ferralítico rojo típico. I Componentes del rendimiento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 27: 83 - 91.
- Ramos, N., Herrera, R. S. y Curbelo, R. 1993b. Efecto de la fertilización nitrogenado en especie y variedades del género *Cynodon* en suelo ferralítico rojo típico. II Composición química y eficiencia de utilización del nitrógeno 27:239 - 248.
- Ramos, N., Herrera, R.S., Padilla, C., Barrientos, A. y aguilera, J. M. 1987. Pasto estrella mejorado (*Cynodon nlemfuensis*) su establecimiento y utilización en Cuba. EDICA. La Habana, 153p.
- Remy, V. A. y Hernández, Marta. 1988. Problemática y uso de la fertilización NPK en pastos y forrajes. En: Fomento y Explotación de los pastos tropicales compendio de conferencias. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas pp. 61 - 70.
- Reyes, J., García Trujillo, R., Senra, A., Vidal Ibis y Fonte, D. 1995. Estudio de los métodos de pastoreo. II efecto de la producción y calidad del pasto estrella. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 29:16.
- Reyes, J., García, R.A. y Vidal, Ibis. 1996. Factores de manejo que pueden afectar en comportamiento del pasto y del animal en condiciones de bajos insumos. En: Evento AGROISLA. 96. Resúmenes. pp 25.
- Rodríguez, C., Vargas, H., Gutierrez, R.M. y Quiñones. 1991. Efecto de la carga animal sobre la productividad del pasto estrella africana en la costa sur de Guatemala. *Turrialba.* 41(1) 76 - 81.

- Romero, E., Scandalariis, J., Sotillo, S., Olaiz, G. y Erimbare, G. 1996. La maduración de la caña de azúcar. I El almacenamiento de la sacarosa y factores que lo influyen. Avance Agroindustrial p.3 - 8.
- Romero, O. 1993. Bases técnicas del manejo del Pastoreo. Revista Sociedad Chilena de producción Animal. E.E. Carillanca (INIA) 1: 5 - 21.
- Romero, E., Scandalariis, J., Sotillo, S., Olaiz, G. y Erimbare, G. 1996. La maduración de la caña de azúcar. I El almacenamiento de la sacarosa y factores que lo influyen. Avance Agroindustrial p.3 - 8.
- Samarakoon, A.B. y Gifford, R.M. 1995. Soil water content under plant at high CO₂ concentration and interactions with the direct CO₂ effect. A species comparison. Journal of Biogeography 22: 193 - 202.
- Samarakoon, A.B. y Gifford, R.M. 1996. Elevated CO₂ effect water use and growth of maize in wet and drying soil. Aust. J. Plant physiol. 23: 53 - 62.
- Sánchez, D.M. y Aguirreolea, J. 1993. Efectos fisiológicos que causan la falta de persistencia de agua en los cultivos. Phytoma (España) 51: 26 - 36.
- Sánchez, M.J.B., Ruiz, M.C.S., Casanova, F.L.C. y Torrecillas, A.M. 1993. Estrategias de resistencia y adaptación a la sequía. En: La sequía en la protección de los cultivos. Phytoma (España) 51: 38 - 43.
- Sandoval, F.J. 1993. Evaluación del valor nutritivo de 52 ecotipos de pasto limpo (*Hermarthria altissima (pair) stapf* y *Hubb* en diferentes edades. Resúmenes de Tesis de Maestría en colegio de Postgraduado, Montecillo, México, pp 22 - 24.
- Santana, R.R y McDowell, L. R. 1996. In vitro digestibility crude protein content and mineral concentration of *Cynodon*, *Brachiaria* and *Digitaria* accessions in a Humid tropical regions of Puerto Rico. Communications in Soil Science and plant. Analysis 23 (13-14): 2687 - 2697.
- Schnyder, H. y Nelson, C.J. 1989. Growth rates and asimilate partitioning in the elongation zone of tall fescue leaf blades at high and low irradiance. Plant Physiol 90: 1201 - 1206.
- Senra, A. 1993. Características y Aspectos fundamentales del Pastoreo Racional Voisin y consideraciones relacionadas con su uso. ICA, Dpto. De Leche. (Mimeo). 32p.
- Senra, A. 1996. Reducción del número de potreros en vacas lecheras aplicando los principios de manejo eficiente del pastizal. Ponencia presentada en el XI Forum de Ciencia y Técnica, San José de las Lajas, La Habana 32p.
- Senra, A; Ugarte, J., Menchaca, M.A y Galindo Juana 1985. Efecto de 8, 4 y 2 cuartones en la variabilidad de la producción de leche según el día de estancia en el cuartón. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 19:137-144.

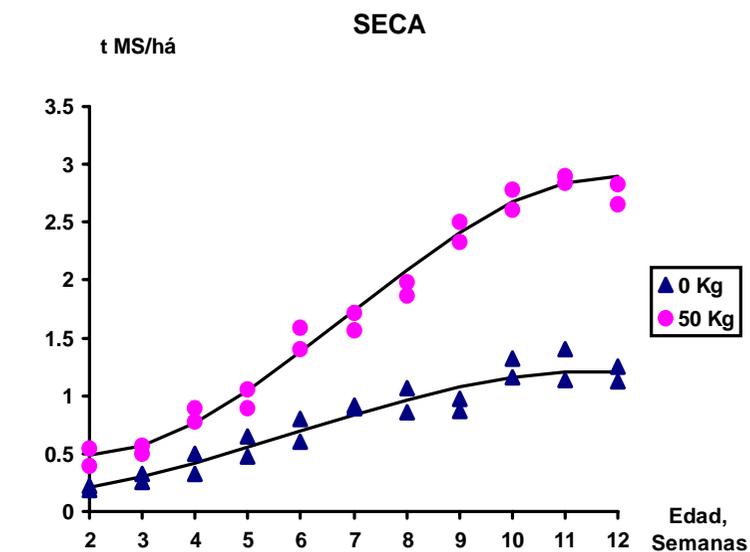
- Senra, A. y Venereo, A. 1986. Métodos de muestreo. En: Los Pastos en Cuba. Producción I. Editorial EDICA pp 649.
- Sharratt, B.S., Beaker, D.G. y Sheffer, C. C. 1986. Climatic effect on alfalfa dry matter production I. Spring harvest. *Agriculture for Meteorological* 37: 123 - 131.
- Simon, J.P. y Hatch, M.D. 1994. Temperature effect on the activation and inactivation of Pyruvate, Pi Dikinase in two population of C4 weed *Echinochloa* in two populations of C4 weed *Echinochloa crus-galli* (*Barayard grass*) from sites of contrasting climate. *Australian Journal Plant physiol* 21: 463 - 73.
- Sinclair, T. R. y Hirose, T. 1989. Leaf nitrogen photosynthesis and crop radiation use efficiency a review. *Crop Science* 29: 90.
- Sinoquet, H. y Andriu, E. 1993. The geometrical structure of plant canopies characterization and direct measurement methods. En: Crop structure and light microclimate characterization and applications. Edited by Varlet-Grancher, Bonhomme and Sinoquet. INRA, France pp 131 - 158.
- Sinoquet, H. y Caldwell, R.M. 1995. Estimation of light capture and partitioning in intercropping systems. En: *Ecophysiology of tropical intercropping*. INRA, France, p. 79 - 97.
- Sinoquet, H. y Cruz, P. 1995. *Ecophysiology of tropical intercropping*. INRA, France 425 p.
- Sinsin, B. 1992. Growing season and phytomass production in the natural pastures of northern Benin. En: *Influence du Climat Sur la Production des cultures tropicales*. Proceeding CTA. Wageningen (Netherlands) pp. 281 - 292.
- Skerman, P.J. y Riveros, F. 1992. Catálogo de gramíneas tropicales. En: *Gramíneas tropicales*. Colección FAO. Producción y Potencial Vegetal. ONU. No 23. Roma. 332 - 346p.
- Snaydon, R.W. 1991. The productivity of C3 and C4 plants. A reassessment, *Funtional Ecol.* 5: 321 - 330.
- Soares, F.C.V., Monteiro, F.A. y Coursi 1992. Recuperacao de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 2. Variacao sazonal de parametros bioquímicos fisiológicos. *Pasturas tropicales*, 14(2): 7-13.
- Sobrado, M. 1991. Aspectos fisiológicos de la respuesta de 2 cultivares de maíz tropical al déficit hídrico. *Agronomía Tropical* 46(1-2): 23-41.
- Sojka, R.E. 1992. Stomatal closure in oxygen stress plants. *Soil Science*. 154: 269 - 280.

- Soto, F. 1994. Crecimiento de Postura de cafeto (*C. arabiva, L*) influido por diferentes condiciones de aviveramiento. Tesis, INCA, ISCAH, La Habana, (Tesis de Doctorado en Ciencias). 174 p.
- Squire, G.R. 1993. The physiology of tropical crop production. GBA. International UK. 288 pp.
- Suárez, J.J. y Herrera, R.S. 1985. Regimen de riego en diferentes especies de pastos y forrajes en un suelo Ferralítico Rojo. Informe Técnico Tema 02-11-10, ICA, La Habana (Mimeo). 44p.
- Suárez, J.J. y Herrera, R.S. 1986. El clima de Cuba y la producción de pastos. En: Los Pastos en Cuba Producción. Editorial EDICA. pp 25-45.
- Taiz, L. y Zeiger, E. 1991. Plant physiology. The Benjamin Cummings Publishing. Company Inc. (California, USA.) 559p.
- Tergar, L.E., Velez-Santiago, J. y Saldañas, Doloriza. 1988. Production of grazed tropical grasses in different agroecosystem in Puerto Rico. En: Humid Mountain the Journal of Agriculture of University of Puerto Rico 72(1): 99 - 108.
- Thornley, J. H. M. 1990. A new formulation of the logistic growth equation its application to leaf area growth. Annals Botany. 66: 309 - 311.
- Torres, Verena, 1995. Contribución a la modelación de un área de pastoreo. Evento XXX Aniversario del Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. pp 191.
- Torres, W. 1984. Análisis del crecimiento de las plantas, Cultivos Tropicales. INCA. Monografía. 38 pp.
- Torres, W. 1985. Metodología del análisis del crecimiento en plantas al estudio del desarrollo de dos variedades de papa. (*Solanum Tuberosum L.*) en diferentes fechas de plantación. Tesis, INCA, ISCAH. La Habana p. (Tesis de Doctorado en Ciencias) 94 p.
- Torres, W. y Alvarez, F. 1991. Comportamiento del índice de área foliar de caña de azúcar (*Saccharum sp.*) en varias cepas y bajo diferentes tratamientos. Cultivos Tropicales. 12(3) 138-43.
- Turner, C.L. y Seastedt, T.R. 1993. Maximization of above ground grassland production the role of defoliation frequency intensity and history . Ecological Applications. 3(1) 175 - 186.
- Vadell, J.Y Medrano, H. 1992. Ahijamiento y alargamiento de las hojas en gramíneas pratenses. Variaciones estacionales. ITEA. 88: 3-7.
- Valdés, R.C. y Balbín María Irene, 1992. Fotosíntesis, Dpto. Bioquímica y Fisiología vegetal ISCAH (Mimeo) 41p.

- Valdés, G., Jordán, H., Crespo, G., Castillo, R., Cino Delia., Febles, G., García Trujillo, R., Molina, A., Reyes, J. y Senra, A. 1995. Valoración de los resultados de producción de pastos, leche y carne en sistema de Pastoreo Racional Voisin y Rotacional. En: XXX Aniversario del ICA, La Habana, Cuba. pp. 97 - 102.
- Valero, J.J.A., Martín, F.O.M. y Fabeiro, C.C. 1993. Estudio comparativo de dos métodos de análisis de crecimiento clásico y funcional en un cultivo de soja sometido a riegos diferenciados. ITEA. 89(3): 166.
- Varlet-Grancher, C. y Gautier, H. 1995. Plant morphogenetic response to light quality and consequences for intercropping. En: Ecophysiology of tropical Intercropping, INRA; France. pp. 231- 256.
- Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba, Editorial TECNOS. S. A., Madrid, 449p.
- Watson, D. J. 1952. The physiological basic of variation in yield. Adv. Agron. 4: 101 - 145.
- Weng, J.H. 1988. Leaf Photosynthesis of foraje grasses in different season and temperatures Bot. Bull. Academia. Sinica. 29: 163 - 170.
- Whiteman, R.C. 1980. Climatic factors affecting pastures growth and yield. En: Tropical Pastures Science. Ed. Oxford University press, 329 p.
- Wilson, J.R. 1990. Influence of plant anatomy on digestion and fibre breakdown. En: Microbial and Opportunities to improve the utilization of Lignocelulose by ruminant. Elsevier Science publishisg. pp 99 - 117.
- Wilson, J.R. 1991. Plant structures their digestive and physical breakdown. En: Recent advances on the nutrition of herbivores. MSAP. pp 207 - 215.
- Wilson, J. R. 1993a. Organization of forage plant tissue. En: Forage cell wall structure and digestibility. Madison USA pp. 1-31.
- Wilson, J.R. 1993b. Shade effect on growth of old established pastures in project AM - 25. Improving sown grass productivity. CSIRO, Australia. pp 62.
- Wilson, J. R., Akin, D. E., McLeod, M.N. y Minson, 1989. Particle size reduction of leaves of a tropical and temperate grass by cattle. II Relation of Anatomical structure to process of leaf breakdow through chewing and digestion. Grass and Forage Science. 44: 65 - 75.
- Wilson, J.R., Denium, B. y Engels, F. M. 1991. Temperature effects on anatomy and digestibility of leaf and stem of tropical and temperate forage species. Netherlands. Journal of Agricultural Science. 39: 31 - 48.

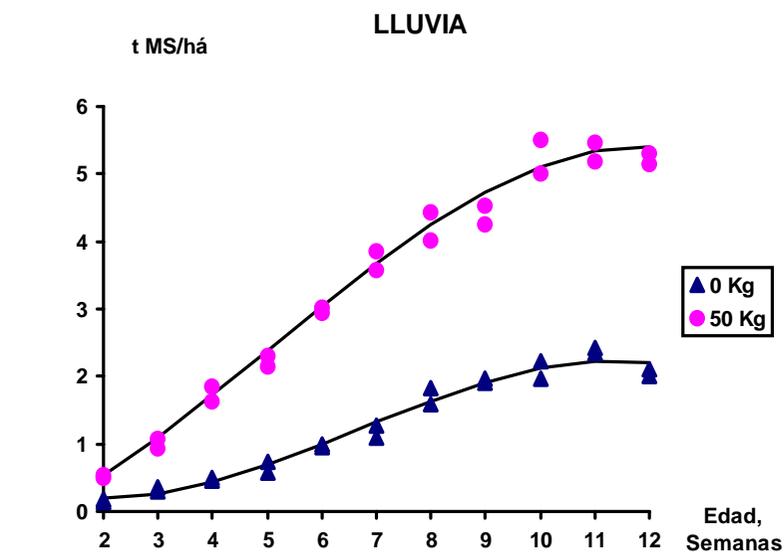
- Wisniol, K. y Herketh, J. D. 1987. Plant growth modeling for resource management current models and methods. Boca Ratón, Florida, USA, 123 p.
- Wojcieszka, Urszula, 1994. The effect of nitrogen nutrition of soybean on plant growth and CO₂ exchange parameters. *Acta Physiologiae Plantarum* 16(4): 263 - 268.
- Younger, V.B. 1972. Physiology of defoliation and regrowth. En: *The biology and utilization of grasses* New York, USA Academic Press, 292 p.
- Zambrano, P.P. 1993. Estudio sobre el comportamiento de la dinámica de crecimiento del pasto estrella (*Cydonon nlemfuensis*) bajo Pastoreo Rotacional Voisin durante la estación de seca. Tesis. ISCAH. La Habana, (Trabajo de Diploma). 61 pp.

Tablas y Figuras



$$0 \text{ kg RMST} = 0.1281 - 0.0077(\pm 0.0909) t + 0.0259(\pm 0.0159) t^2 - 0.0015(\pm 0.0008) t^3 \quad R^2 = 0.97^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.274$$

$$50 \text{ kg RMST} = 0.759 - 0.3176(\pm 0.2193) t + 0.0989(\pm 0.0344) t^2 - 0.0048(\pm 0.0016) t^3 \quad R^2 = 0.98^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.218$$



$$0 \text{ kg RMST} = 0.5106 - 0.3381(\pm 0.1232) t + 0.0999(\pm 0.0193) t^2 - 0.005(\pm 0.0009) t^3 \quad R^2 = 0.96^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.295$$

$$50 \text{ kg RMST} = -0.3036 + 0.2866(\pm 0.2680) t + 0.0743(\pm 0.0469) t^2 - 0.0049(\pm 0.0013) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.256$$

FIGURA III-1: RELACIÓN ENTRE EL RENDIMIENTO Y LA EDAD DE REBROTE PARA CADA DOSIS DE NITRÓGENO APLICADA.

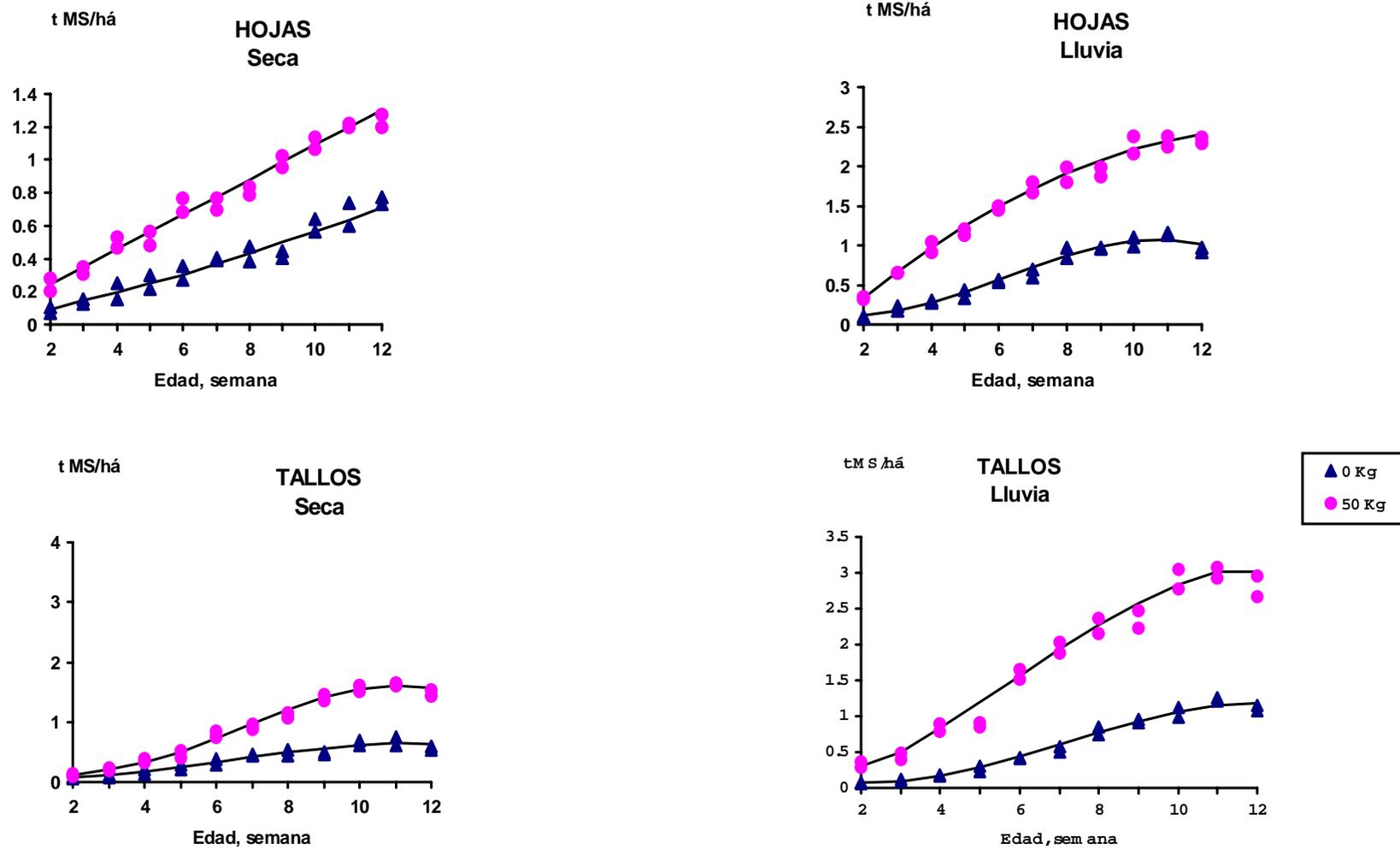


FIGURA III-2: COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE HOJAS Y TALLOS (T MS/HÁ) SEGÚN LA EDAD Y NIVEL DE NITRÓGENO.

ECUACIONES DE LA FIGURA III-2**HOJAS****Seca**

$$0 \text{ kg RH} = -0.0018 + 0.0367(\pm 0.072) t + 0.0010(\pm 0.0005) t^2 \quad R^2 = 0.96^{***} \text{ ES(RH)} = \pm 0.139$$

$$50 \text{ kg RH} = 0.0334 + 0.1060(\pm 0.0051) t \quad R^2 = 0.98^{***} \text{ ES(RH)} = \pm 0.169$$

Lluvia

$$0 \text{ kg RH} = 0.2189 - 0.1382(\pm 0.0472) t + 0.0482(\pm 0.0074) t^2 - 0.0026(\pm 0.0003) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \text{ ES(RH)} = \pm 0.143$$

$$50 \text{ kg RH} = -0.4124 + 0.4000(\pm 0.0496) t - 0.0138(\pm 0.0031) t^2 \quad R^2 = 0.98^{***} \text{ ES(RH)} = \pm 0.136$$

TALLOS**Seca**

$$0 \text{ kg RT} = 0.0727 - 0.0367(\pm 0.0513) t + 0.0196(\pm 0.009) t^2 - 0.001(\pm 0.0004) t^3 \quad R^2 = 0.97^{***} \text{ ES(RT)} = \pm 0.149$$

$$50 \text{ kg RT} = 0.5240 - 0.3199(\pm 0.1329) t + 0.0843(\pm 0.0209) t^2 - 0.0042(\pm 0.0009) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \text{ ES(RT)} = \pm 0.269$$

Lluvia

$$0 \text{ kg RT} = 0.2910 - 0.1995(\pm 0.0802) t + 0.0516(\pm 0.0126) t^2 - 0.0024(\pm 0.0006) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \text{ ES(RT)} = \pm 0.153$$

$$50 \text{ kg RT} = -0.1891 + 0.1168(\pm 0.1622) t + 0.0455(\pm 0.0284) t^2 - 0.0027(\pm 0.0014) t^3 \quad R^2 = 0.98^{***} \text{ ES(RT)} = \pm 0.255$$

TABLA III.1 ECUACIÓN DE REGRESIÓN LINEAL ENTRE EL LARGO Y EL DIÁMETRO DEL ENTRENUDO CON EL NITRÓGENO Y LA EDAD EN AMBAS ESTACIONES DEL AÑO.

<i>Época del año</i>	<i>Kg N/há/ciclo</i>	<i>PARAMETROS</i>		<i>ES± (b)</i>	<i>R²</i>	<i>Sig.</i>
		<i>a</i>	<i>b</i>			
Largo del entrenudo						
SECA	0	2.592	0.183	0.016	0.83	***
	50	3.059	0.310	0.029	0.92	***
LLUVIA	0	3.100	0.315	0.091	0.87	***
	50	4.247	0.475	0.040	0.95	***
Diámetro del entrenudo						
SECA	0	0.167	0.005	0.001	0.79	***
	50	0.220	0.004	0.001	0.52	**
LLUVIA	0	0.161	0.014	0.002	0.77	***
	50	0.228	0.014	0.002	0.79	***

** P<0.01, *** P<0.001

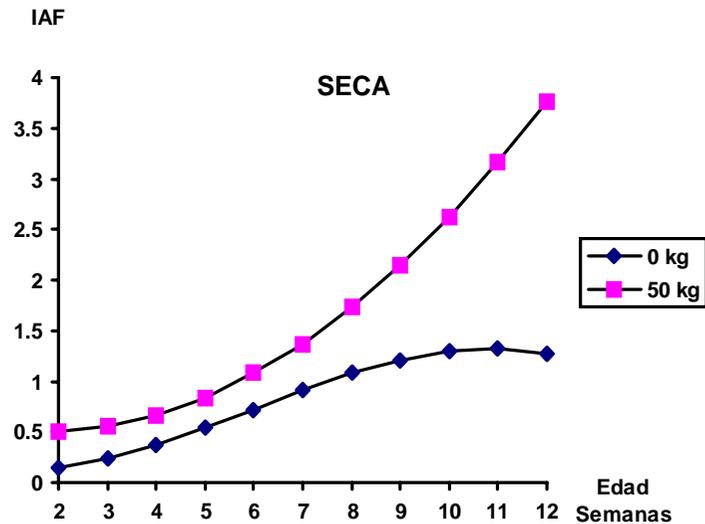
TABLA III.2 INFLUENCIA DEL NIVEL DE NITRÓGENO Y LA EDAD DE REBROTE EN EL COMPORTAMIENTO DEL LARGO, ANCHO Y ÁREA DE LA HOJA.

<i>Factores</i>	<i>Largo de la hoja, cm</i>		<i>Ancho de la hoja, cm</i>		<i>Area de la hoja, cm²</i>	
	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>
Nivel de N Kg/há/ciclo						
0	5.93	12.27	0.50	0.53	3.46	6.72
50	7.69	13.99	0.55	0.60	4.43	8.76
ES±	0.91***	0.36*	0.01*	0.01*	0.14*	0.63*
Edad de rebrote, sem						
2	5.13 ^c	7.65 ^d	0.48 ^d	0.51 ^d	2.83 ^c	4.28 ^e
4	5.35 ^c	9.65 ^{cd}	0.49 ^{cd}	0.53 ^{cd}	2.74 ^c	4.72 ^e
6	6.42 ^{bc}	11.45 ^c	0.52 ^{bcd}	0.56 ^{bcd}	3.68 ^b	6.40 ^d
8	7.22 ^{ab}	14.37 ^b	0.53 ^{bc}	0.57 ^{bc}	3.96 ^b	8.25 ^c
10	8.21 ^a	17.07 ^a	0.54 ^b	0.60 ^{ab}	5.42 ^a	10.13 ^b
12	8.55 ^a	18.60 ^a	0.59 ^a	0.65 ^a	5.03 ^{ab}	12.66 ^a
ES±	0.65***	1.06***	0.02***	0.02***	0.59***	0.63***

a, b, c, d, e Valores con letras no comunes dentro de cada columna por tratamiento difieren a

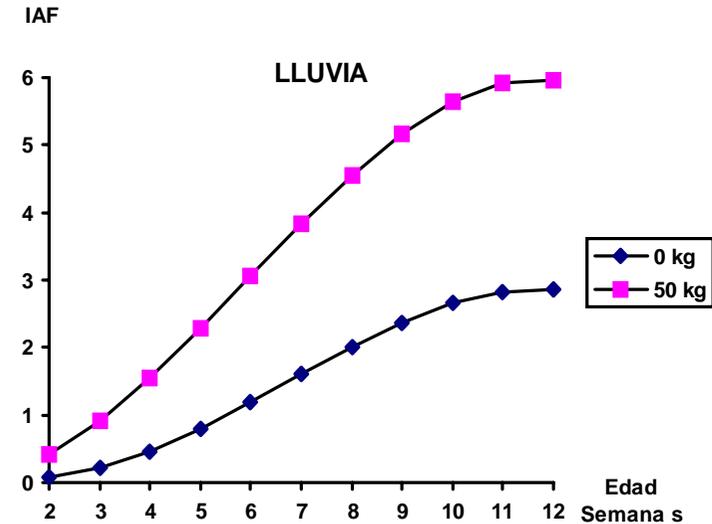
P < 0.05 (Duncan, 1955)

* p < 0.05 y *** p < 0.001



$$0 \text{ kg IAF} = 0.1956 - 0.1101(\pm 0.1021) t + 0.0494 (\pm 0.0190) t^2 - 0.0027(\pm 0.0009) t^3 \quad R^2 = 0.97^{***} \quad \text{ES(IAF)} = \pm 0.17$$

$$50 \text{ kg IAF} = 0.5678 - 0.0964 (\pm 0.0874) t + 0.0302 (\pm 0.0061) t^2 \quad R^2 = 0.98^{***} \quad \text{ES(IAF)} = \pm 0.26$$



$$0 \text{ kg IAF} = 0.3389 - 0.3282 (\pm 0.1294) t + 0.1116 (\pm 0.0227) t^2 - 0.0056 (\pm 0.0011) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \quad \text{ES(IAF)} = \pm 0.16$$

$$50 \text{ kg IAF} = 0.0013 - 0.0429 (\pm 0.0042) t + 0.1393 (\pm 0.0730) t^2 - 0.0079 (\pm 0.0037) t^3 \quad R^2 = 0.98^{***} \quad \text{ES(IAF)} = \pm 0.32$$

FIGURA III-3: COMPORTAMIENTO DEL ÍNDICE DEL ÁREA FOLIAR (IAF) SEGÚN LA EDAD DE REBOTE Y LA DOSIS DE NITRÓGENO.

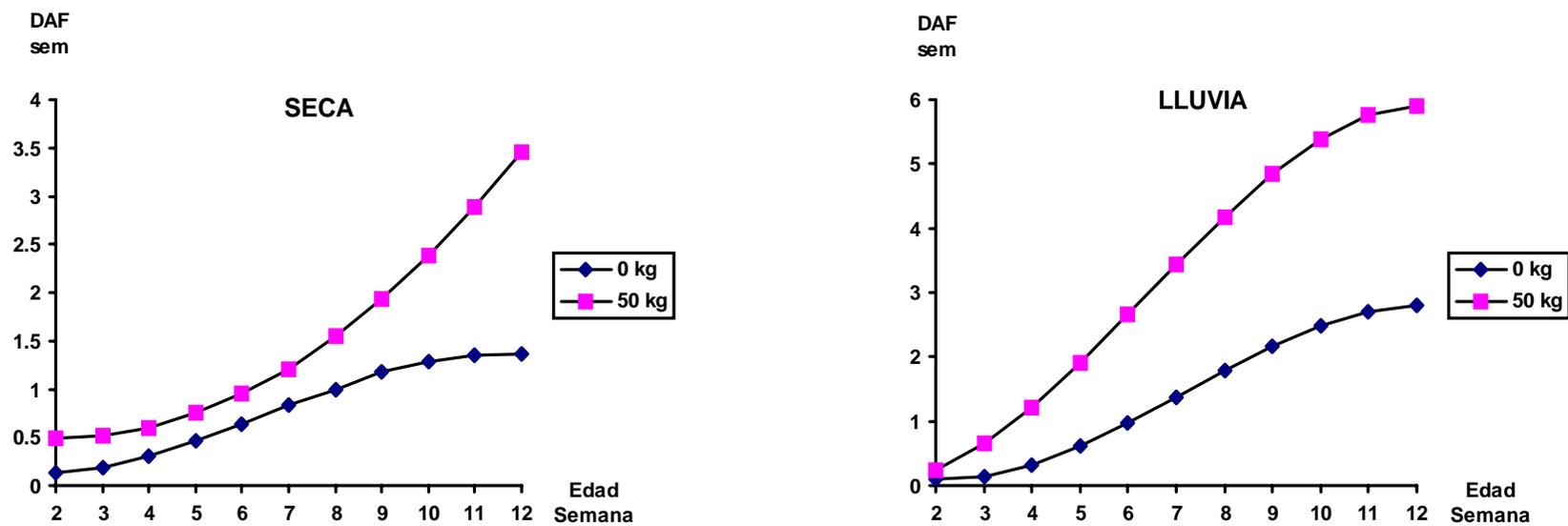


FIGURA III-4: VARIACIÓN DE LA DURACIÓN DEL ÁREA FOLIAR (DAF) SEGÚN LA EDAD DE REBROTE Y LA CANTIDAD DE NITRÓGENO.

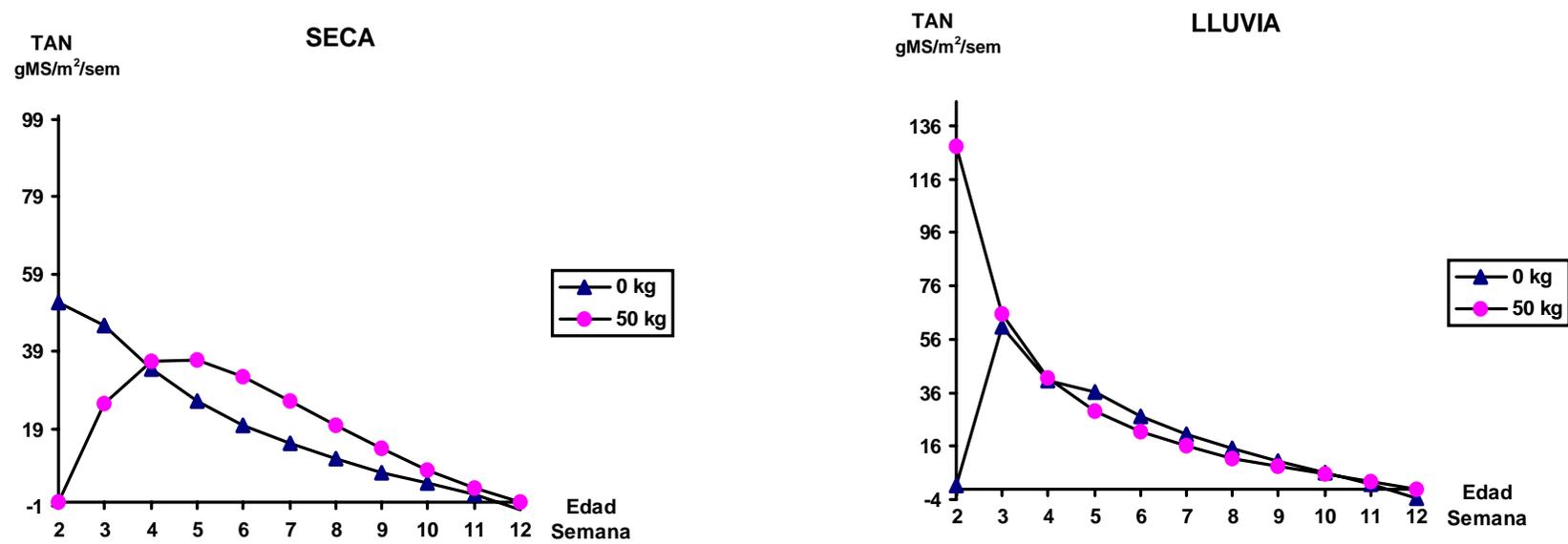


FIGURA III-5: FLUCTUACIONES DE LA TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN) SEGÚN LA EDAD DE REBROTE Y LA DOSIS DE NITRÓGENO.

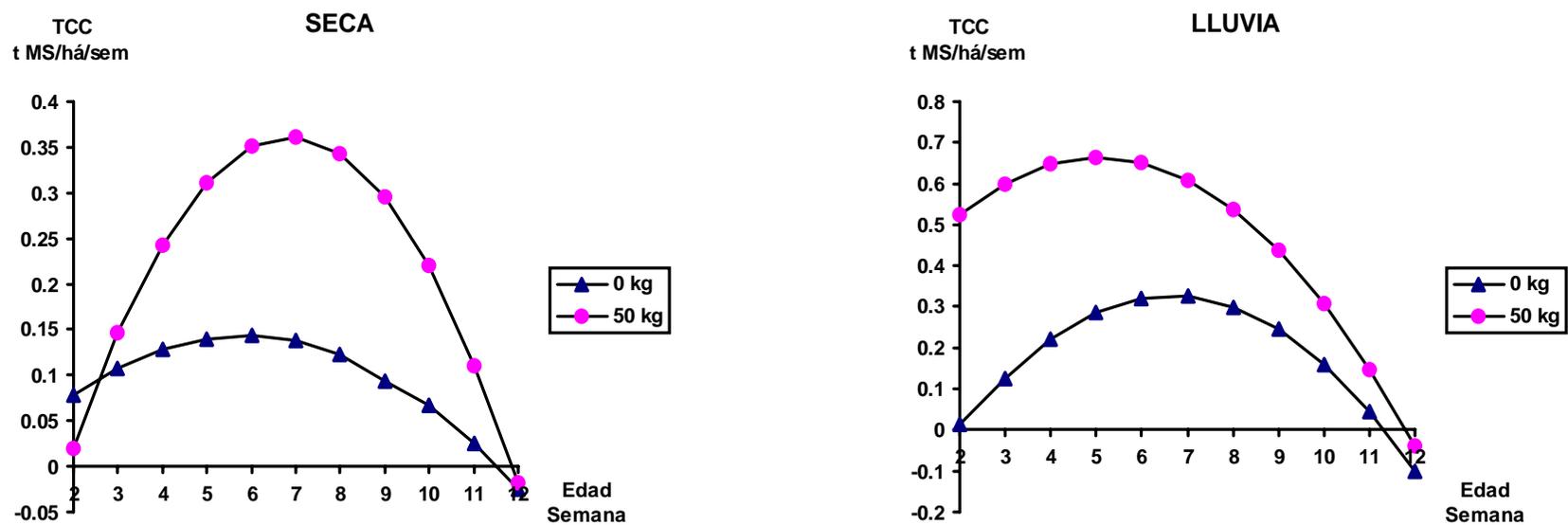
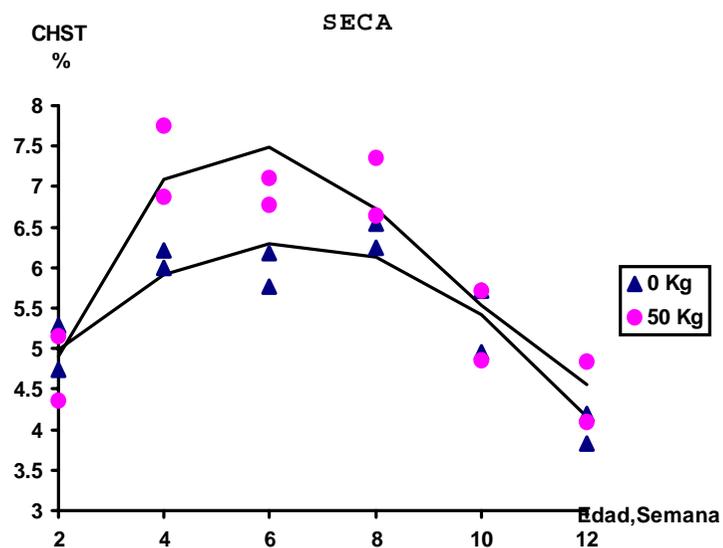


FIGURA III-6: COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO (TCC) SEGÚN LA EDAD DE REBROTE PARA CADA NIVEL DE NITRÓGENO.

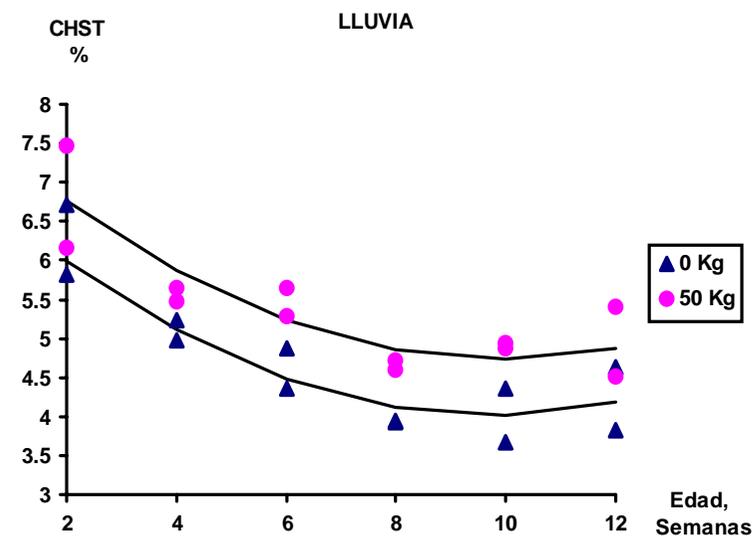


$$0 \text{ kg CHST} = 3.504 + 0.873(\pm 0.177) t + 0.068(\pm 0.012) t^2$$

$$R^2 = 0.63^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0.606$$

$$50 \text{ kg CHST} = 0.214 + 3.075(\pm 0.385) t - 0.395(\pm 0.062) t^2$$

$$+ 0.014(\pm 0.003) t^3 \quad R^2 = 0.91^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0.650$$



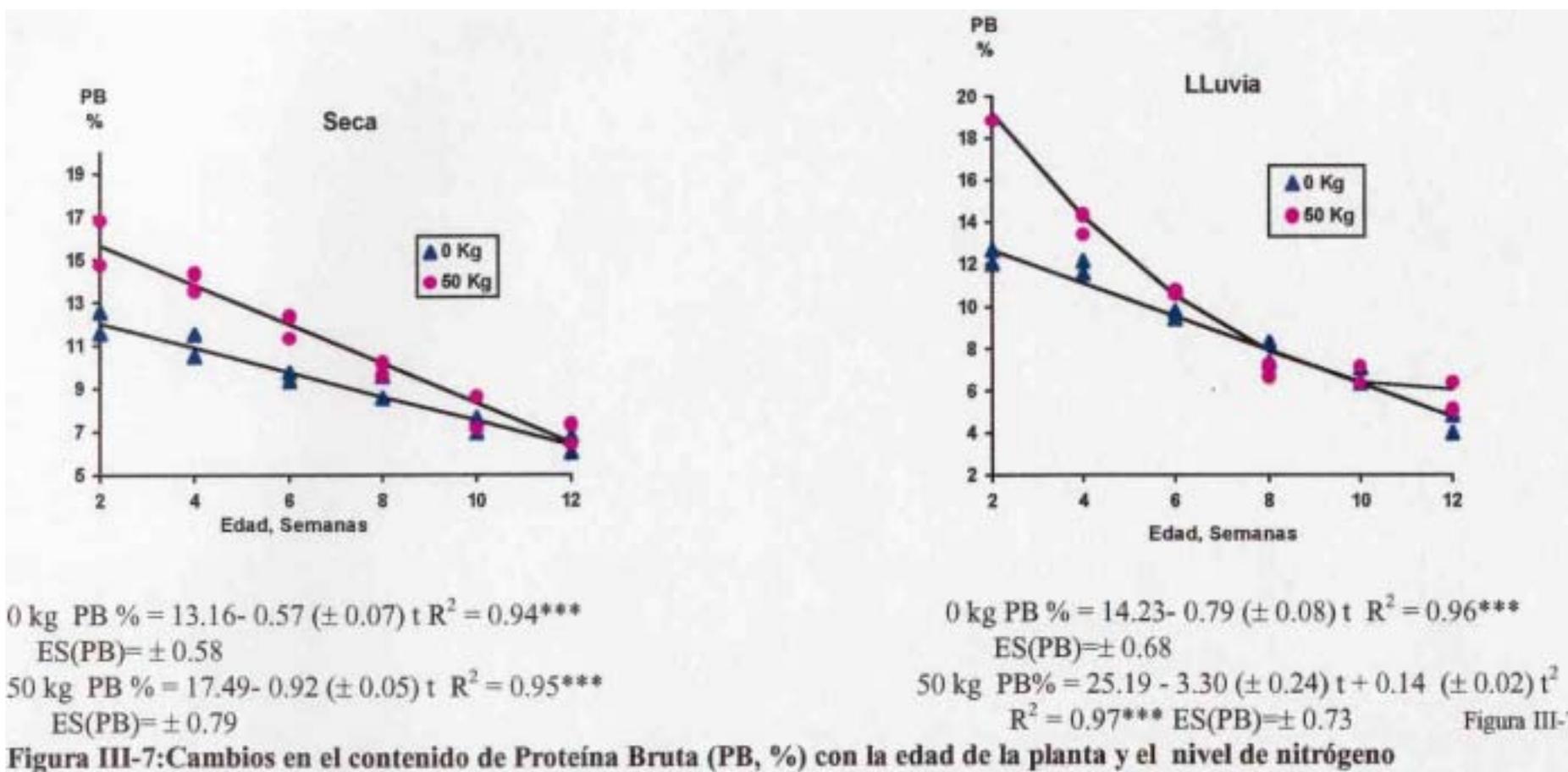
$$0 \text{ kg CHST} = 7.131 - 0.636(\pm 0.184) t + 0.032(\pm 0.013) t^2$$

$$R^2 = 0.66^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0.544$$

$$50 \text{ kg CHST} = 7.934 - 0.647(\pm 0.173) t + 0.033(\pm 0.012) t^2$$

$$R^2 = 0.71^{***} \text{ ES(CHST)} = \pm 0.570$$

FIGURA III-8: INFLUENCIA DE LA EDAD DE REBROTE Y EL NIVEL DE NITRÓGENO EN EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES TOTALES.



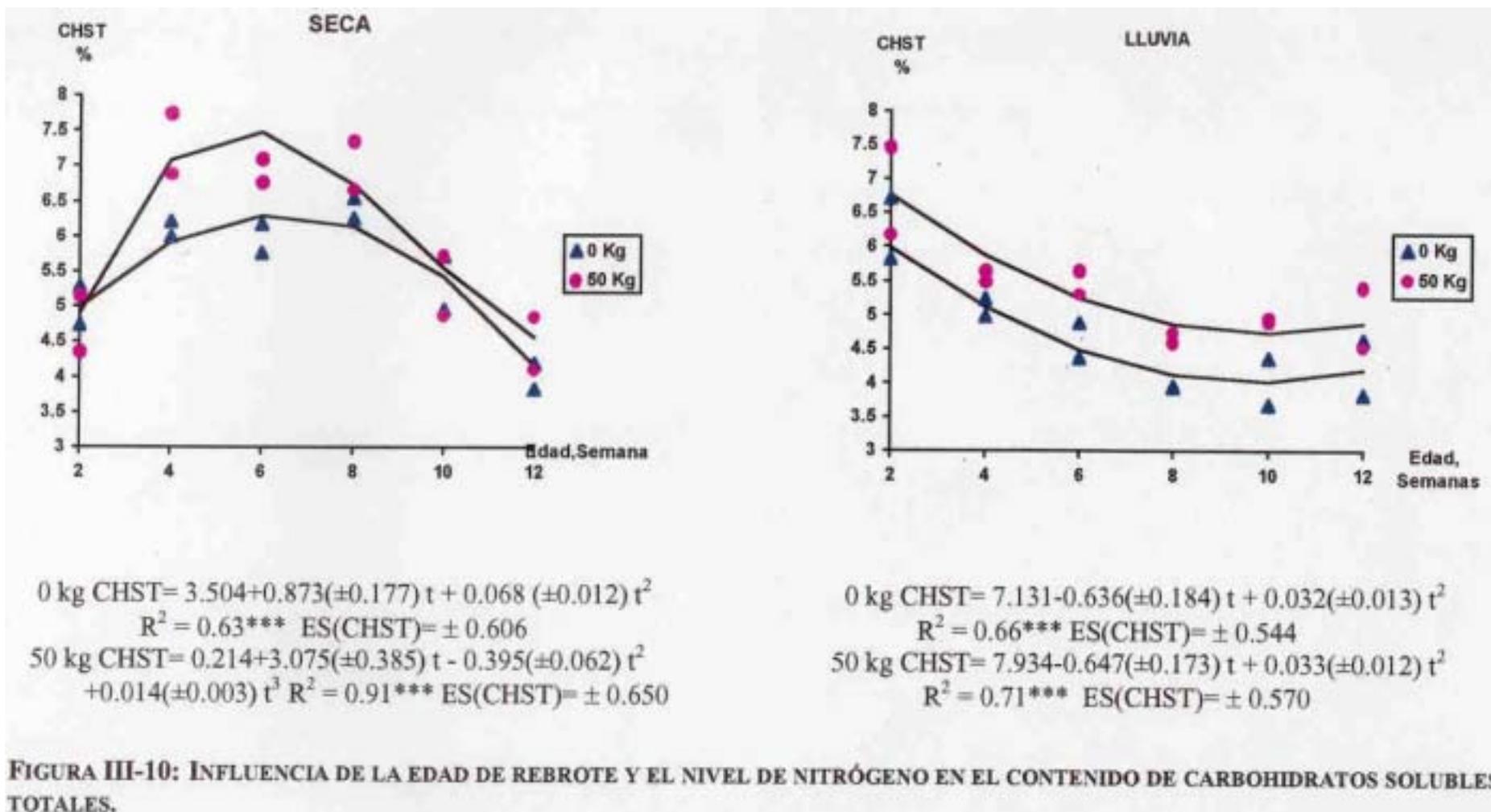


TABLA III.3 ECUACIONES QUE DESCRIBEN EL COMPORTAMIENTO DE CONTENIDO DE FIBRA BRUTA (%) CON LA EDAD DE REBROTE PARA CADA DOSIS DE NITROGENO Y EPOCAS DEL AÑO.

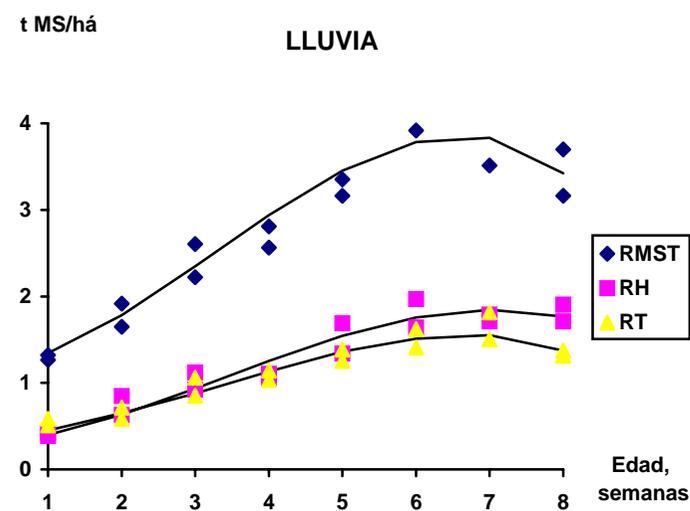
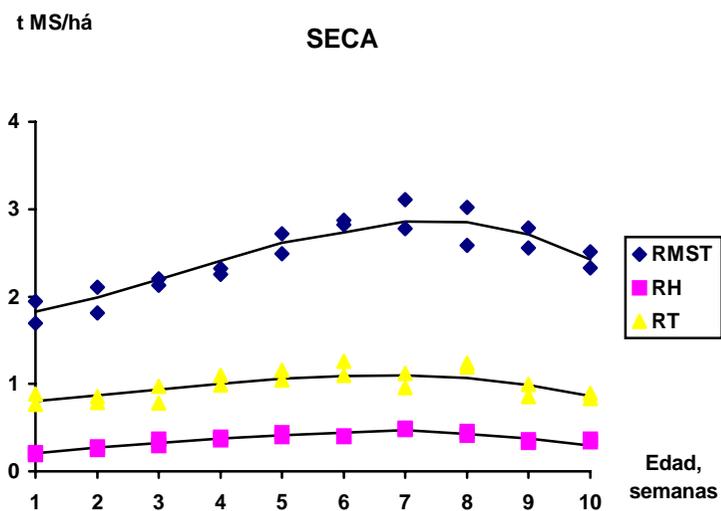
Época del año	Kg N/há/ciclo	PARAMETROS		ES± (b)	R ²	Sig.
		a	b			
SECA	0	25.33	0.36	0.03	0.97	***
	50	24.33	0.40	0.05	0.94	***
LLUVIA	0	25.85	0.74	0.04	0.99	***
	50	24.22	0.81	0.07	0.98	***

*** (P<0.001)

TABLA III.4 INFLUENCIA DE LA EDAD DE REBROTE EN LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGANICA (%) PARA CADA DOSIS DE NITROGENO Y ÉPOCAS DEL AÑO.

Epoca del año	Kg N/há/ciclo	PARAMETROS					R ²	Sign
		a	b	ES± (b)	c	ES(c)±		
Seca	0	40.25	8.54	0.47	-0.75	0.03	0.97	***
	50	46.49	7.05	0.86	-0.62	0.07	0.87	***
LLuvia	0	69.98	-2.65	0.17	-	-	0.94	***
	50	72.74	-2.71	0.16	-	-	0.95	***

*** (P<0.001)



$$\begin{aligned} \text{RMST} &= 1.7248 + 0.0565(\pm 0.0475) t + 0.0472(\pm 0.0113) t^2 \\ &\quad - 0.0046(\pm 0.0007) t^3 \quad R^2 = 0.99*** \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.171 \\ \text{RH} &= 0.1503 + 0.0560(\pm 0.0218) t + 0.0031(\pm 0.0052) t^2 \\ &\quad - 0.0007(\pm 0.0004) t^3 \quad R^2 = 0.95*** \quad \text{ES(RH)} = \pm 0.082 \\ \text{RT} &= 0.7522 + 0.0441(\pm 0.0073) t + 0.0102(\pm 0.0015) t^2 \\ &\quad - 0.0013(\pm 0.0004) t^3 \quad R^2 = 0.89*** \quad \text{ES(RT)} = \pm 0.104 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RMST} &= 1.1327 + 0.0611(\pm 0.1794) t + 0.1661(\pm 0.0542) t^2 \\ &\quad - 0.0171(\pm 0.0044) t^3 \quad R^2 = 0.98*** \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.258 \\ \text{RH} &= 0.2762 + 0.0503(\pm 0.1857) t + 0.0800(\pm 0.0561) t^2 \\ &\quad - 0.0079(\pm 0.0046) t^3 \quad R^2 = 0.95*** \quad \text{ES(RH)} = \pm 0.164 \\ \text{RT} &= 0.4782 - 0.0608(\pm 0.0840) t + 0.0907(\pm 0.0255) t^2 \\ &\quad - 0.0086(\pm 0.0021) t^3 \quad R^2 = 0.97*** \quad \text{ES(RT)} = \pm 0.124 \end{aligned}$$

FIGURA IV-1: COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA TOTAL (RMST), HOJAS (RH) Y TALLOS (RT) EN EL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

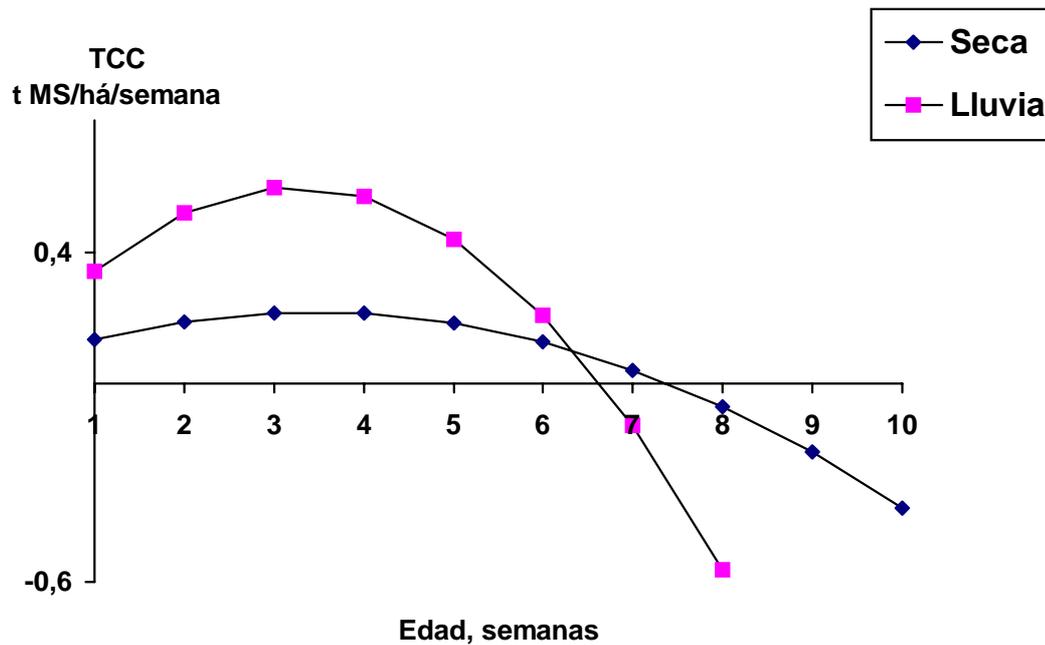


FIGURA IV-2: VARIACIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO (TCC) DEL PASTO ESTRELLA CON LA EDAD DE REBROTE MANEJADO CON UNA BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

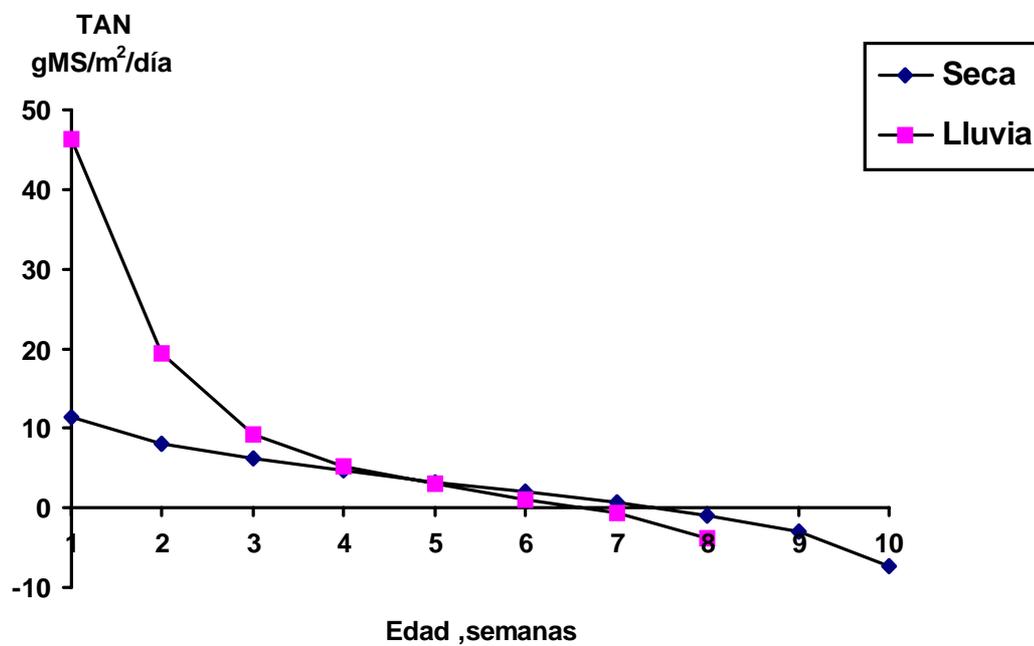


FIGURA IV-5: VARIACIÓN DE LA TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN) CON LA EDAD DE REBROTE EN EL PASTO ESTRELLA CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

TABLA IV-1: INFLUENCIA DE LA EDAD DE REBROTE EN EL LARGO Y DIÁMETRO DEL ENTRENUDO DE LOS TALLOS DEL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

<i>Edad de rebrote, sem</i>	<i>Largo, cm</i>		<i>Diámetro, cm</i>	
	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>
1	4.53 ^b	3.40 ^c	0.20 ^b	0.20
3	5.05 ^{ab}	3.72 ^c	0.19 ^b	0.20
5	5.20 ^{ab}	5.40 ^b	0.22 ^a	0.20
7	5.66 ^a	6.31 ^a	0.19 ^b	0.21
9	5.41 ^a	-	-	0.20
ES±	0.24*	0.22***	0.004***	0.005

a,b,c Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

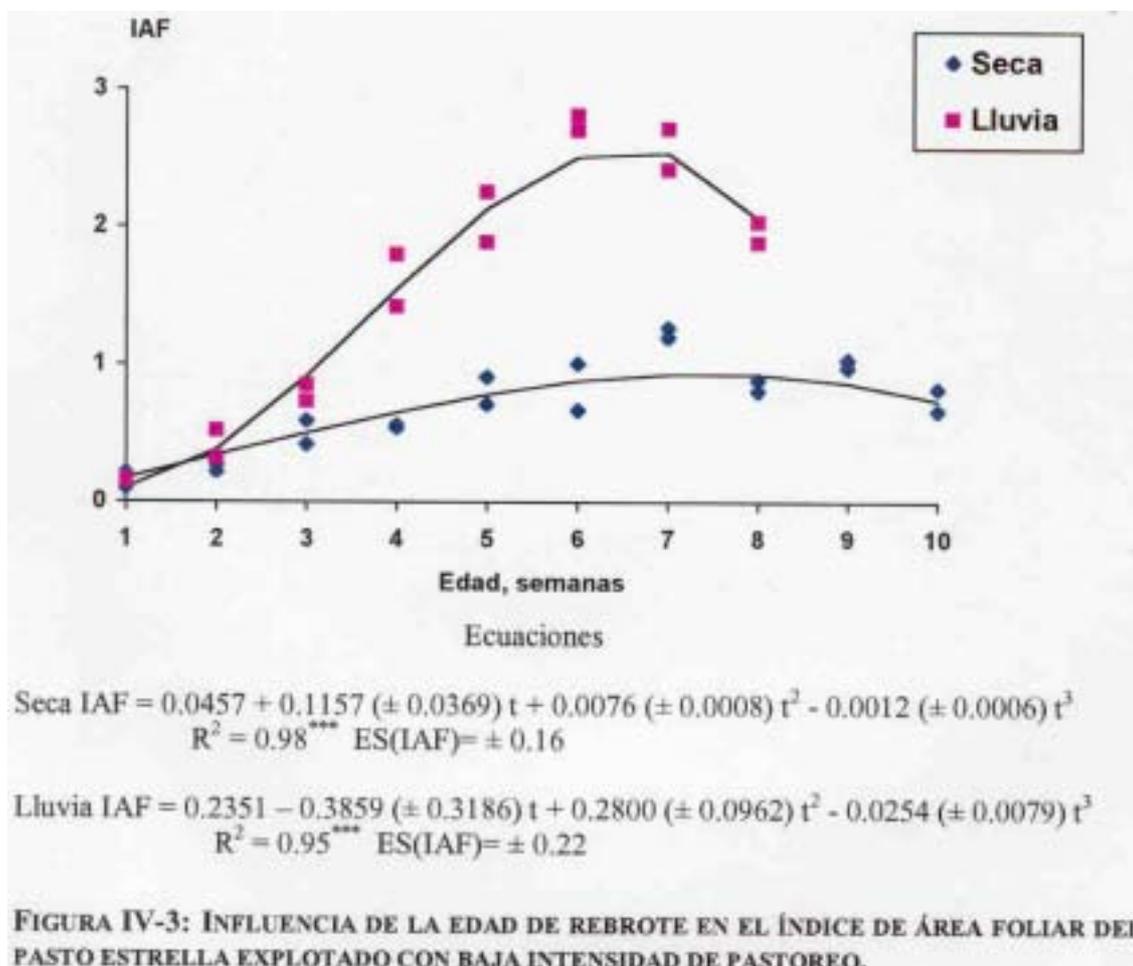
* $p < 0.05$. *** $p < 0.001$

TABLA IV-2: VARIACIÓN EN EL LARGO, ANCHO Y ÁREA DE LA HOJA SEGÚN LA EDAD DE REBROTE EN EL PASTO ESTRELLA EXPLOTADO CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

<i>Edad de rebrote, sem</i>	<i>Largo, cm</i>		<i>Ancho, cm</i>		<i>Área de hoja, cm²</i>	
	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>
1	6.69 ^b	9.42 ^c	0.46 ^{ab}	0.39 ^c	2.31 ^b	2.74 ^c
3	6.90 ^b	10.94 ^b	0.41 ^b	0.45 ^b	2.12 ^b	3.70 ^b
5	7.21 ^{ab}	15.13 ^a	0.46 ^a	0.55 ^a	2.47 ^{ab}	6.24 ^a
7	8.24 ^a	15.46 ^a	0.48 ^{ab}	0.51 ^a	2.94 ^a	5.89 ^a
9	8.12 ^a	-	0.47 ^a	-	2.85 ^a	-
ES±	0.35**	0.43***	0.01**	0.01***	0.17**	0.26***

a,b,c Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$



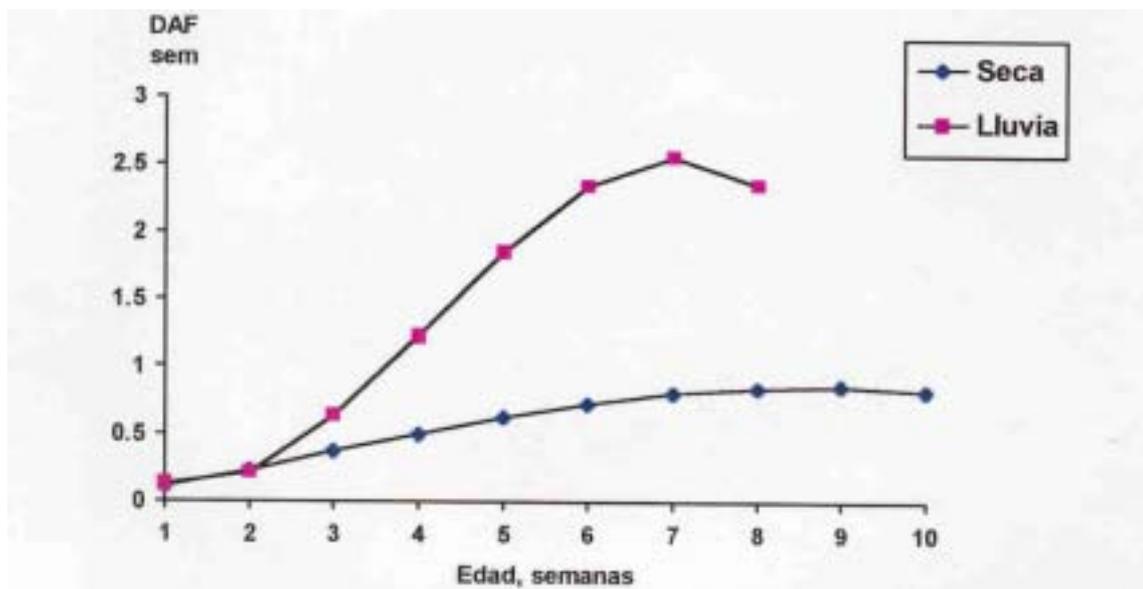


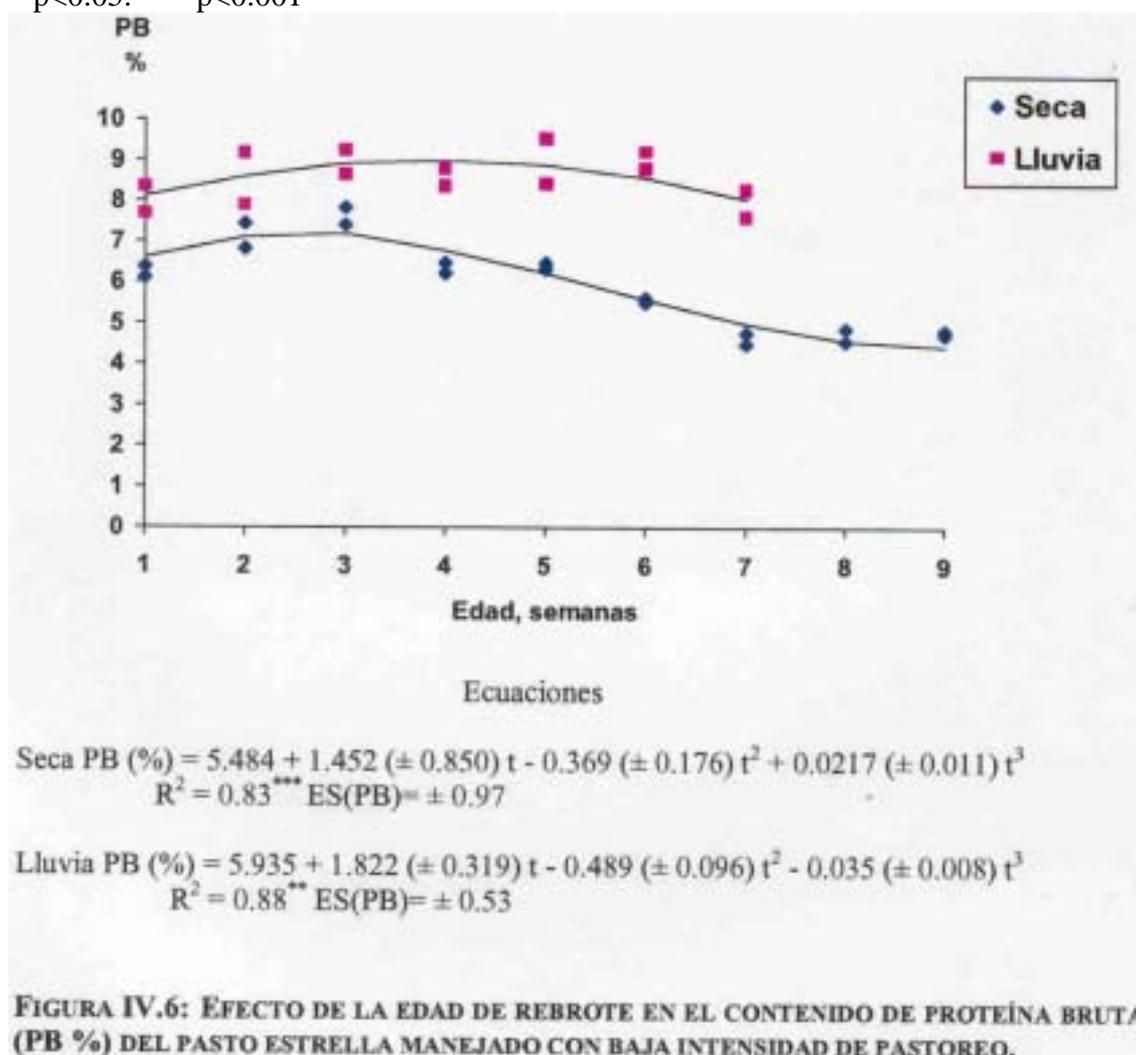
FIGURA IV-4: COMPORTAMIENTO DE LA DURACIÓN DEL ÁREA FOLIAR DEL PASTO ESTRELLA SEGÚN LA EDAD DE REBROTE MANEJADO CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

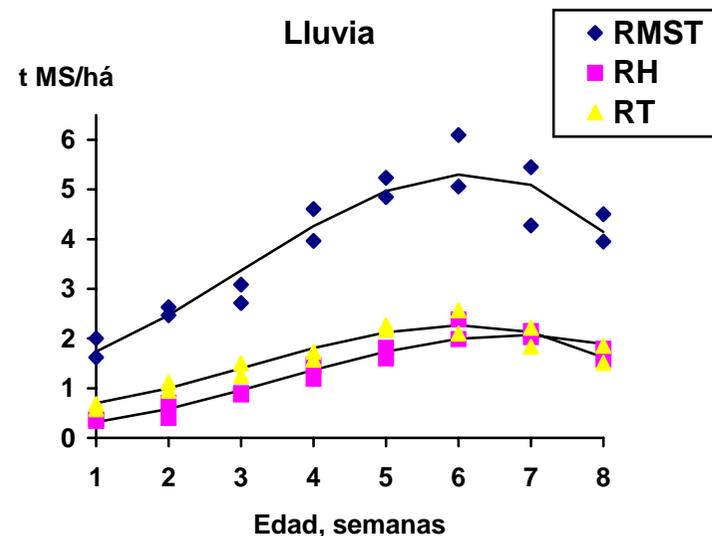
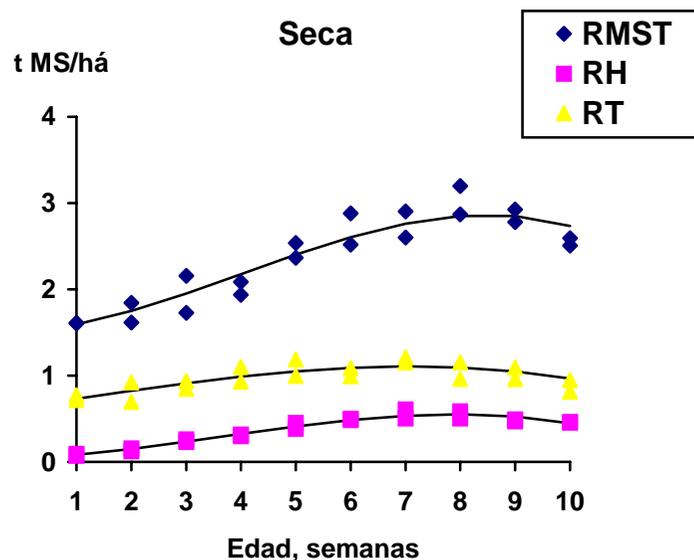
TABLA IV-3: COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE FIBRA BRUTA Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON BAJA INTENSIDAD DE PASTOREO.

Edad de rebrote, sem	Fibra Bruta, %		Digest. Materia Organica, %	
	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
1	34.97 ^a	30.45 ^{ab}	53.05 ^c	64.64 ^b
3	32.30 ^b	28.55 ^{bc}	55.53 ^b	66.81 ^a
5	31.13 ^c	28.03 ^c	58.39 ^a	64.80 ^b
7	32.90 ^b	30.01 ^{ab}	55.45 ^b	63.20 ^c
9	34.02 ^a	-	55.15 ^b	-
ES±	0.35***	0.68*	0.29***	0.46*

a,b,c Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0.05$. *** $p < 0.001$





$$\begin{aligned} \text{RMST} &= 1.5071 + 0.0449 (\pm 0.0403) t + 0.0458 (\pm 0.0096) t^2 \\ &\quad - 0.0038 (\pm 0.0006) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.186 \\ \text{RH} &= 0.0380 + 0.0281 (\pm 0.0173) t + 0.0173 (\pm 0.0041) t^2 \\ &\quad - 0.0016 (\pm 0.0003) t^3 \quad R^2 = 0.99^{***} \quad \text{ES(RH)} = \pm 0.075 \\ \text{RT} &= 0.6336 + 0.0963 (\pm 0.0299) t + 0.0010 (\pm 0.0007) t^2 \\ &\quad - 0.0007 (\pm 0.0005) t^3 \quad R^2 = 0.96^{***} \quad \text{ES(Rt)} = \pm 0.097 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RMST} &= 1.3617 + 0.1418 (\pm 0.3595) t + 0.2660 (\pm 0.1085) t^2 \\ &\quad - 0.0300 (\pm 0.0089) t^3 \quad R^2 = 0.97^{***} \quad \text{ES(RMST)} = \pm 0.472 \\ \text{RH} &= 0.2267 - 0.0232 (\pm 0.1428) t + 0.1253 (\pm 0.0043) t^2 \\ &\quad - 0.0120 (\pm 0.0035) t^3 \quad R^2 = 0.98^{***} \quad \text{ES(RH)} = \pm 0.136 \\ \text{RT} &= 0.6063 - 0.0361 (\pm 0.2370) t + 0.1476 (\pm 0.0716) t^2 \\ &\quad - 0.0159 (\pm 0.0059) t^3 \quad R^2 = 0.93^{***} \quad \text{ES(Rt)} = \pm 0.187 \end{aligned}$$

FIGURA IV-8: INFLUENCIA DE LA EDAD DE REBROTE EN EL COMPORTAMIENTO DEL RENDIMIENTO DE MATERIA SECA TOTAL (RMST), HOJAS (RH) Y TALLOS (RT) EN EL PASTO ESTRELLA CON UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

TABLA IV-5: EFECTO DE LA EDAD DE REBROTE EN EL LARGO Y DIÁMETRO DEL ENTRENUDO DE LOS TALLOS DEL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

<i>Edad de Rebrote, sem</i>	<i>Largo, cm</i>		<i>Diámetro, cm</i>	
	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>
1	4.39 ^b	4.63 ^b	0.19 ^{bc}	0.20 ^b
3	4.92 ^{ab}	4.64 ^b	0.20 ^b	0.19 ^b
5	5.28 ^a	6.64 ^a	0.18 ^c	0.18 ^c
7	5.33 ^a	6.30 ^a	0.22 ^a	0.22 ^a
9	5.58 ^a	-	0.20 ^b	-
ES±	0.24*	0.26***	0.004**	0.005***

a,b,c Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0.05$. ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$

TABLA IV-6: VARIACIONES EN EL LARGO, ANCHO Y ÁREA DE LA HOJA SEGÚN LA EDAD DE REBROTE EN EL PASTO ESTRELLA BAJO UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

<i>Edad de Rebrote, sem</i>	<i>Largo, cm</i>		<i>Ancho, cm</i>		<i>Área de la Hoja, cm²</i>	
	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Seca</i>	<i>Lluvia</i>
1	6.41 ^c	10.69 ^b	0.40 ^d	0.42 ^b	2.00 ^d	3.38 ^b
3	7.00 ^c	11.66 ^b	0.42 ^{cd}	0.47 ^b	2.22 ^{cd}	4.16 ^b
5	7.99 ^b	15.84 ^a	0.44 ^{bc}	0.55 ^a	2.64 ^{bc}	6.63 ^a
7	8.64 ^{ab}	16.00 ^a	0.46 ^b	0.53 ^a	3.00 ^b	6.41 ^a
9	9.35 ^a	-	0.50 ^a	-	3.50 ^a	-
ES±	0.32***	0.63***	0.01***	0.02***	0.15***	0.42***

a,b,c,d Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

*** $p < 0.001$

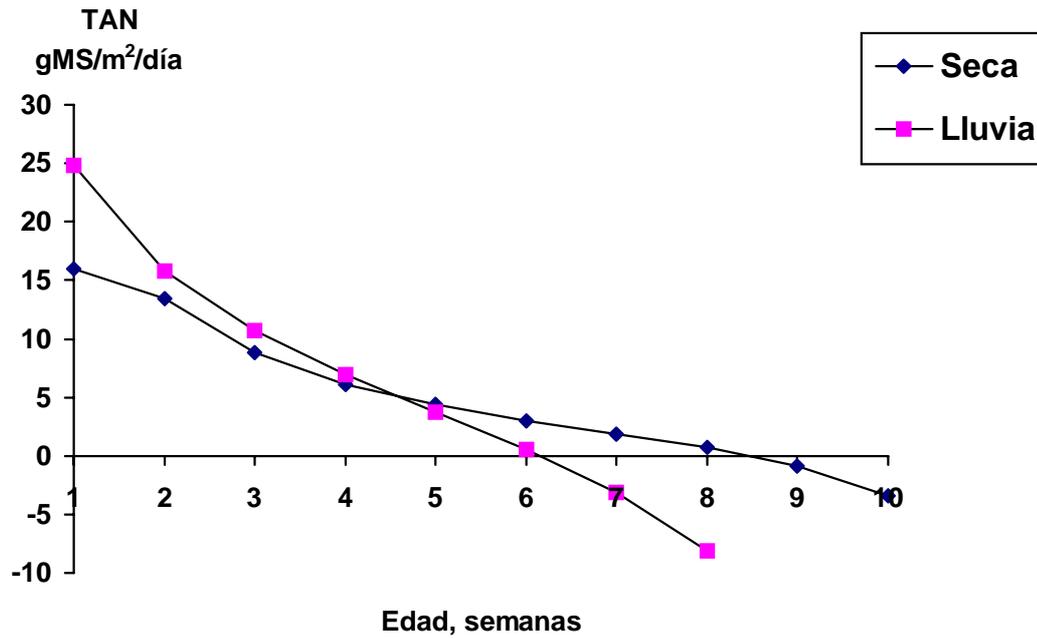


FIGURA IV-11: VARIACIÓN DE LA TASA DE ASIMILACIÓN NETA (TAN) CON LA EDAD DE REBROTE EN EL PASTO ESTRELLA CON UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

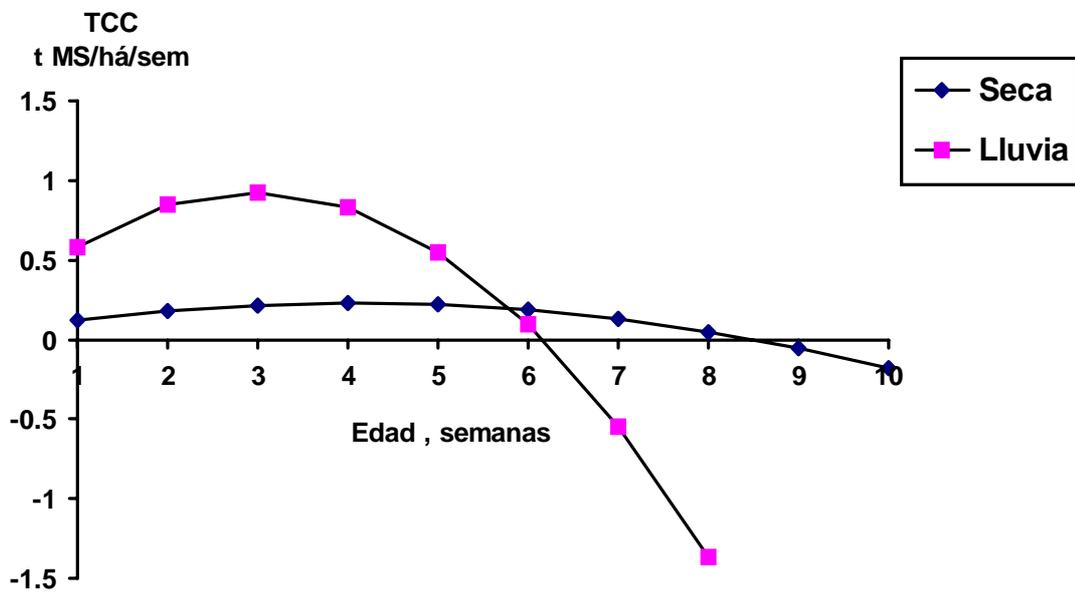


FIGURA IV-12: COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO (TCC) DEL PASTO ESTRELLA SEGÚN LA EDAD DE REBROTE BAJO UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

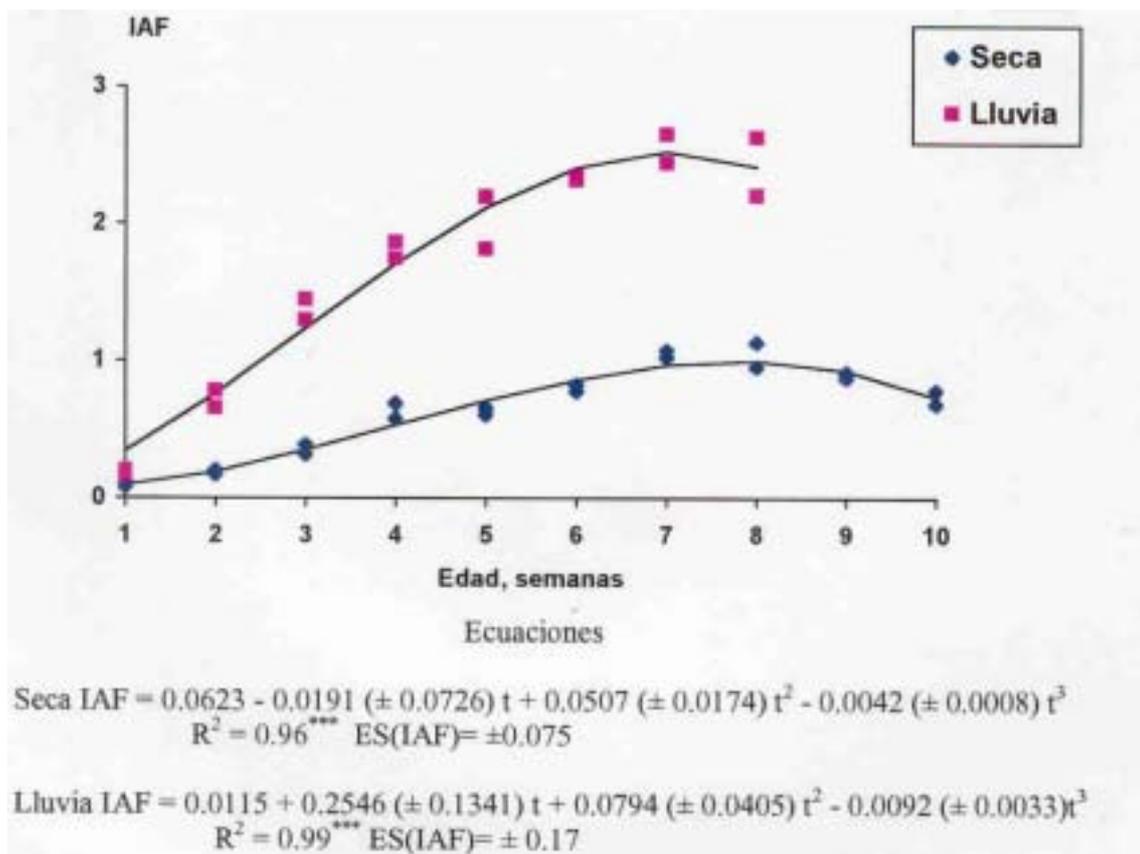


FIGURA IV-9: DINÁMICA DEL ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR CON RESPECTO A LA EDAD DE REBROTE EN EL PASTO ESTRELLA EXPLOTADO CON UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

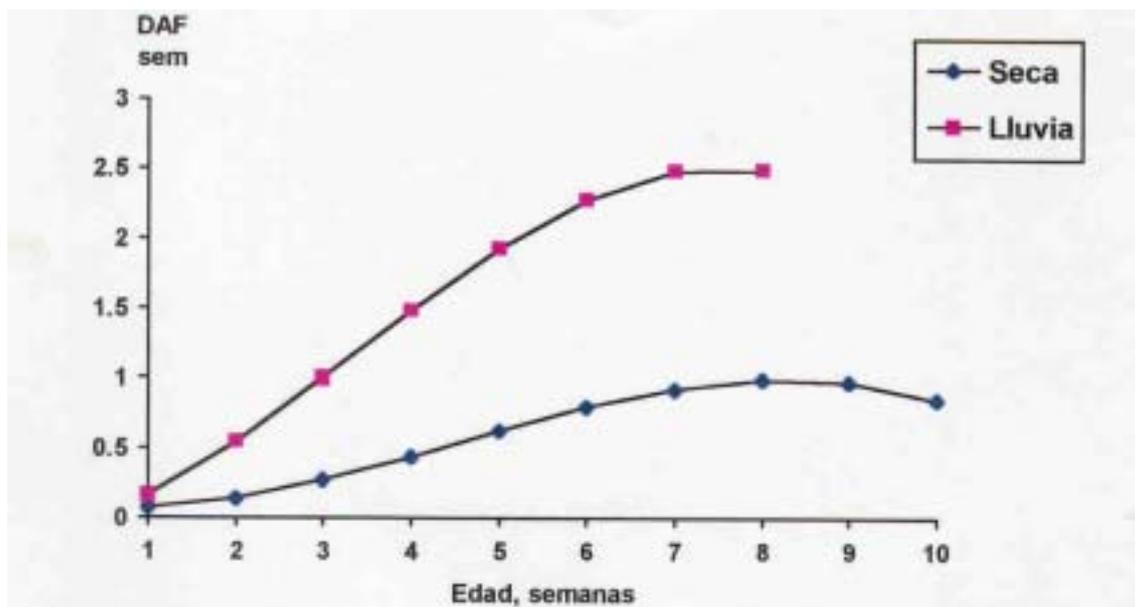
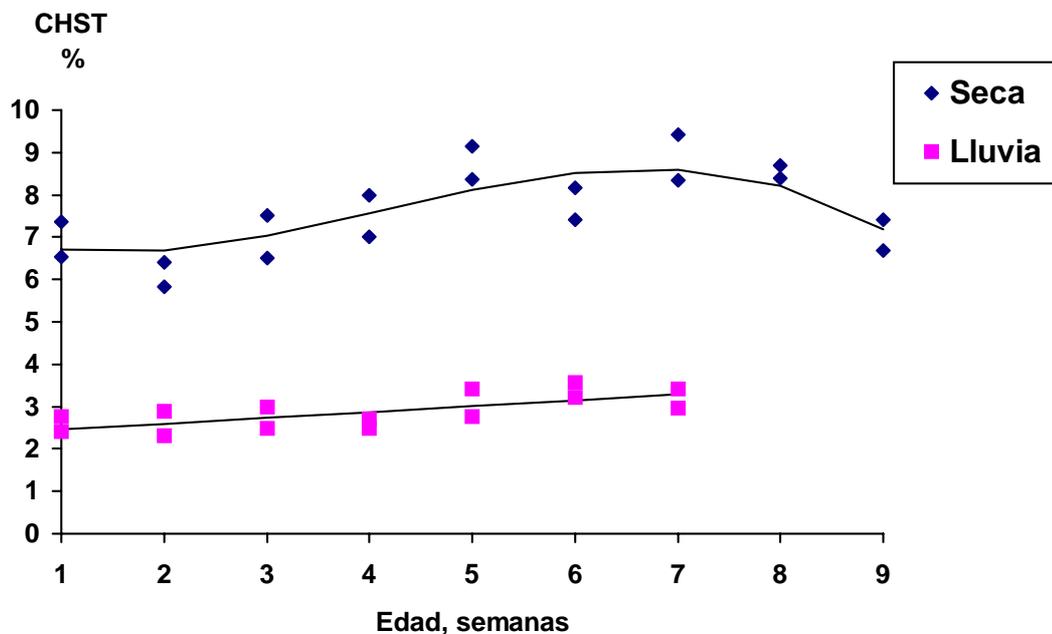


FIGURA IV-10: VARIACIÓN DE LA DURACIÓN DEL ÁREA FOLIAR CON LA EDAD DE REBROTE CON EL PASTO ESTRELLA EXPLOTADO CON UNA ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.



Ecuaciones

$$\text{Seca CHST (\%)} = 7.235 - 0.843 (\pm 0.720) t + 0.341 (\pm 0.185) t^2 - 0.030 (\pm 0.012) t^3$$

$$R^2 = 0.53^{***} \quad \text{ES(CHST)} = \pm 0.65$$

$$\text{Lluvia CHST (\%)} = 2.323 + 0.135 (\pm 0.031) t$$

$$R^2 = 0.57^{***} \quad \text{ES(CHST)} = \pm 0.38$$

FIGURA IV-14: EFECTO DE LA EDAD DE REBROTE EN EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS SOLUBLES TOTALES (CHST %) EN EL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

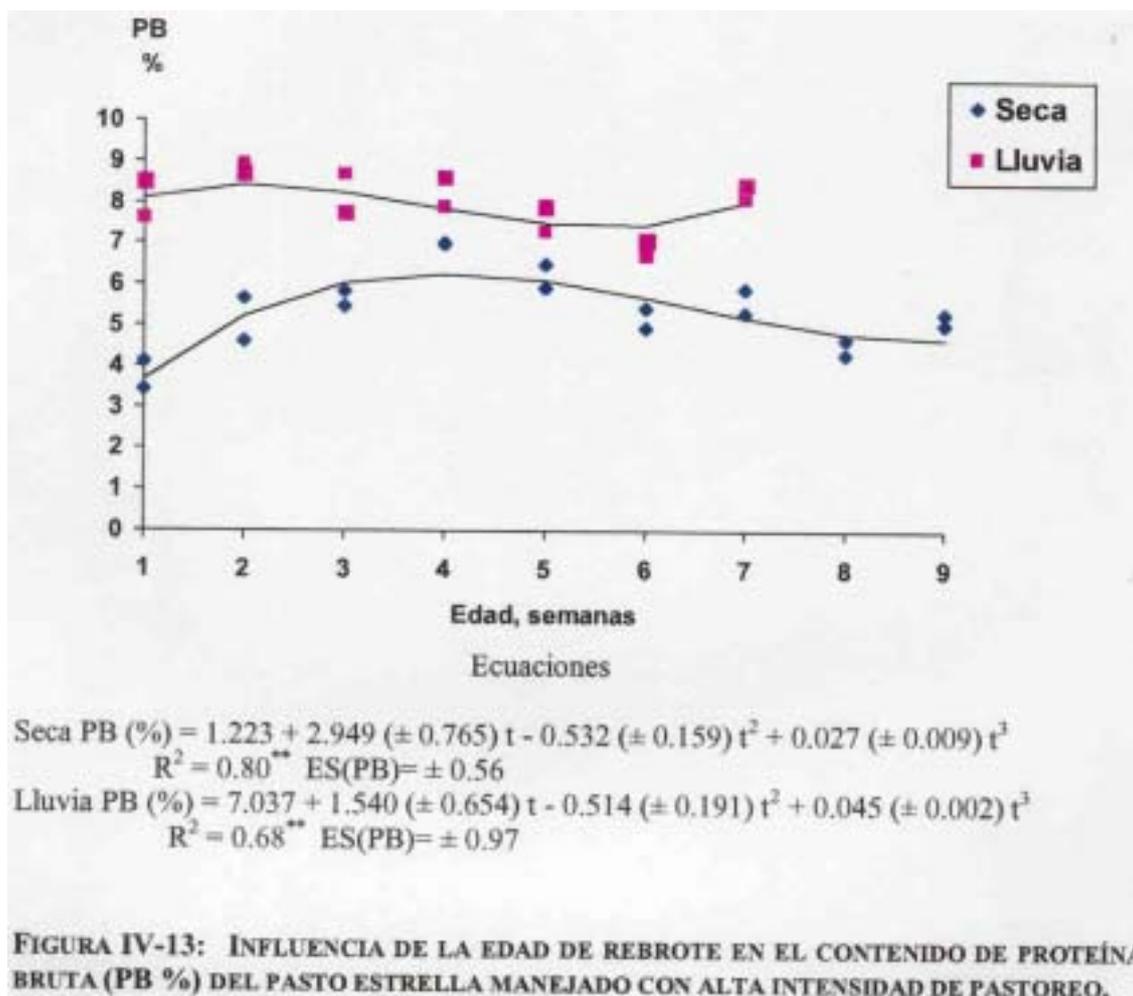


TABLA IV-7: FLUCTUACIONES EN EL CONTENIDO DE FIBRA BRUTA Y LA DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL PASTO ESTRELLA MANEJADO CON ALTA INTENSIDAD DE PASTOREO.

<i>Edad de rebrote, sem</i>	<i>Fibra Bruta, %</i>		<i>Digest. Materia Orgánica, %</i>	
	<i>Secca</i>	<i>Lluvia</i>	<i>Secca</i>	<i>Lluvia</i>
1	39.82 ^a	31.03 ^{bc}	45.54 ^c	62.07 ^c
3	35.43 ^{bc}	30.65 ^c	50.55 ^b	66.18 ^a
5	34.26 ^c	34.43 ^a	53.51 ^a	65.53 ^a
7	34.74 ^{bc}	32.06 ^{ab}	55.00 ^a	63.47 ^b
9	35.98 ^b	-	52.00 ^{ab}	-
ES±	0.45 ^{***}	0.41 [*]	0.68 ^{***}	0.29 ^{***}

a,b,c Valores con letras no comunes dentro de cada columna difieren a $P < 0.05$ (Duncan, 1955)

* $p < 0.05$. *** $p < 0.001$