

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Pablo Antonio Cuesta Muñoz¹

ABSTRACT

Title: Fundamentals of pasture management to improve productivity of cattle production systems in Colombia

Forage species are the foundation of cattle production systems in Colombia, being the only source of animal feed in most cattle operations year round, since climatic conditions support forage production and grazing during most of the year; however, feeding ruminants with grains or agroindustrial byproducts is impractical under most circumstances, due to the high cost and low offer of these materials in the market. Grazing management is probably the most poorly understood issue in most pastures. In fact, overgrazing and undergrazing are frequently carried out within the same year, which severely reduce animal productivity and forage persistence, thus leading to a rapid degradation of the pastures. This article presents a review of the main physiological responses of pastures under grazing, including an analysis of the animal effects in the forage plants and in the soil. The main defoliation response mechanisms are also reviewed, the role of organic reserves, meristems and residual leaf area, as well as grazing management of the pastures, as influenced by frequency and intensity of defoliation, which in turn affect botanical composition, forage productivity, nutritive value and persistence of the pasture. Finally, a brief discussion of pasture productivity evaluation, animal production and response variables under grazing are also presented.

Additional key words: Pasture management, frequency and intensity of grazing, defoliation, organic reserves, meristems, leaf area, botanical composition, overgrazing, undergrazing, degraded pastures, nutritive value, animal production.

Recibido: marzo 8 de 2005.
Aceptado: mayo 2 de 2005.

1. Zootecnista, Ph.D. Investigador Principal, Programa de Fisiología y Nutrición Animal. Coordinador Área Temática de Recursos Forrajeros, Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería Bovina Colombiana. C.I. Tibaitatá. A.A. 240142 Las Palmas. Bogotá, e-mail: pcuesta@corpoica.org.co

Fundamentos de manejo de praderas para mejorar la productividad de la ganadería del trópico colombiano

RESUMEN

Las especies forrajeras constituyen la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia; en la mayoría de las explotaciones son el único alimento debido a las condiciones climáticas favorables para la producción de forraje a través del año y a lo poco práctico que resulta alimentar rumiantes con granos o subproductos agroindustriales, debido al alto costo y la baja oferta de estos recursos en el mercado nacional. El manejo del pastoreo es el aspecto menos entendido en las explotaciones y ocurren con frecuencia eventos de sobrepastoreo y subpastoreo a lo largo de un mismo año, con reducciones drásticas en la producción animal y en la persistencia del pasto, lo que conduce a una degradación rápida de las praderas. En este artículo se revisan las principales respuestas fisiológicas de las praderas en pastoreo y se incluye un análisis de los efectos del animal sobre las plantas y el suelo. Así mismo, se compendian los mecanismos de respuesta a la defoliación, el papel de las reservas orgánicas, de los meristemos y del área foliar residual, al igual que el manejo del pastoreo, con sus variables de frecuencia e intensidad de la defoliación y su efecto sobre la composición botánica, el valor nutritivo y la producción de forraje de la pradera. Finalmente, se analiza brevemente la productividad de las praderas, la producción animal y las variables de respuesta bajo pastoreo.

Palabras clave adicionales: Manejo del pastoreo, frecuencia e intensidad del pastoreo, defoliación, reservas orgánicas, meristemos, área foliar, sobrepastoreo, subpastoreo, praderas degradadas, valor nutritivo, producción animal.

INTRODUCCIÓN

LAS ESPECIES FORRAJERAS SON la principal fuente de alimentación de los bovinos en Colombia, en gran parte por las condiciones climáticas que favorecen una producción continua a través del año; a esta situación contribuyen una disponibilidad baja y un costo alto de los granos y subproductos agroindustriales que sirven como fuentes de alimento para rumiantes. Por ello, la productividad de la ganadería colombiana depende en gran medida de la habilidad del productor para manejar adecuadamente sus praderas, lo que incluye una aplicación oportuna y adecuada de los nutrientes extraídos por el animal, junto con un pastoreo eficiente del forraje producido, con la periodicidad y grado de consumo que favorezcan la rápida recuperación de las praderas a fin de mantener una producción sostenida de forraje a través del año.

Para alcanzar este propósito se requiere desarrollar e implementar prácticas más eficientes de manejo de los diferentes recursos del sistema productivo (suelo, agua, insumos, forrajes y cargas animales) y aplicar la información tecnológica disponible con el objetivo de maximizar los ren-

dimientos y la calidad nutritiva del forraje a través del año, lo que contribuye a mejorar la productividad de las explotaciones bovinas en forma competitiva y sostenible.

Los anteriores conceptos han sido poco utilizados y difundidos en los sistemas productivos, lo que explica en buena parte la baja productividad animal asociada con las prácticas del sobrepastoreo y el subpastoreo, las cuales se presentan de manera alternada en las explotaciones ganaderas en un mismo año y en la vida productiva de las praderas, lo que conduce a su rápida degradación (Figura 1).

La aplicación de tecnologías de manejo apropiadas contribuirá a mejorar la eficiencia productiva de los sistemas ganaderos del país y a satisfacer las demandas de los consumidores en términos de calidad y precios de los productos animales. Un plan de manejo de praderas debe proponerse, entre otras, las siguientes metas:

- Altos rendimientos y calidad nutritiva del forraje por unidad de área a través del año.
- Alta eficiencia de consumo del forraje producido.

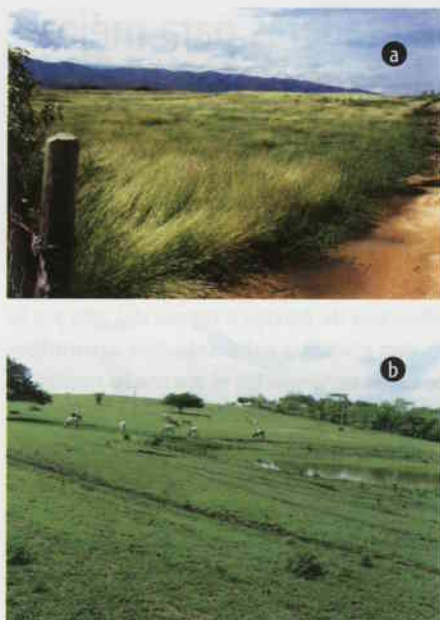


Figura 1. Manejo de praderas de Colosua (*Botriochloa pertusa*) en el trópico bajo: a) pradera subpastoreada en el Valle del Alto Magdalena; b) pradera sobrepastoreada en las Sabanas colinadas de Sucre.

- Buena persistencia de las especies forrajeras en la pradera.
- Alta productividad por animal y por hectárea.
- Mejora del balance económico del sistema productivo (relación beneficio/costo).

Este artículo presenta una revisión de la respuesta fisiológica de las especies forrajeras al pastoreo, iniciando con los parámetros que definen la defoliación y un análisis de los principales mecanismos de recuperación de las plantas forrajeras después del pastoreo (reservas orgánicas, área foliar y meristemas). Así mismo, se abordan aspectos relacionados con el manejo del pastoreo, tales como muestreo del forraje y cargas animales. Un buen entendimiento y manejo de estos conceptos es esencial para mejorar la eficiencia en el uso de los recursos forrajeros e incrementar así la persistencia de las praderas y la productividad de los sistemas ganaderos en Colombia.

FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS PRADERAS

La productividad de las praderas está determinada principalmente por la defoliación y por los nutrientes de reserva acumulados por las especies forrajeras

de la pradera, por lo que la actividad fotosintética se debe promover después del pastoreo.

La defoliación

Se considera como el principal efecto de los animales en la pradera y se define como la remoción de las partes aéreas de la planta llevada a cabo por el animal en pastoreo o por cualquier medio (implementos mecánicos, fuego,

otros seres vivos, etc.). La defoliación no puede ser simulada por ningún sistema de cosecha o corte de las plantas en la pradera, puesto que el animal en pastoreo consume el forraje de manera irregular, tanto en el plano horizontal como en el vertical, cosechando más forraje en unos sitios que en otros, e igualmente rechazando selectivamente el forraje en algunas zonas de la pradera.

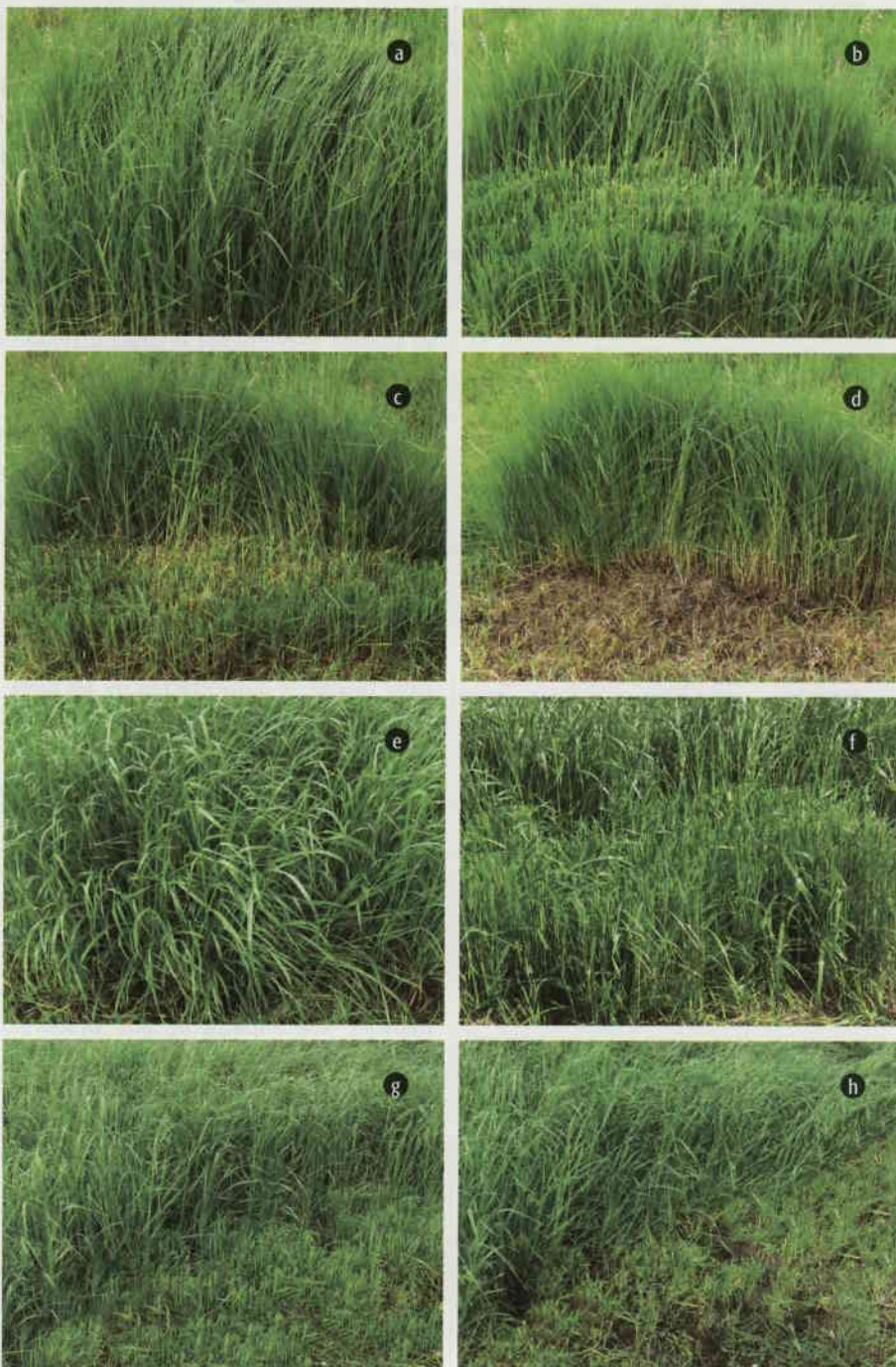


Figura 2. Diferentes grados de defoliación en praderas de trópico alto. Pradera de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*): a) antes del pastoreo; b) subpastoreada; c) pastoreo apropiado; d) sobrepastoreada. Pradera de Ryegrass (*Lolium perenne*): e) antes del pastoreo; f) subpastoreada; g) pastoreo apropiado; h) sobrepastoreada.



Figura 3. Praderas de pasto Angleton (*Dichanthium aristatum*): a) sobrepastoreada y b) subpastoreada: nótese el "acolchonamiento" del pasto y la abundancia de tallos sobremaduros y material seco.

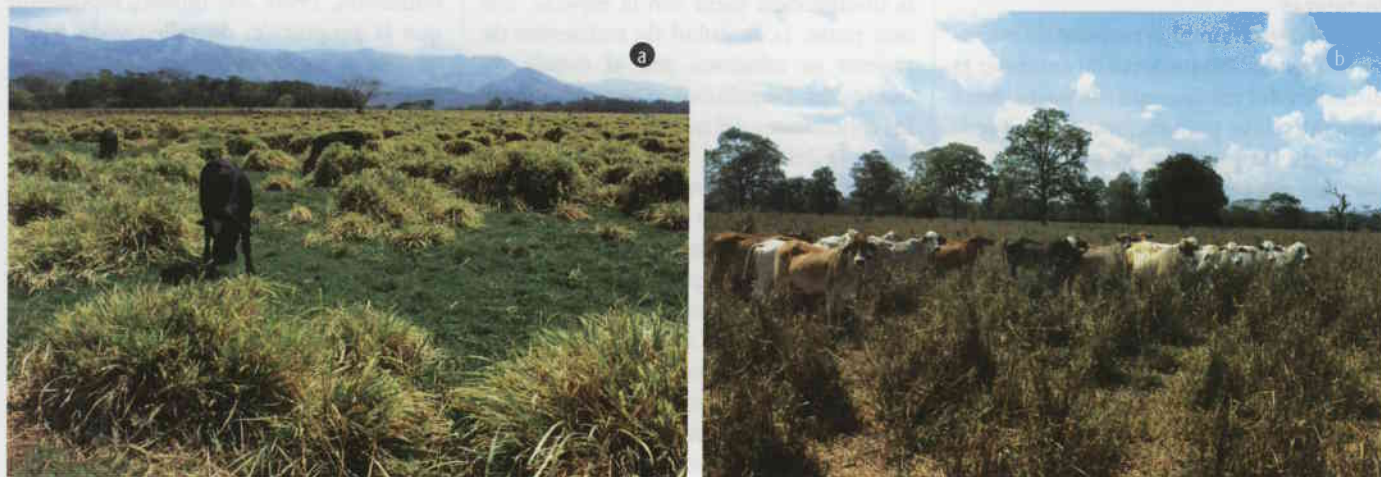


Figura 4. Praderas degradadas de pasto Guinea en el trópico bajo: a) pasto Tanzania (*Panicum sp.*) y b) pasto Guinea común (*Panicum maximum*): nótese la alta proporción de tallos sobremaduros y la baja densidad de plantas en la pradera.

Harris (1978) define la defoliación a través de tres parámetros: intensidad, frecuencia y tiempo: la intensidad corresponde a la proporción del forraje removido en la defoliación (Figura 2); la frecuencia se refiere al intervalo de tiempo entre defoliaciones; y el tiempo se relaciona con la época del año o el estado de desarrollo en que la pradera es defoliada.

Efectos de la defoliación. En general, al incrementar la frecuencia e intensidad de la defoliación, la producción de materia seca en la pradera se reduce por las siguientes causas: a) disminución en la intercepción de luz por parte de los tejidos fotosintéticamente activos; b) agotamiento de los nutrientes de reserva; c) reducción en la absorción de nutrientes y de agua por la planta; y d) remoción o daño de los meristemos apicales. La importancia relativa de estos factores se relaciona con factores del medio ambiente y de la pradera (Harris, 1978).

Se ha demostrado que las defoliaciones intensas y frecuentes reducen la can-

tidad de raíces de las plantas forrajeras en las praderas (Buwai y Trlica, 1977). Además, como consecuencia de la defoliación, también disminuye la absorción de agua y de nutrientes al reducirse la elongación de las raíces (Buwai y Trlica, 1977 y Harris, 1978).

Un sistema ideal de manejo de la pradera buscará un balance apropiado entre la cantidad y la calidad de forraje que se ofrece al animal; así, una frecuencia baja de defoliación (pastoreo) favorece la acumulación de forraje y la supervivencia de la planta, lo que va en detrimento de la digestibilidad y de la concentración de proteína (Holt y Conrad, 1986; Monson y Burton, 1982 y Motazedian y Charrow, 1990).

Susceptibilidad a la defoliación. La susceptibilidad de las plantas forrajeras a la defoliación está determinada por la ubicación de los puntos de crecimiento (Gomide *et al.*, 1979); por su parte, Harris (1978) indica que la adaptación de las plantas forrajeras a la defoliación es mayor en aquellas que poseen puntos

de crecimiento próximos a la superficie del suelo, dado que sus macollas y hojas continúan creciendo después de la defoliación. Es por ello que las especies forrajeras con desarrollo estolonífero o rizomatoso toleran defoliaciones frecuentes y a ras, especialmente si cuentan con abundantes reservas orgánicas (Weinmann, 1961), siendo este el caso de gramíneas como *P. clandestinum*, *B. decumbens*, *B. humidicola* y *Cynodon spp.*, y de leguminosas estoloníferas como *Arachis pinto* y *Trifolium repens*; mientras que, en especies de crecimiento cespitoso como *Panicum maximum*, *H. rufa*, *Lolium sp.*, *D. glomerata* y *T. pratense*, los meristemos apicales suelen quedar expuestos a la defoliación (Figuras 3 y 4).

Efecto de la defoliación en los meristemos. La fase de elongación de los tallos en las gramíneas tropicales suele ocurrir al inicio de la fase de crecimiento vegetativo, por lo que los meristemos apicales quedan expuestos a la defoliación (Booyesen *et al.*, 1980). Las defoliaciones por debajo de los meristemos apicales detienen la

elongación de los tallos y la emergencia de nuevas hojas se retrasa hasta que se forman nuevos tallos provenientes de las yemas basales de la planta (Humphreys, 1966), respuestas que están directamente relacionadas con el número y la actividad de las yemas axilares (Harris, 1978). Por otra parte, la mayoría de las yemas axilares basales frecuentemente están inactivas o no funcionan después de la defoliación, pues por efecto de la sombra permanecen en estado de dormancia o pierden viabilidad por lignificación de sus tejidos.

Reservas orgánicas en las especies forrajeras

Para definir un plan racional de manejo del pastoreo es importante entender la dinámica del crecimiento del pasto como elemento clave para mejorar la productividad de las praderas. Las raíces de las plantas extraen agua y nutrientes del suelo, mientras el follaje (hojas y tallos verdes) toma la energía solar y la utiliza para sintetizar los nutrientes que requiere la planta; en tanto que el resto de la energía generada en el proceso se almacena bajo la forma de carbohidratos en las raíces, en los estolones, en los rizomas o en las bases de los tallos, según el tipo de planta. Esta energía puede ser utilizada para reiniciar el crecimiento después del pastoreo o para superar condiciones de estrés climático. Por esta razón las plantas forrajeras deben ser pastoreadas con una frecuencia y grado de defoliación tales que les permita producir y acumular carbohidratos de reserva para mantener un buen estado sanitario y un vigor de crecimiento óptimo (Emmick y Fox, 1993).

Las reservas orgánicas son el mecanismo que poseen las plantas forrajeras para activar el rebrote, asegurar su persistencia y mantener su producción. Estas reservas están constituidas principalmente por carbohidratos y compuestos nitrogenados orgánicos y son usadas por la planta como sustratos para su mantenimiento y para la formación de biomasa aérea y subterránea en los períodos de estrés. La mayor proporción de reservas de la planta está constituida por carbohidratos no estructurales, lo que incluye azúcares reductores (glucosa, fructosa), azúcares no reductores (sucrosa), fructosanos y almidones (Smith, 1973). Los compuestos nitrogenados incluyen proteínas, aminos y amino ácidos (Davidson y Milthorpe, 1966; Ourry *et al.* 1988; Ourry *et al.*

1989; Smith, 1973). Los pastos tropicales acumulan almidones y a veces sucrosa, mientras los de la zona templada, fructosanos y en menor proporción sucrosa (Sheard, 1973).

En las gramíneas perennes los principales órganos para el almacenamiento de reservas orgánicas son la base de los tallos, los estolones, los rizomas y la corona (Deregibus *et al.*, 1982; Smith, 1973), en tanto que en las plantas dicotiledóneas como la alfalfa, que posee raíces pivotantes bien desarrolladas, los nutrientes de reserva se almacenan en las raíces. Las reservas orgánicas cambian estacional y diariamente, mientras la distribución varía con la especie. Por otra parte, la cantidad de nutrientes de reserva se relaciona con el estado de desarrollo (vegetativo o reproductivo), las condiciones del medio ambiente y del suelo, la defoliación, la nutrición mineral de la planta y la época del año (Smith, 1973). Defoliaciones frecuentes reducen la concentración de carbohidratos no estructurales en las plantas forrajeras.

Una vez la planta es defoliada, los metabolitos para el desarrollo de rebrotes y de raíces pueden provenir de la fotosíntesis o de las reservas orgánicas de la planta. En este sentido, y cuando la defoliación es total, se requieren altos niveles de reservas orgánicas para el proceso inicial de formación de rebrotes de las gramíneas (Deregibus *et al.*, 1982; Harris, 1978). Cuando las hojas de la planta han sido completamente removidas, el nivel de reservas orgánicas de la planta es crítico para el inicio del rebrote en las gramíneas (Booyesen y Nelson, 1975; Harris, 1978; Vickery, 1981). Por tanto, los nutrientes de reserva cumplen un importante rol en los primeros días después de la defoliación, a partir de los cuales el crecimiento de la planta depende de otros factores como el índice de área foliar y la absorción de nutrientes del suelo (Davidson y Milthorpe, 1966; Davis, 1965).

La intensidad de la defoliación se relaciona con el número de animales y la duración del pastoreo, y puede determinarse estimando la proporción de forraje removido en cada período de pastoreo. La tasa de crecimiento del pasto se reduce si aumenta la frecuencia de los pastoreos y la intensidad de la defoliación; igualmente se reduce si la pradera se somete a pastoreos de baja frecuencia (Bryan *et al.*, 2000).

Un estudio efectuado en praderas de kikuyo (Fulkerson *et al.*, 1999) concluyó

que en los períodos de mayor crecimiento del pasto, las vacas en producción de leche deben ingresar a la pradera cuando el kikuyo tiene entre 3 y 4 hojas/tallo y efectuar el pastoreo hasta una altura de 6 cm; en tanto que, en las épocas de menor crecimiento, el pastoreo se debe efectuar cuando el kikuyo posee entre 5 y 6 hojas/tallo y hasta la misma altura. Por otra parte, indicaron que si la defoliación se realiza cuando la planta posee 2 hojas/tallo totalmente expandidas se afecta el rebrote del pasto (Fulkerson y Slack, 1995), puesto que en este estado la planta no ha alcanzado a recuperar el nivel de carbohidratos de reserva (Donaghy y Fulkerson, 1998). Así mismo, reportaron que la proporción de tallos y de tejido muerto se incrementó significativamente al aumentar la frecuencia de la defoliación.

Efecto de la fertilización nitrogenada en los nutrientes de reserva. En suelos deficientes en N la aplicación de este nutriente en dosis bajas puede incrementar el área foliar, la concentración de clorofila y la tasa de fotosíntesis y, como resultado de ello, promover la acumulación de reservas (White, 1973); mientras que, dosis altas de N promueven el crecimiento y desarrollo de rebrotes y estimulan la síntesis de aminoácidos y amidas, por lo cual, la mayoría de carbohidratos disponibles pueden ser utilizados como esqueletos de carbono para la síntesis de proteína e inhiben la acumulación de reservas de la planta (Brown y Blazer, 1965; White, 1973). Finalmente, excesos de N, junto con altas temperaturas y frecuente e intensa defoliación, causan deterioro de la pradera por reducción de la tasa de crecimiento y agotamiento de las reservas de carbohidratos (Harris, 1978).

Función de las reservas orgánicas en la persistencia. Los nutrientes de reserva cumplen un importante rol en la persistencia de las especies forrajeras bajo condiciones de estrés; al respecto, Harris (1978) indica que su contribución es aún más crítica en condiciones climáticas extremas tales como altas temperaturas y sequía, pues el crecimiento de la vegetación se puede retrasar considerablemente si las plantas no cuentan con niveles adecuados. Así, el tamaño del pool de reservas al final de la época de crecimiento juega un papel clave en la sobrevivencia y persistencia de las plantas forrajeras. Por otra parte, cuando

la planta queda con algún remanente de tejido fotosintético, es menos probable su dependencia de los nutrientes de reserva para el rebrote (Richards y Caldwell, 1985; Ryle y Powell, 1975; Ward y Blazer, 1961). Es evidente que, tanto los carbohidratos de reserva como el área foliar, determinan el potencial de rebrote.

Requerimientos de las plantas después del pastoreo. Para obtener altos rendimientos de forraje después del pastoreo es importante que las plantas dispongan de niveles adecuados de nutrientes de reserva y que el área foliar residual favorezca una buena acción fotosintética. Así mismo, la planta debe contar con un buen número de puntos de crecimiento (yemas), aspectos que en su conjunto contribuyen a un rebrote rápido y vigoroso.

En lo referente al animal es importante considerar aspectos tales como la cantidad de forraje y su calidad nutritiva, los cuales deben satisfacer los requerimientos según su estado fisiológico y potencial productivo, factores en gran parte determinados por el sistema de producción.

Fotosíntesis de especies forrajeras en las praderas

Las praderas cuentan con los elementos necesarios para convertir de manera eficaz la energía solar incidente en las plantas, el CO₂ atmosférico, los minerales y el agua en nutrientes para el animal (Ludlow, 1985). Hay varios factores que afectan la tasa de fotosíntesis en las plantas forrajeras, tales como la luz, el agua, el O₂ atmosférico y la concentración de CO₂, la temperatura y los minerales, al igual que la edad y el potencial genético de la planta.

La eficiencia del proceso fotosintético depende en gran parte del área foliar expuesta a la radiación incidente; esto es, depende del tamaño, la forma, la posición y la estructura del *canopy*. Con base en estos elementos se introduce el concepto de índice de área foliar (IAF), que es la relación entre el área de las hojas de la planta y el área de suelo que ellas ocupan (Watson, 1947).

Después de una defoliación severa de la pradera, las hojas jóvenes usualmente se expanden cuando la intensidad lumínica es alta, puesto que no tienen el sombrero de las hojas mayores y por ello pueden exhibir una respuesta fotosintética apropiada (Wilson, 1973). Las hojas que se desarrollan bajo una intensidad lumínica alta suelen ser más gruesas

que las que se desarrollan en la sombra, puesto que poseen células en empalizada de mayor tamaño (Salisbury y Ross, 1985). La capacidad fotosintética de una pradera se relaciona directamente con factores como el área foliar, el ángulo de inserción de las hojas en el tallo y la arquitectura de las plantas, aspectos de suma importancia para la intercepción de luz (Woledge y Leafe, 1976).

Entre los factores que afectan la capacidad fotosintética de una pradera después de la defoliación están la altura de defoliación y la edad de las hojas que permanecen después de la defoliación (White, 1973; Woledge y Leafe, 1976). La cantidad de material fotosintéticamente activo decrece normalmente después de defoliaciones consecutivas. Aunque ambas partes de la hoja realizan fotosíntesis, la capacidad fotosintética de la vaina foliar es menor que la de la lámina foliar. La intensidad de la defoliación determina la cantidad de forraje residual en la pradera y, en consecuencia, la cantidad de tejidos fotosintéticamente activos de los cuales depende el rebrote; por ello, el área foliar residual puede afectar significativamente las tasas de crecimiento de las especies y con ello alterar la proporción de los componentes en las asociaciones gramínea-leguminosa de las praderas.

En algunas gramíneas tropicales la base de los tallos es el principal sitio de almacenamiento de reservas orgánicas que son las encargadas de mantener el crecimiento activo de la planta. En defoliaciones intensas se puede reducir drásticamente la proporción de tallos en la pradera, lo que afecta la cantidad de reservas disponibles para el rebrote, aspecto que puede llegar a ser crítico cuando la cantidad de tejido fotosintéticamente activo es pequeño o deficiente.

Manejo de la relación planta-animal en pastoreo

Manejo del pastoreo. Un adecuado manejo del pastoreo requiere entender en forma clara y objetiva las necesidades, tanto de la planta como del animal, y mantener una óptima y estable relación entre ellas a través del tiempo. Para ello se deben considerar sistemas de utilización de las praderas que favorezcan una cosecha eficiente del forraje en el estado óptimo de crecimiento y mejorar su aprovechamiento por el animal en pastoreo, con el fin de incrementar la producción por animal y por unidad de área, y ocasionar el menor daño posible

a los otros componentes del sistema, el pasto y el suelo.

En este sentido, un buen manejo del pastoreo debe controlar la intensidad de la defoliación y definir el método de pastoreo (días de ocupación y descanso) más apropiado a la especie de pasto y al tipo de animal, a fin de incrementar la producción de la pradera y mantener su composición botánica (Fisher y Thomas, 1987). Obviamente, para alcanzar estos objetivos, se debe tener un conocimiento de las preferencias del animal y su variación a través del tiempo, así como de los requerimientos de nutrientes de la pradera. Un manejo deficiente del pastoreo ocasiona la utilización inadecuada del forraje, lo que eventualmente conduce a la degradación de la pradera; por lo tanto, es importante tener en cuenta los posibles efectos del pastoreo en el pasto y en el suelo.

La productividad animal de las praderas tiene que ver con la especie forrajera, el manejo de las praderas, la fertilización aplicada y la época del año. Por otra parte, la altura del pasto antes del pastoreo y la cantidad de forraje cosechado inciden sobre la producción, la composición botánica y la utilización del forraje de las praderas manejadas en rotación (Bryan *et al.*, 2000).

Finalmente, es importante tener en cuenta que para manejar apropiadamente el pastoreo se debe partir de la cuantificación (aforo) del forraje disponible en la pradera, con el fin de asignar el número y tipo de animales a alimentar en cada período de pastoreo.

Efectos del pastoreo en la pradera. El pastoreo tiene efectos directos e indirectos sobre la pradera, los cuales suelen ser más drásticos durante la época de lluvias. Los efectos directos incluyen daños físicos a las plantas por la defoliación y el "desflechado" de sus tejidos, al igual que por el efecto del pisoteo en tallos, hojas y coronas de las plantas. Los efectos indirectos del pastoreo tienen que ver con la compactación del suelo y la formación de charcos, lo que ocasiona cambios en las propiedades físicas del suelo y consecuentemente en el crecimiento de las plantas. El pisoteo también facilita la entrada de patógenos en los sitios de la planta con lesiones mecánicas.

Valor nutritivo del forraje. El valor nutritivo de una planta forrajera está en función de los siguientes factores: a) el tipo de planta, b) su estado de madurez,

c) la época del año y d) el manejo previo de la pradera. Usualmente el valor nutritivo de las hojas de las leguminosas es superior al de las gramíneas, y el de las hojas de las gramíneas es superior al de los tallos. En general, las plantas jóvenes o sus partes poseen buen valor nutritivo, pero se reduce al aumentar la edad. La mayoría de las plantas forrajeras en su fase vegetativa poseen mayor proporción de hojas, la cual se reduce al avanzar la fase de madurez de los tejidos, pues se incrementa la proporción de tallos y hojas secas, lo que reduce su valor nutritivo. Las hojas de la parte superior de las plantas forrajeras interceptan la mayor parte de la luz del sol, en tanto que las hojas de la base de los tallos reciben toda la sombra y mueren al aumentar la edad del forraje en las praderas (Emmick y Fox, 1993).

Selección de la dieta por el animal. El animal en pastoreo selecciona hojas, tejidos verdes y material palatable (Arnold, 1981; Minson y Laredo, 1972), los cuales incrementan en la dieta con defoliaciones frecuentes. Sin embargo, la proporción de estos componentes en la pradera varía con la especie forrajera, la época del año, la humedad y la disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente de N; en tanto que las defoliaciones infrecuentes (largos períodos de descanso de la pradera) favorecen la acumulación de tallos y material sobremaduro o senescente, de baja palatabilidad y valor nutritivo.

Frecuencias e intensidades de pastoreo. Las tasas de crecimiento del forraje cambian gradualmente con la época del año, especialmente en las zonas ganaderas del trópico; por ello se deben hacer ajustes en el manejo del pastoreo de acuerdo con el forraje disponible en la pradera en el momento de iniciar el pastoreo. Así mismo, la duración de la rotación se debe ajustar con base en la tasa de crecimiento del forraje en la pradera y en las principales épocas del año. Algunas especies forrajeras como el Ryegrass y el pasto Estrella responden bien a rotaciones cortas, con prácticas adecuadas de fertilización e irrigación, por lo que se usan principalmente en sistemas intensivos de producción bovina. En la mayoría de especies forrajeras, la duración de la rotación (descanso del pastoreo) varía entre 15 y 45 días; las más cortas usualmente coinciden con los primeros meses

de la época de lluvias y las más largas con la época seca.

Intensidad y época de pastoreo. Emmick y Fox (1993) manifiestan que en la definición del sistema de pastoreo a utilizar, es necesario tener en cuenta la especie forrajera y su hábito de crecimiento, la época del año, al igual que los objetivos de producción de la empresa ganadera. Al respecto, la altura de pastoreo debe ajustarse a los criterios mencionados anteriormente; no obstante, en los períodos de sequía se sugiere dejar más forraje residual en la pradera para evitar que el suelo se reseque. En la medida en que aumenta el tiempo de ocupación y se reduce la altura de pastoreo, la cantidad y calidad del forraje en la pradera decrece, se deprime el consumo voluntario de materia seca y, como consecuencia de ello, la producción individual de los animales se reduce.

El tiempo de permanencia de los animales en la pradera debe ser lo suficientemente largo para consumir el forraje disponible, pero no tan extenso que afecte la recuperación del pasto. Se debe asegurar que el desempeño de los animales se mantenga en cierto nivel y que el forraje no se desperdicie por pisoteo y contaminación con heces y orina. Se debe tener en cuenta que los animales en pastoreo son selectivos, generalmente consumen primero el forraje de superior calidad, dejando el de menor valor para el final (Emmick y Fox, 1993).

Producción animal en pastoreo. Hammond (1987) indica que la calidad de una especie forrajera es función del consumo voluntario, de la digestibilidad de la materia seca y de la eficiencia de utilización de la energía contenida en el alimento por el animal, en tanto que Mott (1959) manifiesta que la calidad de un forraje se expresa en términos de la cantidad de leche o de carne que produce diariamente el animal.

El manejo del pastoreo debe considerar los siguientes aspectos: a) la especie forrajera, b) los niveles de insumos (fertilización, irrigación), c) el control de malezas e insectos plaga, d) las especies o clases de animales que pastorean, e) la intensidad de pastoreo (carga animal, presión de pastoreo, forraje en oferta), y f) la frecuencia y el tiempo de pastoreo (edad de rebrote del pasto, época del año). Un manejo inadecuado de la pradera puede reducir considerablemente los rendimientos, alterar la composición botánica y la persistencia de las plantas,

lo que a su vez afecta la producción de forraje y la productividad de la explotación.

El pastoreo rotacional responde a la necesidad de descanso que tienen algunas especies forrajeras para acumular reservas, crecer y persistir. También se puede considerar como una estrategia para maximizar el potencial de rendimiento de algunas especies por unidad de área. En relación con el animal, el pastoreo rotacional permite obtener un mejor balance temporal de los requerimientos nutricionales del animal.

EVALUACIÓN DE PRODUCCIÓN DE FORRAJE EN LAS PRADERAS

El conocimiento de los factores ecológicos que regulan la relación suelo-planta-animal durante el pastoreo es deficiente; en especial, los relacionados con el manejo del pastoreo. En todos los cultivos se aplica un conjunto de prácticas de manejo que contribuyen a maximizar los rendimientos y los ingresos de los productores. Las especies forrajeras no son la excepción de esta regla y por ello deben manejarse aplicando prácticas de manejo agronómico apropiadas para asegurar un buen establecimiento de las praderas, maximizar su producción y calidad nutritiva, junto con una adecuada cosecha del forraje producido en las praderas, lo que requiere la integración del sistema de producción y de utilización del forraje con el sistema de producción animal del productor.

La evaluación de la producción de forraje de las praderas y de consumo por el animal en pastoreo, es indispensable para determinar los consumos de materia seca y de nutrientes, con el objeto de hacer los ajustes de éstos en la dieta, de acuerdo con los requerimientos y el potencial productivo del animal.

Las mediciones de forraje disponible, de la composición botánica de las praderas y del consumo de forraje por parte del animal son prácticas de gran utilidad, aunque laboriosas, pues implican cortar, pesar y separar los componentes; por ello, además de los métodos de muestreo directo, se han diseñado métodos indirectos (no destructivos) que permiten agilizar el proceso y mejorar las estimaciones de la cantidad de forraje. Igualmente, se requiere la aplicación de metodologías y criterios adecuados para el análisis de las mediciones directas y de las observaciones en la pradera, ele-

mentos con los cuales se pueda generar información sobre acumulación y consumo de forraje, y sobre el crecimiento de la vegetación.

La producción de forraje en las praderas en pastoreo y su cuantificación se ve afectada por los siguientes aspectos:

- El animal, que es la principal fuente de cambios en la pradera, a través de la defoliación, el pisoteo, la selectividad de la dieta, el efecto de las heces y la orina, etc.
- La pradera, normalmente presenta variaciones en fertilidad, pendiente, áreas más o menos pastoreadas, drenaje, presencia de árboles, etc.

Cuantificación de la producción de forraje. Para determinar la cantidad de forraje en la pradera (aforo) se realizan muestreos antes de realizar el pastoreo; sin embargo, la pregunta clave es: ¿cómo realizar un muestreo representativo de la pradera y no demasiado laborioso? Para ello existen métodos directos en indirectos, al igual que combinaciones de los dos, como el método de doble muestreo, los cuales no serán presentados en este artículo. Por lo general, en las evaluaciones de producción de forraje en praderas manejadas con algún sistema de rotación se genera información sobre las cantidades de forraje acumulado y consumido por los animales cuando se mide el forraje residual a la salida de los animales.

PRODUCCIÓN ANIMAL EN PASTOREO Y VARIABLES DE RESPUESTA

La producción por animal es la mejor expresión de la calidad del forraje cuando éste se ofrece a voluntad, cuando no se suministran fuentes adicionales de proteína y energía en la dieta, y cuando

el potencial de respuesta del animal no es limitante (Mott, 1959). La producción por animal usualmente se expresa en términos de ganancia diaria de peso, producción de leche (L/día), tasa de concepción (%), destete de terneros (%), y peso al destete de las crías, entre otros.

Por otra parte, la productividad por hectárea se considera como la variable de mayor significado económico y se expresa en términos de kilogramos de carne por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), litros de leche por hectárea ($\text{L}\cdot\text{ha}^{-1}$), etc. Así mismo, la productividad de las praderas también se expresa en términos de su capacidad de carga.

Capacidad de carga de las praderas. Como se afirmó anteriormente, la intensidad de pastoreo es uno de los principales factores que afectan la respuesta productiva del animal; por tanto, es importante definir el tipo de cargas a utilizar en las praderas como herramienta de manejo y utilización de los forrajes.

Usualmente se hace referencia al manejo de praderas con cargas fijas, caso en el que se utiliza un número fijo de animales por unidad de área y por período de tiempo en la pradera; en tanto que, cuando se hace referencia al manejo con cargas variables, la capacidad de carga se ajusta periódicamente para mantener un balance entre la cantidad de forraje y los requerimientos de los animales.

En la modalidad de cargas variables se cuenta con dos tipos de animales: testigos y volantes. Los testigos permanecen en la pradera durante el experimento, y con ellos se evalúa la respuesta animal; mientras que el otro grupo de animales, los volantes ("put and take"), se introducen o se retiran de la pradera para mantener constante la presión de pastoreo. Lo ideal es que los volantes sean similares a los testigos.

El uso de carga fija está afectado por el déficit o exceso de lluvias, por lo que en un mismo año la pradera puede ser subpastoreada y sobrepastoreada, además de que la carga usualmente varía de año a año. En el manejo de cargas variables, el número de animales se ajusta con base en la cantidad de forraje disponible, pudiendo en este caso cosechar los excedentes de forraje o adicionar forraje suplementario. Uno de los limitantes del manejo de cargas variables es que se requiere observación frecuente por parte del investigador.

Pastoreo con manejo flexible. Es una alternativa de manejo de la carga variable que permite balancear la calidad nutritiva y la cantidad de forraje requerida por el animal y los requerimientos del pasto, mediante el ajuste de la carga animal y los periodos de ocupación y descanso. Cuando hay un 15% de leguminosa o menos en la pradera, los periodos de ocupación y descanso deben ser cortos (7, 14, 21 días) y cuando es igual o superior al 50%, los periodos de ocupación y descanso deben ser mayores de 28 días. Con periodos cortos de ocupación, la calidad nutritiva y palatabilidad de las gramíneas es mejor, con lo que su consumo incrementa, dando con ello oportunidad a la leguminosa para su recuperación. En tanto que con periodos de descanso largos el contenido de proteína cruda y digestibilidad de la gramínea disminuyen reduciendo su consumo, en cuyo caso, los animales consumen mas leguminosa para balancear la dieta (Pérez *et al.*, 2002).

En relación con la carga animal, esta debe ajustarse con base en la cantidad de forraje de la gramínea en oferta, asumiendo una cantidad de forraje entre 3 y 4 kg de materia seca por cada 100 kg de



Figura 5. Novillas doble propósito en el Piedemonte del Meta manejadas en pastoreo alterno flexible.

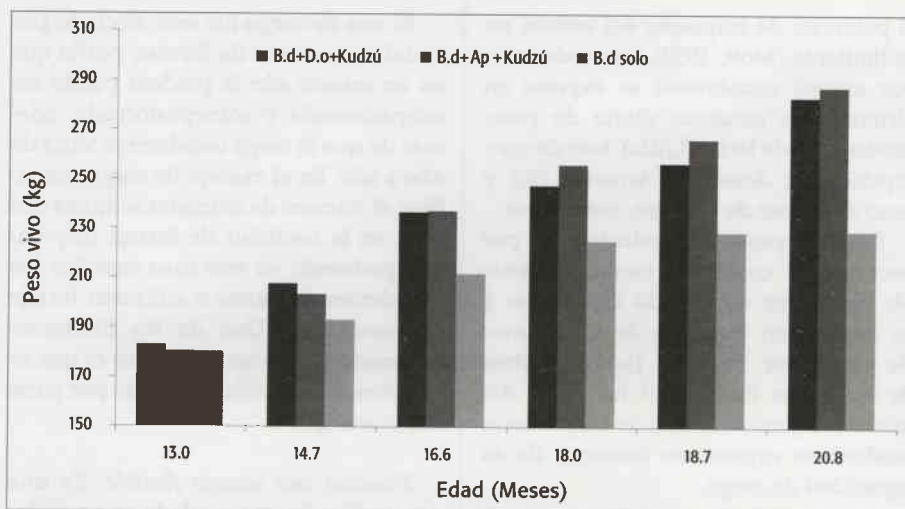


Figura 6. Crecimiento de novillas doble propósito en praderas asociadas de *B. decumbens* en el Piedemonte Llanero, desde un año de edad hasta la pubertad. Acacías, Meta (2001). B.d: *B. decumbens*; D.o: *D. ovalifolium*; A.p: *A. pintoii*.

peso vivo de los animales; este ajuste se recomienda efectuarlo estacionalmente.

En diversos trabajos realizados en la Orinoquia colombiana, utilizando manejo flexible del pastoreo, se han registrado mayores rendimientos por animal y por unidad de área, manteniendo un buen balance de las especies asociadas y mayor persistencia de las praderas (Figura 5).

En el Piedemonte del Meta se evaluó el comportamiento de novillas del sistema doble propósito, obteniendo mayores ganancias diarias de peso en las praderas de *B. decumbens* asociadas con *A. pintoii* o con *D. ovalifolium*, que en la pradera de *B. decumbens* con manejo tradicional del productor (468 vs. 287 g/animal, respectivamente (Figura 6).

Las novillas de las praderas asociadas iniciaron la pubertad seis meses antes (18 vs 24 meses) y las tasas de preñez también fueron superiores (75 vs 25% por transplante de embriones). El 80% de las novillas que pastorearon en las praderas de la asociación tuvieron su primer parto entre los 31 y 38 meses, y el 20% en el testigo. El peso al nacimiento de los terneros de las vacas que pastorearon las asociaciones fue de 44.5 kg en promedio y de 34.5 kg para el testigo, con ganancias de peso entre el nacimiento y los 170 días de 592 g/animal/día y 497 g/animal/día, respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Arnold, G.W. 1981. Grazing behavior. In: F.A.W. Morley (ed.). Grazing animals. p. 79. Elsevier Publishers & Co., New York, NY.
- Booyesen, P.V., and C.J. Nelson. 1975. Leaf area and carbohydrate reserve in regrowth of tall fescue. *Crop Sci.* 15:262-266.
- Brown, R.H., and R.E. Blazer. 1965. Relationships between reserve carbohydrate accumulation and growth rate in orchardgrass and tall fescue. *Crop Sci.* 5:577-581.
- Bryan W.B., E.C. Prigge, M. Lasat, T. Pasha, D.J. Flaherty and J. Lozier. 2000. Productivity of Kentucky Bluegrass pasture grazed at three heights and two intensities. *Agron. J.* 92: 30-35.
- Buwai, M. and M.J. Trlica, 1977. Defoliation effects on root weights and total non-structural carbohydrates of bluegrama and western wheatgrass. *Crop. Sci.* 17:15-17.
- Davidson, J.L., and F.L. Milthorpe. 1966. The effect of defoliation on the carbon balance in *Dactylis glomerata*. *Ann. Bot.* 30:185-198.
- Davies, A. 1965. Carbohydrates levels and regrowth in perennial ryegrass. *J. Agric. Sci.* 65:185-221.
- Deregibus, V. A., M.J. Trlica, Jr., y D.A. Jameson. 1982. pp 315. In: M. Rechigl (ed.) 16. Handbook of Agricultural Productivity. Vol 1. CRC Press, Inc., Boca Ratón, FL.
- Donaghy D.J. y W.J. Fulkerson. 1998. Priority for allocation of soluble carbohydrate reserves in *Lolium perenne*. *Grass and Forage Sci.* 5: 211-218.
- Emmick D.L. y D.G. Fox. 1993. Prescribed grazing management to improve pasture productivity in New York. United States Department of Agriculture. Soil conservation Service and Cornell University Department of Animal Science. www.css.cornell.edu/forage/pasture. 17 pp.
- Fisher, M.J. and D. Thomas. 1987. Environmental and physiological limits to tropical forage production in the Caribbean Basin. p 3. In: forage-livestock research for the Caribbean Basin. (ed.) J.E. Moore, K.H. Quesenberry, M.W. Michaud.
- Fulkerson W.J. y K. Slack. 1995. Leaf number as criterion for determining defoliation time for *Lolium perenne*. 2. Effect of defoliation frequency and height. *Grass and Forage Sci.* 50: 16-20.
- Fulkerson W.J, K. Slack y E. Havilah. 1999. The effect of defoliation interval on high and growth and herbage quality of Kikuyo grass (*Pennisetum clandestinum*). *Trop Grassl.* Vol. 33 : 138-145.
- Gomide, J.A., J.A. Obeid and L.R.A. Rodríguez. 1979. Factores morfofisiológicos de rebrota do capim-coloniao (*Panicum maximum*). *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 8:352-362.
- Hammond A.C. 1987. Chemical, anatomical and other antiquality factors limiting forage utilization. p 59. In: forage-livestock research for the Caribbean Basin. (ed.) J.E. Moore, K.H. Quesenberry, M.W. Michaud.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. p. 67. In: J.R. Wilson (ed.). Plant relations in pastures. CSIRO, Melbourne, Australia.
- Holt E.C. y B.E. Conrad. 1986. Influence of harvest frequency and season on bermudagrass cultivar yield and forage quality. *Agr. J.* 78:433.
- Humphreys, L.R. 1966. Pasture defoliation practice: A review. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 32:93-105.
- Ludlow, M.M. 1985. Photosynthesis and dry matter production in C3 and C4 pasture plants, with special emphasis on tropical C3 legumes and C4 grasses. *Aust. J. Plant. Physiol.* 12:557-572.
- Minson D.J. y M.A. Laredo. 1972. Influence of leafiness in voluntary intake of tropical grasses by sheep. *J. Aust. Inst. Agric. Res.* 27:881.
- Mislevy, P., F.G. Martin y M.B. Adjei. 1989. Changes in elephantgrass plant components with maturity. II Crude protein and digestibility. p 841. In: R. Desroches (ed.) Proc. Int. Grassl. Congress, 16th, Nice, France, 4-11 Oct. 1989. The French Grassl Soc., Versailles Cedex, France.
- Monson, W.G. and G.W. Burton. 1982. Harvest frequency and fertilizer effects on yield and persistence of eight Bermuda grasses. *Argon. Journal* 74:371 - 374.
- Motazedian, I. and S. H. Sharrow. 1990. Defoliation frequency and intensity effects on pasture forages quality. *J. Range Mgt* 43: 198 - 201.
- Mott, G.O. 1959. Symposium on forage evaluation. IV animal variation and measurement of forage quality. *Agr. J.* 51:223.
- Curry A., B. Gonzales, J. Bigot, J. Boucaud and J. Salette. 1989. Nitrogen and carbohydrate mobilization during regrowth of defoliated *Lolium perenne* L. p. 513- 514.

In R. Desroches (ed.) Proc. Int. Grassl. Congress, 16, Nice France. 4 – 11 Oct. 1989. The French Grassland Society, Versailles Cedex, France.

Ourry, A., J. Bigot, and Boucaud. 1988. Protein mobilization from stubble and roots, and proteolytic activities during post-clipping regrowth of perennial ryegrass. *Journal Plant Physic.* 134: 298 – 303.

Pérez B. ,R.A., A. Rincón C., G. Bueno G. y P.A. Cuesta M. 2002. Estrategias de manejo para mejorar la productividad de las praderas del Piedemonte y la Altillanura de los Llanos Orientales. En: Manual Técnico-Producción y Utilización de Recursos Forrajeros en Sistemas de Producción Bovina de la Orinoquia y el Piedemonte Caquetense. Plan de Modernización Tecnológica de la Ganadería Colombiana. Corpoica. pp 33-42.

Richards, J.H. and M.M. Caldwell.1985. Soluble carbohydrates, concurrent photosynthesis and efficiency in regrowth following defoliation: A field study with *Agropyron* species. *J. Appl. Ecol.* 22: 907 – 920.

Ryle, G.J.A. and C.E. Powell. 1975. Defoliation and regrowth in the graminaceous plant: The role of current assimilate. *Ann. Bot.* 39: 297 –310.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross.1985. Plant physiology. 3th. Ed. Wadsworth Publ. Co., Belmont, CA.

Sheard, R.W.1973. Organic reserves and plant regrowth. P. 353-377. In G.W. Bluttler and R.W. Bailey (eds.). *Chemistry and biochemistry of herbage*. Vol. 2. Academic Press, New York.

Smith, D. 1973. The nonstructural carbohydrates. p 105. In: G.W., Buttler and R.W. Bailey (ed.) *Chemistry and biochemistry of herbage*. Vol. 1. Academic press, NY.

Vickery, P.J. 1981. Pasture growth under grazing. P.55-77. In F.H.W. Morley (ed.) *Grazing animals*. Elsevier Scientific Publ. Co., New York.

Ward , C.V., and R.E. Blazer. 1961. Carbohydrate food reserves and leaf area in regrowth of orchardgrass. *Crop. Sci.* 1:366-370.

Watson, D.J. 1947. Comparative Physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation ratio and leaf area between species and varieties and within and between years. *Ann. Bot.* 11:41-76.

Weinmann, H.1961. Total available carbohydrates in grasses and legumes. *Herb. Abstr.* 31:255-260.

White, L.M. 1973. Carbohydrate reserves of grasses: A review. *J. Range Manage.* 26:13-18.

Woledge, J., and E.L. Leafe. 1976. Single leaf and canopy photosynthesis in a ryegrass sward. *Ann Bot.* 40:773-783.