

BASES ECOFISIOLÓGICAS PARA EL MANEJO DE LOS PASTOS TROPICALES

Pedro Pablo del Pozo Rodríguez. 2004. Anuario Nuevo, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.

www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Sistemas de pastoreo](#)

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, en la mayoría de los países de la América tropical, se han presentado problemas de baja productividad en el ganado. Entre las causas fundamentales que lo motivan se encuentran la baja calidad de los pastizales y el alto nivel de degradación que estos poseen, los cuales alcanzan aproximadamente el 50% de la superficie pastable (Serrano y Toledo, 1990 y Botero, 1997).

La actual situación de deterioro de los ecosistemas ganaderos requiere de profundas transformaciones en su explotación, basadas en principios agroecológicos, donde los sistemas ganaderos se consideren como un ecosistema y no como una simple gestión técnico-económica. 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.

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 poco estudiada en las regiones tropicales (Alexandre y Cruz, 1992; Del Pozo, 1998). La mayoría de la información obtenida en este sentido se limita a la representación algebraica de los cambios que se producen en la fitomasa o en los constituyentes químicos en la planta a través del tiempo; en otros casos, se realizan análisis del crecimiento mediante índices empíricos, pero sin penetrar en la esencia de las múltiples y complejas funciones que se desarrollan en las diferentes estructuras morfológicas, ni las relaciones e interrelaciones que se establecen entre el método de explotación y el complejo ambiental, las cuales constituyen factores claves para el desarrollo de prácticas de manejo en los recursos forrajeros.

En el desarrollo del presente tema, se discutirán aspectos ecofisiológicos básicos relacionados con el crecimiento y la calidad de los pastizales en las regiones tropicales y los principales factores ambientales y de manejo que lo afectan.

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES, FISIOLÓGICAS Y BIOQUÍMICAS DE LOS PASTOS TROPICALES. SU RELACIÓN CON EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD

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 vínculo con la respiración. 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.

En las regiones tropicales predomina un amplio número de especies de plantas que poseen vías metabólicas diferentes, como son: las gramíneas tropicales (vía fotosintética, ácido dicarboxílico, C4) y las leguminosas tropicales (vía ácido fosfoglicérico, C3). Además, se ha informado la presencia de híbridos naturales en gramíneas que poseen comportamientos intermedios (C3/C4) (Atkin, 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, más abundante 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. Las vías bioquímicas a través de las cuales estas especies realizan la fotosíntesis también presentan diferencias. En las células del mesófilo 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 gliceraldehído 3-fosfato (GAP), compuesto de alto nivel energético y punto de partida para la síntesis de hexosas, de las cuales una parte son empleadas para la regeneración de la RUBISCO, (Ciclo de Calvin-Benson).

En las plantas C4 tiene lugar una primera fijación del CO₂ mediante la enzima fosfoenol-pirúvico-carboxilasa (PEPC) en ácidos dicarboxílicos tetracarboxilados en las células del mesófilo, el cual es transportado hacia las células de los haces vasculares (Sistema de bombeo), donde tiene lugar la descarboxilación, concentración del CO₂ y una fijación vía ciclo de Calvin-Benson (figura 1). Los carbonos restantes (alanina o pirúvico) regresan al mesófi-

lo, donde se completa su conversión en molécula aceptora primaria (PEPC). A esta distribución funcional entre los dos tipos de células se le denomina fotosíntesis cooperativa (Jiménez, 1996). Existen tres grupos de subtipos metabólicos a los que se les nombra según la enzima que cataliza la descarboxilación (NADP-enzima málico, NAD-enzima málico y PEP-carboxiquinasa). En ellos 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 posee este grupo de plantas son la alta afinidad de la enzima PEPC por el CO₂ 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 O₂ atmosférico y respondan de forma positiva al aumento de la concentración de CO₂ atmosférico, 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 C3 la actividad de la RUBISCO es dependiente de las concentraciones relativas de CO₂ y O₂ atmosférico. Cuando las concentraciones de CO₂ en el aire son normales, la relación CO₂/O₂ en el sitio de la RUBISCO durante la fotosíntesis máxima es, aproximadamente, 0.025 y con este valor la relación de la actividad carboxilasa a oxigenasa es de 2.5. Esto da una tasa de pérdida de CO₂ por fotorespiración equivalente a un 20% de la tasa de asimilación bruta fotosintética. Cuando la concentración de CO₂ es 10 veces mayor a la normal, se elimina prácticamente la actividad oxigenasa y se reduce la pérdida de CO₂ de la fotosíntesis bruta a menos de un 2% de la asimilación bruta.

A pesar de las ventajas antes señaladas, las plantas C4 requieren de un costo energético (ATP) superior para el desarrollo de la fotosíntesis, aunque existe una amplia variación en los valores entre especies, lo cual puede estar relacionado, en parte, con diferencias metabólicas. No obstante, el balance energético general es superior, debido a que realiza una mayor actividad fotosintética por unidad de superficie foliar. Esta mayor eficiencia fotosintética le confiere a las plantas C4 mayores niveles de crecimiento y producción de masa seca con respecto a las plantas C3, cuyos valores pueden alcanzar hasta 57 g/m²/día y de 85 t MS/há/año, respectivamente, siempre que no existan limitaciones biológicas y las condiciones ambientales sean favorables (tablas 3 y 4). Sin embargo, este potencial no está en correspondencia con los niveles de producción por animal que se alcanza, cuyas razones vienen asociadas a las características anatómicas y morfológicas particulares que poseen, que la hacen menos digestible y con un menor valor de consumo.

Las plantas C4 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, 1993 a). Además, las células del mesófilo que estructuralmente son más digestibles, se encuentran en una menor proporción que en las C3, 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 (Minson y Wilson, 1994).

Recientemente, Moore y Hatfield (1994) señalaron que las gramíneas tropicales (C4) presentan mayor contenido y distribución de la lignina en la matriz de la pared celular a través de toda la planta, la cual se encuentra fuertemente enlazada con la hemicelulosa por medio de varios tipos de enlaces covalentes (Curnu, et al, 1994) que limitan la degradación del resto de los componentes estructurales y, por consiguiente, su digestibilidad. Aunque en las leguminosas el contenido de lignina es superior, su presencia sólo se limita al tejido vascular. Las gramíneas tropicales (C4) presentan una menor concentración de proteína bruta (Nx 6.25) y limitan el consumo voluntario cuando sus tenores no sobrepasan el 7 % de la MS. Las leguminosas tropicales poseen un mayor contenido y mejor balance de aminoácidos. No obstante, entre especies de leguminosas se presentan importantes diferencias en cuanto a la

solubilidad de la proteína (Norton y Poppi, 1995).

Por otra parte, las leguminosas presentan metabolitos secundarios o factores antinutricionales que pueden afectar la digestibilidad, el consumo y la productividad animal e, incluso, provocar desórdenes metabólicos o la muerte cuando éstos no son conocidos. Los principales compuestos presentes en leguminosas tropicales son: glucósidos cianogénicos, mimosina, taninos, cumarinas, alcaloides, lectinas, zaponinas (Chongo, 2000 y Días Sánchez, 2000). En la actualidad, existen resultados que muestran la posibilidad de reducir la presencia de estos compuestos en las plantas.

ALGUNOS FACTORES CLIMÁTICOS QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO Y LA CALIDAD DE LOS PASTOS

Los pastos poseen características fisiológicas y morfológicas propias que le brindan adaptación específica para su crecimiento y calidad. 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.

Temperatura:

Los procesos bioquímicos y fisiológicos básicos relacionados con la síntesis, transporte y degradación de sustancias en las plantas están influenciados por la temperatura, 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, Baruch y Fisher (1991) informaron que en las gramíneas tropicales, el óptimo fotosintético se encuentra entre los 35 y 39 °C, y en las leguminosas entre los 30 y 35 °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, si la humedad no es un factor limitante, 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 acarreado por una reducción en la tasa respiratoria.

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, 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), (Pollock, 1990). Por otra parte, bajo estas condiciones aumenta la tasa transpiratoria y se crea un balance hídrico negativo que reduce la expansión celular y, por consiguiente, el crecimiento.

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 de forma muy marcada 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 asociada 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. Probablemente, esto explique el efecto contrario que ocurre en el contenido de la pared celular del *Paspalum* con el aumento de la temperatura.

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 de forma significativa con este indicador.

En los trabajos desarrollados con otras especies de pastos, se 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/ha/días en condiciones de secano y sin fertilización, pero cuando se aplicaron fertilizantes e irrigación, los rendimientos no sobrepasaron los 24 kg MS/ha/día. En el resto de los meses del año, el crecimiento y producción de los pastos muestran 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. Similares resultados informa Del Pozo, et al (2001) en el *C. nlemfuensis*, los cuales mostraron su crecimiento máximo en el período de mayo a octubre.

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, por lo que la tasa fotosintética de los pastos es una función de la energía disponible. Las plantas C3 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/m²/seg bajo condiciones controladas.

Las plantas C4, por las razones bioquímicas y anatómicas antes explicadas, fotosintetizan más por unidad de radiación absorbida 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 y sólo una parte de ellas alcanza su potencial fotosintético, lo que hace que bajo estas condiciones se logre la saturación lumínica a intensidades superiores.

Por otra parte, bajo condiciones de campo las hojas están orientadas en diferentes direcciones y la intensidad de radiación a la que la mayoría de ellas están expuestas es mucho más baja que cuando se disponen en un plano horizontal y parte de la energía que llega es dispersada por la misma vegetación, a través de la reflexión y trans-

misión. 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, atribuyéndose esto a las disímiles características anatómicas y propiedades ópticas que presentan los follajes en las plantas forrajeras (Sinoquet y Caldwell, 1995).

Además, la arquitectura del césped también modifica la calidad de la luz en su interior, provoca variaciones en las respuestas morfológicas a través de su ciclo de crecimiento, 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. Los días cortos del período invernal, unido a la baja intensidad de radiación, es una de las causas fundamentales de la disminución de la productividad de los pastizales, cuyo 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, de forma muy marcada, su tasa absoluta de crecimiento en los meses donde la duración del día es entre las 10-13 horas (Cruz y Moreno, 1992). 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. 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. 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*, éste disminuyó en 4% cuando los niveles de radiación disminuyeron un 50%. En *Cynodon nlemfuensis*, la reducción de la radiación mejoró en 3.7y 2.32 unidades porcentuales la proteína bruta y el contenido de cenizas, disminuyendo en 4.53 los componentes estructurales (Del Pozo y Jeréz, 1999). Por su parte, Pentón y Blanco (1997) y Hernández (2000) 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. Pezo e Ibrahim (1999) 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. El agua es un componente esencial en las células de las plantas, casi todos los procesos metabólicos dependen de su presencia; además, se requiere para el mantenimiento de la presión de turgencia, la difusión de solutos en las células y suministra el hidrógeno y oxígeno que están involucrados durante el proceso fotosintético (Lösch, 1995).

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. Si este se prolonga en especies no tolerantes, disminuye la asimilación y traslocación del carbono, produciéndose cambios metabólicos que activan la respiración anaeróbica, lo cual implica una menor eficiencia energética y bioproductividad en las plantas (Baruch, 1994a). 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 (1994b) 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, 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. Entre los efectos más sensibles se destacan: la reducción de la expansión celular motivada por una disminución en la presión de turgencia, cierre estomático, la transpiración y, por ende, la fotosíntesis, aunque en este último con efectos directos en los procesos enzimáticos y transporte electrónico (Antolín y Sánchez-Díaz, 1993), contenido de clorofila y la estructura de las membranas, las cuales afectan la respiración. El déficit hídrico modifica la partición de la biomasa entre la parte aérea y radicular en las plantas (Baruch, 1994b), disminuye el área foliar y su duración, al tiempo que un incremento en la senescencia y, como resultado, la abscisión de las hojas.

Por otra parte, bajo estas condiciones de estrés se producen importantes cambios metabólicos que en muchas especies se consideran como adaptativos, 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 una disminución en la velocidad de síntesis del RNA (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 este sentido, podemos plantear 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.

Por su parte, 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, depende de múltiples factores que están asociados al ambiente, al suelo y la especie de planta. En este sentido, se ha señalado en la literatura que el crecimiento de los pastos es una función de la humedad disponible en el suelo y que éste, 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.

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 y calidad de los pastos, situación que frecuentemente ocurre en el período poco lluvioso en las regiones tropicales. No obstante, este comportamiento es variable de acuerdo con la región, tanto en cantidad como en su distribución a través del año.

ALGUNOS FACTORES DE MANEJO QUE INFLUYEN EN EL CRECIMIENTO Y CALIDAD 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. Se destacan entre ellos la altura de corte o pastoreo, la carga animal y el tiempo de estancia, entre otros. Todos serán descritos a continuación.

Frecuencia 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. Todos 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, aumentaron 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. 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 coastcross-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, señalando 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 éstas manifiestan un crecimiento rápido desde edades muy tempranas, alcanzando su máxima velocidad a las 4 semanas y su rendimiento máximo a las 20, con valores de 23.0 a 30 t MS/ha, dependiendo de la variedad.

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 y persistencia, y del sistema de manejo empleado en su explotación.

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*, manejado bajo alta intensidad de pastoreo, Del Pozo (1998) 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, señaló que la máxima velocidad de crecimiento se registró en la 3 y 4 semanas, con valores de 0.599 y 0.243 t MS/há/ semana en lluvia y seca, respectivamente.

El aumento de la edad de rebrote provoca cambios significativos en los componentes solubles, estructurales y la digestibilidad de los pastos, lo cual hace que su valor nutritivo disminuya con el avance de la edad, cuya tasa de reducción es mayor en las gramíneas que en las leguminosas. Es oportuno señalar que bajo condiciones de pastoreo estos cambios en el tiempo se producen de forma diferente, estando relacionado directamente con la cantidad y composición estructural del material residual después del pastoreo y a través del período de crecimiento.

Independientemente de que los tallos jóvenes contienen altas concentraciones de fracciones solubles y su digestibilidad puede ser igual o superior a las hojas, la calidad se reduce más rápidamente con el aumento de la madurez de la planta. Sin embargo, su utilización a edades tempranas también provoca efectos negativos no sólo por la baja concentración de materia seca y nutrientes, 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.

Teniendo en cuenta 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.

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 intercepción de la luz, con respuestas diferentes en cada especie de acuerdo con el manejo impuesto.

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*, se señaló 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 han reportado comportamientos similares. No obstante, Mislevy y Pate (1996) y Del Pozo (1998) señalaron que éstas 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.

Algunos autores discrepan 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. No obstante, consideramos que se debe continuar investigando en este sentido, ya que las respuestas pueden ser variables en dependencia de la(s) especie(s) y el manejo a que sea sometido el pastizal.

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 basados en pastos, la carga animal es la variable más importante en el manejo que determina la productividad por animal y por área (Jones y Sandland, 1974.). 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 fisiología.

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, nivel de oferta de pasto y la cantidad de animales que pastan simultáneamente durante una ocupación. Ello obedece a la relación que éstas 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. 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 / ha) 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) hallaron 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 encontraron Chacón-Moreno, et al (1995) en *Panicum maximun*. Maraschin (1996) señaló que los efectos de la defoliación en la fotosíntesis, fijación de carbono y translocación y empleo de los carbohidratos de reserva son de carácter transitorio, cuya duración en *Cynodon dactylon* puede alcanzar hasta 7 días. En *Cynodon nlenfuensis*, Del Pozo (1998) encontró que la dinámica de utilización de las reservas de carbono y su capacidad fotosintética en la planta varió en dependencia del grado de intensidad de pastoreo con que fue manejado el pastizal.

Lemarie y Chapman (1996) argumentaron 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, registrando los mayores contenidos de nutrientes 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.

En Cuba, 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.

Con respecto 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 aparecen en los experimentos en producción de leche, fundamentalmente en estudios de sistemas de pastoreo. Semejantes resultados bajo las condiciones de Cuba, 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 mismo 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.

CONSIDERACIONES FINALES

Las características anatómo-fisiológicas que poseen las gramíneas y leguminosas tropicales le confieren adaptación y elevada potencialidad productiva a los ecosistemas de pastos en nuestras regiones. Aunque discutido, su calidad y digestibilidad pueden llegar a ser óptimos según la especie, las condiciones ambientales y régimen de manejo (fitotécnico y animal) a que son sometidas.

A pesar de que se haya analizado de forma independiente los efectos de los principales elementos climáticos y de manejo en el crecimiento y la calidad de los pastos, éstos actúan de forma conjunta con estrechas relaciones e interrelaciones, en dependencia de la época del año, cuyas respuestas varían con la especie de planta y sistema de explotación.

Es oportuno señalar que en la práctica resulta complejo definir bajo qué frecuencia, intensidad de defoliación o tiempo de ocupación en el pastoreo se debe utilizar en una explotación comercial, debido a que el objetivo de un sistema de manejo es compatibilizar el crecimiento del pasto, las necesidades de los animales y lograr un adecuado flujo de energía y reciclado de nutrimentos en el ecosistema.

Con el conocimiento que en la actualidad se tiene, es posible explicar adecuadamente las variaciones que se producen en la productividad y calidad de los pastizales en las regiones tropicales a través del año, así como diseñar estrategias de manejo que permitan desarrollar sistemas de explotación en los pastos más racionales e intensivos, en correspondencia con las condiciones ecológicas predominantes en nuestros países.

Se debe continuar profundizando en el estudio de la estructura y fisiología de los pastos tropicales con respecto a su adaptación, flujo de masa, tejidos y en especial en el balance energético, bajo condiciones controladas, aspectos aún poco estudiados en nuestras Instituciones Científicas y Universidades, lo cual nos permitirá desarrollar modelos de simulación para optimizar el empleo de los recursos fitogenéticos existentes en la región.

BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- Álvarez, 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.
- 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.
- 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.
- 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. 1994a. Response to drought and flooding in tropical forage grasses. II. Leaf water potencial, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. *Plant and Soil*. 164: 97 - 105.
- Baruch, Z. 1994b. 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.
- 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
- Botero, R. 1997. Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en los suelos ácidos tropicales. III Seminario sobre manejo y utilización de pastos y forrajes. UNELLE. pp 1-14.
- 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.
- 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.
- Chongo Berta 2000. Aspectos fisiológicos de la utilización de leguminosas tropicales para la producción de leche. En Utilización de los pastos. Curso Pos congreso. VII Congreso Panamericano de la Leche. FEPALE. Palacio de la Conversiones, Cuba. pp 44-56.
- 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.
- Del Pozo P.P. 1998. Análisis del crecimiento del pasto Estrella (*Cynodon nlemfuensis*) bajo condiciones de corte y pastoreo. (Tesis de Doctorado). La Habana: ICA, UNAH,

- 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.
- Del Pozo, P.P., Herrera, R.S., García M., Ana M. Cruz y Aida Romero. 2001.-Análisis del crecimiento y desarrollo del pasto estrella con y sin adición de fertilizante nitrogenado. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35(1):51-58.
- Del Pozo P.P. y Jeréz I. 1999. Experiencias en la implementación de un módulo silvopastoril en una unidad de producción de leche en Cuba. Primer Congreso Latino Americano de Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali, Colombia 28 al 30 de Octubre 1999.
- Días Sánchez M. Felicia. 2000.- Producción y caracterización de forrajes y granos para la alimentación animal (Tesis de Doctorado). La Habana: ICA, UNAH, 100p.
- Escobedo, J.O., Ramírez, L. y Armendariz, I. 1992. Frecuencia de corte y valor nutritivo del Pasto Guinea (*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.
- 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.
- Hatch, M.D. 1992. C4. Photosynthesis: An unlikely process full surprise. *Plant Cell Physiology*, 33(4): 333-342.
- Hernández. I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. (Tesis de Doctorado). La Habana: ICA, EEPF "Indio Hatuey", 2000.
- Herrera, J.P. 1984. Régimen de riego de algunas gramíneas forrajeras en la región occidental de Cuba. Tesis, ICA, ISCAH. La Habana (Tesis de Doctorado en Ciencias) 246p.
- Jiménez, 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.
- Jones, R.J. and Sandland, R. L. 1974. The relation between animal gain and stocking rate. Derivation of the relation from the resultats of grazing trials. *J. Agric. Sci. Camb.* 83, 335- 342.
- Keulen, H. 1987. Forecasting and estimating effects of weather on yield En: *Plant growth modeling for resource management. Current models and methods*, University of Illionis, Boca de Ratón, Florida. pp 105-106.
- Lemaire, G. Y Chapman, D. 1996. Tissue flows in grassed plant communities. Part I: Plants and Plants populations. En: *The ecology and management of grazing systems*. Edited by Hodgson and A. W. Illius, CAB INTERNATIONAL Wallingford. Pp3-36.
- Lösch, R. 1995. Plant water relations. En: *Physiology. Progress in Botany*. V 56 Springer Forlag Berlin 56: 55- 96.
- 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.
- 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.
- Mesa, A. 1996. Fotosíntesis. En: *Fundamentos de la producción de pastos*. Maestría. Pastos y Forrajes EEPF Indio Hatuey. Univ. Matanzas. 10 p.
- Manson, 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. Establishment, management and utilization of *Cynodon* grasses

[Volver a: Sistemas de pastoreo](#)